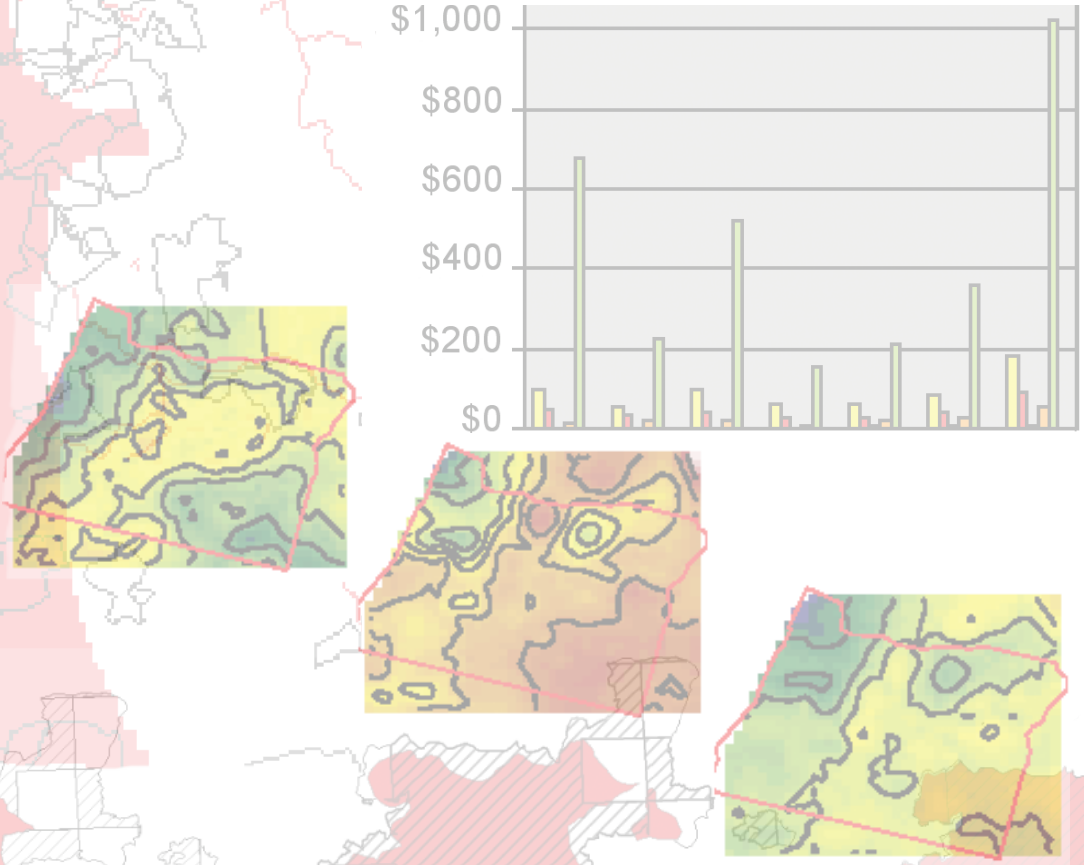
United States
Department of
Agriculture

Forest Service

Pacific Southwest
Research Station

General Technical
Report
PSW-GTR-208 (Español)
Abril 2008

El Segundo Simposio Internacional Sobre Políticas, Planificación y Economía de los Programas de Protección Contra Incendios Forestales: Una Visión Global



El Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE.UU. está dedicado al principio de manejo de usos múltiples de los recursos forestales de la Nación para el flujo sostenido de madera, agua, forraje, vida silvestre y la recreación. Siguiendo el mandato del Congreso, trata de proveer una cantidad mayor de servicios a una Nación en crecimiento a través de investigaciones forestales, la cooperación con los Estados y los dueños de bosques privados, y el manejo de los Bosques Nacionales y las Tierras de Pastos Nacionales.

El Departamento de Agricultura de los EE.UU. (USDA, siglas en inglés) prohíbe la discriminación en todas sus actividades y programas por razones de raza, color, nacionalidad de origen, edad, discapacidad; y cuando sea aplicable, por razones de sexo, condición civil, condición familiar, condición de paternidad, religión, preferencia sexual, información genética, convicciones políticas, revanchismo, o porque una parte o todo del sustento económico de la persona provenga de los programas de beneficencia pública (no todas las prohibiciones aplican a todos los programas). Las personas con discapacidad que necesiten medios alternativos para recibir información sobre los programas (Braille, impresos grandes, cintas de audio u otros) deben contactar el Centro TARGET del USDA al teléfono (202) 720-2600 (voz y TDD). Para establecer una querella sobre discriminación, por favor escriba a USDA, Director, Oficina de Derechos Civiles, 1400 Independence Avenue, SW, Washington, DC 20250-9410 ó llame al (800) 795-3272 (voz) o (202) 720-6382 (TDD). El USDA es un empleador que provee oportunidades iguales para todos.

Coordinador Técnico

Armando González-Cabán es Economista Investigador, Departamento de Agricultura de los EE.UU., Servicio Forestal, Estación de Investigación del Pacífico Suroeste, 4955 Canyon Crest Drive, Riverside, CA 92507.

Papers were provided by the authors in camera-ready form for printing. Authors are responsible for the content and accuracy. Opinions express may not necessarily relfect the position of the U.S. Department of Agriculture.

El Segundo Simposio Internacional Sobre Políticas, Planificación y Economía de los Programas de Protección Contra Incendios Forestales: Una Visión Global

Armando González-Cabán
Coordinador Técnico

Departamento de Agricultura de los EE.UU, Servicio Forestal

Estación de Investigación del Pacífico Suroeste

Albany, California

General Technical Report PSW-GTR-208

Abril 2008

Esta página se deja en blanco intencionadamente.

Resumen

González-Cabán, Armando. 2008. Memorias del segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía de los programas de protección contra incendios forestales: una visión global; 2004 Abril 19–22; Córdoba, España. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-208, (Español). Albany, CA: Departamento de Agricultura de los EE.UU., Servicio Forestal, Estación de Investigación del Pacífico Suroeste. 779 p.

Estas memorias resumen el resultado de un simposio diseñado para discutir los problemas actuales que confrontan las agencias con responsabilidad para la protección contra incendios forestales a nivel federal y estadual en los EE.UU., al igual que agencias en la comunidad internacional. Los temas discutidos en el simposio incluyen economía del fuego, teoría y modelos para la planificación estratégica de incendios, análisis económico y modelización del manejo de incendios, incendios forestales y manejo de bosques sustentables, políticas públicas y manejo de bosques, el tratamiento de combustibles peligrosos, el uso de los incendios forestales y las actividades de extinción de incendios: ¿balance positivo o ilusión?, ejemplos de planes de manejo de incendios; asignación estratégica de recursos para el manejo de incendios, etc., la perspectiva regional, nacional y global de los incendios forestales: problemas y enfoques comunes, y el papel de las organizaciones internacionales en la solución de los incendios forestales. Representantes de agencias internacionales de 14 países con responsabilidad de protección contra incendios forestales presentaron y discutieron sus experiencias sobre estos temas. En el simposio se presentaron 55 ensayos invitados y voluntarios, y 20 pósteres que discutieron los tópicos y presentaron técnicas actualizadas para tratar los temas de políticas, planificación, y economía de incendios forestales a administradores de terrenos y de programas de manejo del fuego.

Palabras claves: Economía del fuego, intercambio en el manejo de combustibles, valoración de intangibles, política pública y el manejo de incendios forestales, planificación estratégica de incendios forestales, manejo sustentable del bosque

Prefacio

¡Un mundo en llamas!

La relevancia económica de los programas manejo y de protección contra incendios forestales continúa en aumento, considerando particularmente los grandes aumentos en costos y pérdidas a nivel mundial causados por los incendios forestales, y las justificaciones necesarias para la asignación de presupuestos para el manejo y la protección de los ecosistemas. Sin embargo, a la misma vez en el primer Simposio se resaltó las dificultades en poder lidiar con el problema del rápido crecimiento de los costos de protección contra los incendios forestales. Por ejemplo, entre 2000 y 2002, en los Estados Unidos de América (EEUU) se gastaron más de $3 mil millones en gastos de extinción solamente, que afectaron más de 8 millones de hectáreas de terreno. ¡En California, durante el año 2003 se quemaron más de 300,000 hectáreas, se perdieron más de 3,500 viviendas, 22 personas murieron, y hubo daños por más de $3.5 mil millones en pérdidas de propiedad!

En promedio, Canadá gasta entre $500 y $800 millones (canadienses) anuales solamente en actividades de quemas prescritas, prevención y extinción. Esto sin tomar en consideración las pérdidas asociadas con propiedad privada, recreación y producción maderera. El área promedio anual asociada con estos gastos es de 2.5 millones de hectáreas.

La región de Centro América y México está también sufriendo grandes pérdidas a causa de los incendios forestales. Por ejemplo, durante el 1998, uno de los peores años registrados en el área se vieron afectadas más de 2.5 millones hectáreas de bosques; México sufrió la peor parte soportando unas 850 mil hectáreas quemadas. Si a este total le sumamos el área quemada debido a quemas agrícolas en la región (5.3 millones de hectáreas) el total para el 1998 asciende a 7.7 millones de hectáreas. ¡Esto equivale a todo el país de Panamá! Desafortunadamente, en la mayoría de los países de la región de Centro América la información sobre gastos de protección contra incendios forestales no está disponible. Sin embargo, solo tres países en la región (Guatemala, Honduras, y México) gastan más de $21 millones anuales en personal y equipamiento.

En la década de los 90 en el continente Sur Americano Argentina, Bolivia y Brasil, quemaron anualmente, en promedio, 1.5, 0.92 y 1.03 millones de hectáreas respectivamente de terrenos forestales. Estos tres países fueron responsables de cerca del 88% del área total quemada durante la década. Como podrán ver más adelante en la mañana de hoy, algunos estimados sobre las pérdidas financieras en Sur América por causa de los incendios forestales es tan alta como $1.6 miles de millones al año. ¡Esta es una cifra considerable, especialmente si consideramos que la consecuencias ecológicas y sociales de los incendios no están incluidas!

En promedio, todos los años, Europa tiene 45,000 incendios forestales que queman aproximadamente medio millón de hectáreas de bosques y terrenos arbustivos. El año 2003 fue especialmente malo para los incendios forestales en toda Europa. En Portugal se quemaron más de 450,000 hectáreas; en Francia ocurrió un aumento de más de 30 % sobre la previa década; y en la Federación Rusa se perdieron 23.7 millones de hectáreas, un área igual al Reino Unido. Al resto del mundo no le fue mucho mejor, por ejemplo, Australia perdió más de 60 millones de hectáreas a los incendios forestales.

Grandes incendios forestales en otras partes del mundo como China, Mongolia e Indonesia demuestran que los incendios forestales son un problema mundial. Por ejemplo, recordemos por un momento los grandes incendios y episodios de humo de 1997 en Indonesia. El impacto económico de aquel evento en las economías de Indonesia, Malasia y Singapur fue estimado recientemente en cerca de $4.5 mil millones. Este estimado no incluía los daños de largo plazo a la salud de la población, la pérdida de vida, reducción en la productividad agrícola, etc.

A nivel mundial se estima que cerca de 350 millones de hectáreas de tierras forestales se queman anualmente. ¡Esto es equivalente a quemar el área del sub-continente de la India cada año! Una respuesta a nivel de país individual no es la solución.

Se han identificado una variedad de razones como responsables del aumento en el número de incendios forestales. Entre las principales causas están los cambios en los patrones climáticos a nivel mundial, el aumento poblacional cercano a las áreas forestales (problema del interfaz urbano forestal), cambios en el patrón de usos de los suelos, y las prácticas de exclusión del fuego.

En años recientes se ha evidenciado un mayor interés por parte de la sociedad y los congresos nacionales exigen cada vez mayor responsabilidad para los gastos en las acciones de protección contra los incendios forestales. Para alcanzar una distribución balanceada de los fondos presupuestados según las prioridades establecidas en los procesos de planificación económica y estratégica se necesitan las herramientas analíticas y metodologías apropiadas.

Este segundo simposio Internacional Sobre Políticas, Planificación y Economía de los Programas contra Incendios Forestales: Una Visión Global, celebrándose aquí en Córdoba, España del 19-22 de abril, 2004 crece sobre los cimientos establecidos en el primer simposio (Políticas, Planificación, y Economía: Fundamentos) llevado a cabo en San Diego, California del 5-9 de abril, 1999. Sin embargo, esta segunda edición incluye una gama más amplia de intereses y reúne una mayor cantidad de practicantes y administradores de programas de protección contra incendios forestales incluyendo representantes de la Cuenca Mediterránea, América Latina, América del Norte, y Australia que tienen un gran problema de incendios forestales. Con sede en la Cuenca Mediterránea del sur de Europa este foro proveerá a los participantes la oportunidad de intercambiar ideas sobre la economía de los programas de protección contra incendios forestales, y además compartir los desarrollos más recientes en las tecnologías disponibles para la optimización de los gastos de los programas de protección contra incendios forestales.

El simposio está organizado alrededor de ocho temas principales. El primer tema es la visión regional y global del problema de incendios forestales. La mayoría de las actividades de protección contra incendios forestales las ejercen agencias gubernamentales con responsabilidad por el manejo de tierras públicas. Por lo tanto, hemos organizado un panel con representantes de algunas de las principales agencias públicas con responsabilidad por los programas de protección contra incendios forestales en América del Norte, Chile, España, y México.

Un segundo tema es la planificación para los incendios forestales. Reconociendo que una sola perspectiva no es la mejor para todas las situaciones, hemos reunido una variedad de ponentes de diferentes países del mundo, y diferente preparación profesional para el intercambio de sus experiencias y enfoques. El hilo

unificador de todos lo ponentes es el interés común en la planificación de los gastos de protección contra los incendios forestales, evolución de las políticas públicas, y los esquemas de valoración. Este tema de valoración introduce nuestro siguiente tema en el simposio, donde las metodologías de valoración de mercado y ambientales y su incorporación a la planificación estratégica de los programas de protección contra incendios forestales serán discutidas.

Las grandes conflagraciones representan un amenaza tanto para la sustentabilidad de ecosistemas frágiles como los que son dependientes del fuego, e impactan negativamente grandes extensiones de plantaciones forestales. Por lo tanto, otro de los temas principales en este simposio es la relación entre los incendios forestales y el manejo sustentable del bosque. Esto está también íntimamente ligado con los asuntos de las políticas públicas y el manejo del bosque. A nivel mundial, incluyendo pronunciamientos de la Naciones Unidas, ha habido cambios significativos en las políticas de manejo de los programas de protección contra incendios forestales y las políticas de extinción de los incendios. Este es un tema de relevancia que necesita discusión y ser compartido entre las agencias con responsabilidad por la protección contra incendios forestales de los diferentes países.

¿Aumentar el nivel de combustibles forestales tratados mediante quemas prescritas reduce realmente los gastos de extinción? La creencia generalizada en los profesionales de los incendios forestales es que sí; es intuitivamente correcto. En el simposio se dedica una sesión completa a la discusión de este tema y a evaluar el estado del conocimiento al día de hoy. La experiencia de los colegas de otros lugares del mundo nos ayudará a evaluar esta teoría.

Una sesión de pósteres está dedicada a la presentación de ejemplos de planes regionales y nacionales de manejo de programas de protección contra incendios forestales, y también de trabajos de investigación relacionados.

El simposio cierra sus trabajos con otra mesa redonda donde se presenta un resumen de las discusiones y hallazgos presentados en el simposio, y se discuten las implicaciones económicas futuras del problema de los incendios forestales.

Es nuestro convencimiento que al juntar bajo un mismo techo a la comunidad de practicantes de los incendios forestales y la comunidad de investigadores estaremos mejor preparados para responder de una manera eficiente y efectiva a los retos de los incendios forestales.

¡GRACIAS!

Armando González-Cabán
Córdoba, España
20 abril, 2004

Índice de Materias

1 Hallazgos y Conclusiones del Segundo Simposio Internacional Sobre Políticas, Planificacion, y Economia de los Programas de Protección Contra Incendios Forestales: Una Visión Global

Armando González-Cabán

7 Aproximación al Presupuesto Óptimo de Protección contra Incendios Forestales. Aplicación a los Montes Mediterráneos de España

Esteban Castellano, Carolina Alum, Carolina Rodríguez

17 Valoración Económica de los Trantamientos de los Comustibles en el Paisaje

Hayley Hesseln, Don Helmbrecht, Janet Sullivan, Greg Jones, Keven Hyde

25 Impacto Social de los Grandes Incendios

José M^{a} Rábade, Carmen Aragoneses

39 Mecanismos de Internalización de los Beneficios Ambientales del Monte: Aplicación a la Protección contra Incendios Forestales

Ignacio Elorrieta, Concepción Rey

51 Aproximación a la Sistemática para el Seguimiento del Impacto de los Grandes Incendios en España

Ricardo Vélez, Balbina López

57 Planes de Protección contra Incendios Forestales en Parques Nacionales: P.N. de Ordesa y Monte Perdido

Basilio Rada, Luis Marquina

67 Planificación Integral para la Protección contra Incendios Forestales en España, el Caso de la Comunidad Valenciana

Javier Gómez, Ángel Guzmán

75 Programa para el Seguimiento y Control Postincendio en los Ecosistemas Forestales de Moratalla, Murcia, España

Juan de Dios Cabezas, Remigio Masia

85 Desarrollo de las Medidas de Autoprotección contra Incendios Forestales: Aplicación a Instalaciones de Alta Vulnerabilidad

Francisco Sanz de Julián, Balbina López Garcia

91 Análisis Macroeconómico de las Inversones en Protección contra Incendios Ulitlizando Matrices de Contabilidad Social: Aplicación a la C.F. de Navarra

Marcelino Pellitero, Patricia Suárez

97 Sistema Integrado de Gestión para la Prevención de Indendios Forestales: Su Aplicación en la Comunidad Valenciana (España)

Luis Velasco, Jorge Suárez

103 Fuego y Economía: el Arco de Fuego de la Región Amazónica
Tatiana Schor, Arnaldo Carneiro Filho, Carlos de Almeida Toledo

115 La Influencia de la Etnicidad y el Lenguaje Sobre los Beneficios de la Prevención de Incendios Forestales Derivados de los Métodos de Quema Precrita y de Reducción Mecánica de Combustible
John Loomis, Lindsey Ellingson, Armando González-Cabán, Hayley Hesseln

131 Marcos Legales para la Lucha contra Los Incendios Forestales: Acuerdos Internacionales y Legislación Nacional
Mike Jurvélius

149 Propuesta Metodológica para el Análisis de la Vulnerabilidad y de la Gravedad Potencial de los Incendios Forestales en el Marco de la Protección Civil
Carmen Aragoneses, José Mª Rábade

161 Análisis Económico Aplicado al Control de la Carga de Combustibles en Ecosistemas Forestales Mediterráneos: Quemas Prescritas, una Alternativa Frente a los Métodos Mecánicos
Francisco Rodríguez y Silva

173 Desarrollo de un Modelo para la Evaluación Económica de los Planes de Defensa contra Incendios Forestales en Ecosistemas Forestales Mediterráneos
Francisco Rodríguez y Silva

185 Servicio Forestal de los Estados Unidos (USFS) Herramienta para el Análisis de Incendios y Combustibles NRIS-INFORMS
David S. Martinez

191 Historial de Incendios en el Bosque Mixto de Pinos y Robles en el Parque Nacional Chipinque, en Monterrey, Nuevo León, México
Marco Aurelio González Tagle, Javier Jiménez Pérez, Klaus von Gadow

195 ¿Quién Debería Ser Responsable de los Incendios Forestales? Enseñanzas Derivadas de la Experiencia Griega
Gavriil Xanthopoulos

209 La Defensa contra Incendios Forestales en el Plan Forestal Español
Ricardo Vélez Muñoz

221 Europa: Desarrollo y Fuego
Ricardo Vélez Muñoz

229 Marcos para la Representación de Procesos de Decisión y Resultados en Incendios Grandes
Donald G. MacGregor, Armando González-Cabán

241 Utilidad de SIG para Comprobar la Relación Entre la Disposición a Pagar del Proprietario de la Vivienda y las Características del Entorno

Pamela Kaval, John Loomis

253 Costes y Beneficios de la Reduccion de la Produccion de Sedimentos Procedentes de los Incendios Forestales Mediante la Quema Prescrita: Estudio del Caso del Incendio de Kinneloa

Armando González-Cabán Peter Wohlgemuth, John B. Loomis, David R. Weise

267 Gestión del Reisgo de Incendios Forestales en el Interior del Noroeste de Estados Unidos: Un "Problema Perverso" para la Politica de Fincas Públicas

Matthew S. Carroll, Keith A. Blatner, Patricia J. Cohn, Charles E. Keegan III, Todd Morgan

281 Estimación de Factores de Riesgo Humano de Ignición en España Mediante Regresión Logística

Jesús Martínez, Emilio Chuvieco, Pilar Martín

295 Valor Socioeconómico de los Servicios Meteorológicos contra Incendios: Estudio de Casos de Informacion Sobre el Tiempo Propicio para los Incendios Forestales con Respecto a la Quema Reglamentaria

Don Gunasekera, Graham Mills, Tony Bannister

309 Reconstrucción de Escenarios Forestales a Través de Geostadistica Como Soporte para la Valoración de Áreas Incendiadas

J. Germán Flores G., David A. Moreno G., Francisco Rincón R.

321 Momento Propicio para el Tratamiento del Combustible y la Exinción en la Aminoración del Riesgo de Incendio Forestal

Mariam Lankoande, Jonathan Yoder

329 Análisis del Entorno Forestal del Área Urbana en la Planificacion de la Gestion de Incendios

Raffaella Marzano, Andrea Camia, Giovanni Bovio

339 Tres Grandes Mitos sobre Gestión de Incendios

Douglas B. Rideout, Pamela S. Ziesler

347 Definicion de la Respuesta Inicial: Integración del Aprovechamiento del Fuego con el Ataque Inicial

Stephen J. Botti, Douglas B. Rideout, Andrew G. Kirsch

361 El Efecto de la Interfaze Urbana-Forestal en el Coste de los Fuegos Prescriptos en el Nordeste Pacífico de los EE.UU.

Hayley Hesseln, Alison H. Berry

377 Política de Incentivos para la Protección contra Incendios en Zonas Forestales de EE.UU.
Sara E. Jensen

393 Planificación de la Protección contra Incendios–Desarrollo de Estrategias y Definición de Objectivos Mensurables para una Protección Adaptada
S.L. Robertson, H. Roose

405 Sistema de Análisis del Program de Incendios–Módulo de Preparación
H. Roose, L. Ballard, J. Manley, N. Saleen, S. Harbert

415 Un Modelo de Programición Dinámica para Apoyar la Planificación Estratégica del Manejo del Fuego en Chile
Patricia Pedernera A., Miguel Castillo S., Guillermo Julio A.

429 Comparación de la Administración de una Encuesta Mediante Video y Entrevista Telefónica para Deteminar el Respaldo Público y la Disposición a Pagar por la Quema Prescrita en California
John Loomis, Julie Miller, Armando González-Cabán, Joseph Champ

439 Simulación de la Propagación de Incendios Forestales
Joseph Romanovsky, Vassili Shikin, Yuri Shur

451 Maniobra Óptima de los Rescursos para la Lucha contra los Incendios Forstales
Joseph Romanovsky, Vladimir Sapronov, Yuri Shur

461 Seguimiento de Grandes Incendios Forestales, para el Apoyo a la Valoración de Pérdidas Económicas
Miguel Castillo S., Patricio Pedernera A., Guillermo Julio A.

477 Plan de Gestión de Incendios a Escala Regional en una Zona Proclive a los Incendios (Región del Valle d'Aosta—Italia)
Giovanni Bovio, Elisa Guglielmet, Andrea Camia

485 Análisis Comparativo Entre los Sistemas Antiincendios Forestales en Sicilia (Italia) y Andulucia (España)
Clara Quesada Fernández

495 Influencia de la Protección contra Incendios Forestales Sobre la Diversidad de Plantas en un Bosque Deciduo Tropical de Roble Dipterocarp, Tailandia
Shesh Kanta Kafle

505 Gestión de los Riesgos de Incendios en la Interfaze Forestal–Urbana: Proyecto WARM
David Caballero

521 Evaluando las Diferencias Entre los Incendios Forestales y los Tratamientos Controlados

Philip N. Omi

533 Estudio de los Progamas de Lucha contra Incendios Estatales y Locales en el Entorno Forestal del Área Urbana

Margaret Reams, Terry Haines, Cheryl Renner

545 Base de Datos Nacional de Programas de Mitigación de Incendios Forestales: Iniciativas a Nivel de Estado, Condado, y Local para Reducir el Riesgo de Incendios Forestales

Terry Haines, Cheryl Renner, Margaret Reams, James Granskog

553 Evaluación de las Compensaciones Económicas del Trantamiento de Combustibles y Supresión de Incendios en el Angeles National Forest Utilizando el Fire Effects Tradeoff Model

Mark D. Schaaf, Marc A. Wiitala, Maarten D. Schreuder, David R. Weise

569 La Explotación Forestal Puede Aumentar la Gravedad de los Incendios Forestales Subsiguientes

Carter Stone, Andrew Hudak, Penelope Morgan

581 Un Sistema de Cuentas para la Valoración de los Efectos Comerciales y Ambientales del Gasto Publico en la Mitigación del Fuego en el Bosque Mediterráneo

Pablo Campos-Palacín, José Luis Oviedo-Pro, Alejandro Caparrós-Gass

591 Fuego en la Maquia Mediterránea: un Caso Práctico en el Suroeste de Cerdeña (ITALIA)

Ignazio Camarda, Guiseppe Brundu, Vincenzo Satta

595 Incremento de los Incendios Forestales en Bosques Naturales y Plantaciones Forestales en Chile

Eduardo Peña-Fernández, Luis Valenzuela-Palma

613 Aplicación Operativa de un Modelo Diario de Predicción de Ocurrencia de Incendios Forestales por Causas Humanas en Cataluña

Cristina Vega-García, Christian Ortiz Ruiz, Raquel Canet Castellà, Inés Sánchez Bosch, Daniel Queralt Creus

627 Evaluación Técnico-Económica de la Actuación de Medios Aéreos en la Denfensa contra Indendios Forestales

J.C. Mérida, J.J. Gallar, E. García, E. Primo

637 Un Método Rápido para Calcular los Tiempos de Respuesta de Emergencia Utilizando Superficies de Resistencia al Viaje

David C. Hatfield, Marc R. Wiitala, Andrew E. Wilson, Eric J. Levy

643 Desarrollo Preliminar de un Modelo de Probabilidades, para Establecer la Gravedad de los Incendios en los Bosques de California
John W. Benoit, Haiganoush K. Preisler

649 Un Sistema Integrado para Evaluacion Estatica y Dinaimica de Riesgos a Nivel Nacional
Paolo Fiorucci, Francesco Gaetani, Riccardo Minciardi

671 Las Medidas de la Asociación Internacional del Bosque Mediterráneo para Prevenir los Incendios Forestales
Asociación Internacional del Bosque Mediterráneo

677 La Economía de los Incendios Forestales de Colindancia
John Handmer, Beth Proudley

689 Efectos de los Reglamentos y las Responsabilidad Civil en el Riesgo de la Quema Prescrita en los Estados Unidos de América
Jonathan Yoder

703 Compensaciones Entre la Gestión de los Incendios y el Hábitat en una Reserva Forestal
S. Hummel, D. Calkin, R.J. Barbour

717 Gestión en la Pretección contra los Incendios Forestales en América del Sur
Guillermo Julio-Alvear

729 Remifiresat, Gestión de Emergencieas en Tiempo Real para Servicios de Lucha contra Incendios Forestales Via Satélite
Jesús Gonzalo, Susana Martínez, Gonzalo Martín

741 Hacia el Desarrollo de una Estrategia Global Frente a los Incendios Forestales
Johann G. Goldammer

755 Estimación del Impacto de la Proximidad de las Casas en los Costes de Extinción de los Incendios Forestales en Oregon y Washington
Geoffrey H. Donovan, Peter Noordijk, Volker Radeloff

761 Sistema de Evaluación de la Respuesta Inicial al Peligro de Incendios: una Herramienta para la Planificación en la Preparación de la Lucha contra Incendios
Marc R. Wiitala, Andy E. Wilson

767 Los Incendios Forestales en México y América Central
Roberto Martinez Domínquez, Dante Arturo Rodríguez Trejo

Hallazgos y Conclusiones del Segundo Simposio Internacional Sobre Políticas, Planificación, y Economía de los Programas de Protección Contra Incendios Forestales: Una Visión Global[1]

Armando González-Cabán[2]

Introducción

Este simposio nos ha brindado la oportunidad de intercambiar ideas sobre la economía del manejo de los incendios forestales y compartir las últimas tecnologías y desarrollos disponibles para optimizar los gastos de manejo de los incendios forestales. Representantes de agencias públicas en Chile, México, España y los Estados Unidos de América, con responsabilidad por protección contra incendios forestales, nos dieron una visión regional y global sobre el problema de los incendios forestales en cuatro grandes regiones del mundo: América del Sur, México y América Central, Europa, y América del Norte. Estas cuatros presentaciones sentaron las bases para todo el simposio y resaltaron muchas de las preocupaciones comunes con los problemas de los incendios forestales en todo el mundo. Algunas de las razones más importantes señaladas para la continuación y aumento del problema de incendios forestales están relacionadas a factores económicos y sociales como la pobreza en las áreas rurales, especialmente en países en vías de desarrollo, y el abandono de las áreas rurales. Un problema relacionado es el aumento poblacional y una mayor concentración cerca de las áreas forestales, creando el problema de reciente cuño: la interfaz urbano-forestal (IUF; WUI en inglés). Aunque más prevalente en las economías desarrolladas del Oeste, el problema no es exclusivo de los países desarrollados. Cambios en las políticas forestales es otra preocupación significativa que afecta negativamente el problema de los incendios forestales. Otro contribuyente significativo al problema son los cambios en los patrones globales del clima, cambios en los patrones del uso de la tierra, y las políticas de exclusión del fuego.

Se evidenció también en estas presentaciones regionales que los costos asociados al problema de incendios forestales y los programas de protección contra incendios forestales son altos, estimados en los miles de millones de dólares. En los Estados Unidos de América (EE.UU.), por ejemplo, desde el 2000 el Servicio

[1] Una Versión abreviada de esta ponencia se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación, y economía de los programas de protección contra incendios forestales: una visión global, 19-22 Abril, 2004; Córdoba, España.

[2] Research Economist with the Fire Management in the Wildland/Urban Interface Research and Development Program at the Forest Fire Laboratory, Pacific Southwest Research Station, USDA Forest Service, 4955 Canyon Crest Drive, Riverside, CA 92507; Phone: 909.680.1525; email: agonzalezcaban@fs.fed.us.

Forestal del Departamento de Agricultura Federal ha gastado más de $1000 millones anuales en la supresión de incendios forestales. Canadá gasta un promedio de entre $400 a $800 millones anuales. Ninguna de estas cantidades incluye gastos relacionados con la salud, recreación, madera, o propiedad privada. En el continente Suramericano, las pérdidas anuales se estiman tan altas como $1600 millones. El impacto de los incendios forestales del 1997 en la economía de Indonesia, Malasia, y Singapur fue recientemente estimado en cerca de $4500 millones.

El problema no es menos complejo en término del área afectada. En los EEUU en promedio, se afectan anualmente cerca de 2 millones de hectáreas de terrenos forestales. Durante el 1998, en México y América Central se afectaron 2.3 millones de hectáreas. Cuando se le añaden las 5.3 millones de hectáreas de quemas agrícolas el total brinca a 7.7 millones de hectáreas. En la década de los 90 en el continente Suramericano se quemaron anualmente un promedio de 3 millones de hectáreas. En Europa se queman en promedio cerca de 450 mil hectáreas anuales. Durante el 2003, solo en Portugal se quemaron más de 450 hectáreas de terrenos forestales; el área promedio afectada en Francia aumento más de un 30 por ciento con respecto a la década de los 90; en la Federación Rusa se quemaron 23.7 millones e hectáreas, y ¡Australia perdió más de 60 millones de hectáreas! Estimados a nivel mundial indican una cantidad anual de tierras forestales quemadas de 350 millones de hectáreas.

Respondiendo a la abrumadora evidencia de la magnitud del problema, las presentaciones y discusión siguientes al resumen de la situación regional enfocó el tema de la planificación estratégica para el manejo de incendios. El tema se presentó en tres sesiones en que autores presentaron diferentes enfoques usados por varias organizaciones mundiales para planificar mejor los programas de protección contra incendios forestales. Las presentaciones variaron desde el desarrollo de una estrategia global contra incendios forestales hasta técnicas específicas de planificación para países individuales desde Chile a los EE.UU., y a Europa. Algunos han desarrollados modelos usando Sistemas Información Geográficos para la asignación de medios de combate; otros han desarrollados herramientas para presupuestos estratégicos para la respuesta al ataque inicial. Aquí se presentaron y discutieron modelos y experiencias de diferentes partes del mundo.

Tradicionalmente el programa de incendios se ha discutido en términos de manejo del fuego y ecología del fuego, pero ciertamente no desde la perspectiva de su dimensión económica. Dos sesiones enteras fueron dedicadas al tema económico. Las técnicas de valoración de intangibles fueron presentadas como mecanismo para incluir los valores de intangibles en la planificación estratégica de incendios. Se discutió las implicaciones económicas del manejo de incendios forestales y se presentaron algunos “mitos” sobre el manejo de incendios. Entre otros también se presentó los costos y beneficios de usar las quemas prescritas como una herramienta para reducir la producción de sedimentos.

La sosteniblidad de los ecosistemas frágiles y no dependiente del fuego son amenazados por conflagraciones. Estos incendios también afectan grandes extensiones de plantaciones forestales. Una sesión completa se dedico a discutir la relación entre el manejo sustentable de los bosques y los incendios forestales. Chile y España presentaron ejemplos de la dificultad de tratar de practicar el manejo sustentable de los bosques mientras se confrontan problemas de incendios forestales de la magnitud descrita aquí.

De las presentaciones regionales se hizo patente la importancia de las políticas públicas en determinar la respuesta de las agencias gubernamentales al problema de los incendios forestales. A la misma vez estas políticas influencian la forma en que la sociedad reacciona a los programas establecidos. Hubo una discusión amplia sobre como el problema de la interfaz urbana forestal (IUF) esta guiando los nuevos enfoques que las agencias a nivel local, regional, y nacional usarán al establecer programas de protección contra incendios forestales. También se discutió los factores que afectan la visión de los dueños de hogares sobre el manejo de los combustibles y el riesgo de incendios forestales.

La comunidad de actores en el campo de incendios forestales tiene la creencia generalizada de que el aumento en el tratamiento de los combustibles forestales mediante quemas prescritas resulta en una reducción de los gastos de extinción de los incendios forestales. La discusión del tema en una sesión completa terminó sin resultados definitivos. Los resultados demostraron la existencia de problemas analíticos en estimar la efectividad de los tratamientos, y que esto puede complicarse por deficiencias en el tipo de información recogida regularmente por las agencias públicas. Hay otros problemas relacionados con la relativamente poca información disponible sobre tratamientos aplicados a una escala de paisaje.

Problemas Identificados

La siguiente lista de problemas fueron identificados como teniendo un impacto significativo en el problema de los incendios forestales luego de tres días intensos de presentaciones.

1. Socio-económicos
    a. Pobreza en áreas rurales
    b. Abandono de las áreas rurales
    c. Aumento poblacional y concentración en áreas urbanas
    d. Cambio en las políticas forestales
    e. Interfaz urbano forestal
    f. Bajo valor de tierras forestales
2. Programáticos
    a. Falta de una política clara, y a veces conflictiva
    b. Falta de una campaña de educación y prevención bien financiada.
    c. Falta de coordinación (a niveles local, regional, nacional, e internacional)
    d. Falta de fondos para programas de protección
    e. Falta de buenas base de datos
    f. Falta de programas de seguros
3. Políticas
    a. Falta de voluntad política para promover protección forestal efectiva

b. Falta de participación comunitaria

c. Políticas agrícolas que resultan en quemas agrícolas siendo una de las causas principales de incendios forestales

Conclusiones

Basado en esta lista de problemas se llegó a las siguientes conclusiones:

1. La solución no está necesariamente en organizaciones de extinción más grandes y más caras.
2. Programas de selvicultura preventiva y programas de educación en áreas urbanas y rurales pueden no ser suficientes.
3. Tratamientos selvicolas para la reducir la acumulación de biomasa serán claves.
4. Se necesita el desarrollo de un sistema amplio de calificación y certificación de personal.
5. Se necesitan programas de participación comunitaria (Manejo integrado de los incendios—problemas sociales, ecológicos, económicos y operacionales).
6. El análisis económico de los programas de protección de incendios forestales es esencial (incluyendo la valoración del impacto de los fuegos).
7. Los programas que mayor impacto probablemente tengan en la reducción de incendios forestales son los programas de prevención y los de reducción de combustibles.
8. Se necesitan políticas de protección contra incendios forestales claras e implantables.
9. Se necesita establecer acuerdos cooperativos a niveles locales, regionales, nacionales, e internacionales.
10. Es obligatorio tener financiación adecuada par alas campañas de educación y prevención.
11. La solución al nuevo, y rápidamente creciente, problema de la interfaz urbana forestal (IUF) requiere un nuevo paradigma.
12. Las quemas agrícolas son la causa principal de los incendios forestales.
13. Se necesitan nuevas políticas para tratar con:
    a. el abandono de áreas rurales
    b. la pobreza en las áreas rurales
    c. las cuestiones de la interfaz urbana forestal
14. Desarrollo de bases de datos nacionales
    a. Historia de incendios
    b. Incendios intencionados (perfil de pirómanos))
    c. Costos de los incendios (local regional, nacional)

d. IUF (definición de términos, inventario por país, estructuras perdidas, impacto económico).

15. Necesidades de investigación

a. Estudios sociales, económicos, y del comportamiento humano sobre el conocimiento de los incendios.

b. Vivienda y seguridad en la IUF

c. Proporción de los presupuestos necesarios para prevención, y educación para reducir el número de incendios

d. Verificación de la información global (país) de sensores remotos (área total quemada, historia de fuegos, etc.)

e. El uso de quemas prescritas para reducir el riesgo de incendios y la ocurrencia

f. Los impactos económicos de los incendios forestales

Pare terminar, el consenso general de los asistentes fue la necesidad de continuar con un itinerario regular la realización de este tipo de conferencia internacional tratando con cuestiones sobre políticas, planificación, y economía de incendios forestales. Se recomendó la celebración del siguiente simposio en 2008.

Esta página se deja en blanco intencionadamente.

Aproximación al Presupuesto Óptimo de Protección contra Incendios Forestales: Aplicación a los Montes Mediterráneos de España

Esteban Castellano,[1] Carolina Alum,[2] Carolina Rodríguez[3]

Resumen

La determinación de la dotación óptima del presupuesto para la protección contra los incendios forestales de un determinado territorio, permite tener una referencia objetiva del montante económico de una partida normalmente elevada y frecuentemente sujeta a una fuerte controversia. El trabajo, por una parte, se propone establecer la función coste–eficiencia del presupuesto de protección contra incendios forestales de una región, a partir de los presupuestos históricos, el número de incendios y los datos medios de superficie quemada, lo que permite establecer las tasas marginales; y por otra, el valor de la superficie de activo natural afectada, que puede estimarse bajo dos puntos de vista: el del propietario del monte —valor privado— y el de la sociedad que se relaciona con el territorio en que se ubica el monte —valor privado más valor público—; siendo este último enfoque el que se retiene en el estudio. La última fase es comparar la tasa marginal del presupuesto con el valor por unidad de superficie de los daños provocados por los incendios. La metodología tiene vocación de aplicarse al monte mediterráneo en España, donde los valores públicos son una parte substancial del valor total. Como casos de estudio se han utilizado los montes de la Comunidad Autónoma de Andalucía y los de la Comunidad Valenciana.

Introducción

La frecuencia e intensidad de los incendios forestales han determinado, sobre todo en países con períodos acusados de sequía, una intensa política de lucha contra incendios. En el caso de España, la situación ha alcanzado el carácter de catástrofe, ya que en las últimas décadas se han producido miles de incendios, con un alto costo de vidas humanas e incalculables pérdidas, irrecuperables en muchos casos.

Teniendo en cuenta que la repetición de incendios sobre la masa forestal tiene efectos de degradación del medio en el ámbito de: destrucción del suelo, erosión, pérdida de especies autóctonas, riqueza cinegética... la protección contra estos siniestros es un problema de máxima prioridad para las autoridades competentes.

El Reglamento (CEE) nº 2158/92 del Consejo, relativo a la protección de los bosques comunitarios contra los incendios establece un programa comunitario para la

[1] Dr. Ingeniero de Montes. Área de Desarrollo Rural, Subdirección de Planificación Ambiental. Tecnologías y Servicios Agrarios, S. A., c/ Conde de Peñalver, 84. 28006, Madrid, España.
[2] Ingeniera de Montes. Área de Servicios Forestales, Subdirección de Planificación Ambiental. Tecnologías y Servicios Agrarios, S. A., c/ Zurbano, 45. 28010, Madrid, España.
[3] Ingeniera de Montes. Área de Desarrollo Rural, Subdirección de Planificación Ambiental. Tecnologías y Servicios Agrarios, S. A., c/ Conde de Peñalver, 84. 28006, Madrid, España.

protección de los bosques contra los incendios, ha perseguido la identificación de las causas de los incendios, la creación de sistemas de protección, así como la mejora de los existentes, incluida la vigilancia. Dicho programa ha conseguido resultados positivos, como es la financiación de estudios específicos de causalidad que se han concretado en una mejora en el conocimiento de las causas de los incendios, necesario para fundamentar una política preventiva. Sin embargo, su escasa dotación muestra claramente los limitados esfuerzos preventivos hasta ahora llevados a cabo. Dicho programa ha estado en vigor hasta 2001. A partir del año 2003, la protección contra incendios ha quedado encuadrada dentro del Reglamento (CEE) nº 2152/2003 del Parlamento y del Consejo sobre el seguimiento de los bosques y de las interacciones medioambientales en la Comunidad (Forest Focus), donde se muestran las características de los montes en su contribución al desarrollo de zonas rurales —aspectos económico y social—, y a la conservación de la naturaleza —aspecto ambiental—.

Además, el Fondo Social de la Unión Europea (FSUE) interviene a través de programas de desarrollo rural con medidas a favor de la protección contra incendios forestales.

El Plan Forestal Español propone la coordinación de los planes de las Comunidades Autónomas (CCAA) y de la Administración General del Estado mediante el Comité de Lucha contra Incendios Forestales (CLIF). Dicha coordinación debe basarse en la distribución del riesgo y en criterios de coste–eficiencia como medida necesaria para lograr los objetivos de protección contra incendios forestales (Ministerio de Medio Ambiente 2002). El objetivo es impulsar la protección de forma que pueda observarse una reducción del número de incendios así como la limitación del impacto de éstos sobre la superficie forestal.

La sociedad comienza a ser plenamente consciente de que los montes, además de ser una fuente de materias primas, desempeñan un papel esencial en el mantenimiento de los equilibrios fundamentales, en particular por lo que respecta al suelo, régimen de aguas, clima, fauna y flora; asimismo proporcionan utilidades de servicios ambientales y amenidad directa. La función de fuente de materias primas se refiere a los bienes privados —aquellos por los que existe rivalidad en el consumo y para los que se puede decidir quién los explotará: el propietario—. El resto se trata de bienes públicos, sobre los que los propietarios no ejercen dominio —los aprovechan como cualquier otro ciudadano—, y constituyen las llamadas externalidades. El valor de los montes estará incompleto salvo que se tengan en cuenta dentro del mismo las externalidades, especialmente en aquellos montes con escasas posibilidades productivas.

El análisis coste–eficiencia es una herramienta útil en el campo de la política ambiental (Azqueta 2002). Implica la racionalización de una práctica cotidiana: sopesar las ventajas e inconvenientes de la decisión de cómo conseguir alcanzar un objetivo de la mejor forma posible, en este caso sería la dotación óptima del presupuesto para la protección contra incendios. La novedad del análisis es la incorporación de los bienes públicos para establecer el coste social de la superficie quemada y poder comparar directamente con el presupuesto de protección en el óptimo.

La lucha contra los incendios se ha centrado casi exclusivamente en la extinción, donde se han conseguido importantes avances en los índices de efectividad. En cambio, se ha olvidado en gran parte la prevención y una correcta planificación

forestal, enmarcada en una buena ordenación del territorio. Lamentablemente, los datos de presupuesto disponibles engloban la extinción y la prevención, por lo que se ha estimado una tasa marginal conjunta. En esta situación no es posible, dentro del presente estudio, inferir nada sobre la proporción de esos capítulos en el presupuesto.

Los resultados no son más que una primera aproximación, por el citado hecho de que sólo ha sido posible disponer de datos globales, y porque es de suponer que las eficiencias de los presupuestos en prevención y extinción son distintas, y el presupuesto global óptimo será distinto con distintas proporciones de estas partidas.

Objetivo

El objetivo principal es la determinación del presupuesto óptimo que habría de destinarse a la protección contra incendios forestales en cada una de las CCAA objeto de estudio, desde el punto de vista de la sociedad en su conjunto y no, exclusivamente, desde el punto de vista de los bienes privados.

Los objetivos secundarios son:

- Delimitación de la región de validez del óptimo en función del resto de variables explicativas de la función coste–eficiencia —análisis de sensibilidad—.
- Establecimiento de la distancia que existe entre las dotaciones presupuestarias de las CCAA estudiadas y el óptimo establecido. Así mismo, interesa ver si la situación es parecida en ambas.
- Determinación del coste social por hectárea quemada, teniendo en cuenta la regeneración natural que se produce en la zona mediterránea.

Materiales y métodos

Datos de partida para estimar la función coste–eficiencia

El período de estudio es 1991–2002, en dos CCAA: Comunidad Autónoma de Andalucía (CAA) y Comunidad Valenciana (CVA). Los datos que se han retenido para cada uno de los años del período, pueden verse en la adjunta *tabla 1*, son: Comunidad Autónoma, año, número de incendios, superficie total quemada en el año, presupuesto de protección actualizado a euros de 2003, y el índice de Birot.

La capacidad de un presupuesto de protección para reducir la superficie quemada en un período está influida por las condiciones meteorológicas del mismo. En la función coste–eficiencia, se ha incorporado la meteorología con el índice de Birot calculado con datos anualizados, y según la siguiente expresión:

$$IB = N \times Pa / Tm$$

Siendo, IB el valor del índice, N el número de días de lluvia al año, Pa la precipitación anual en milímetros, y Tm la temperatura media anual.

El número de incendios, finalmente, no se ha usado porque se ha utilizado la superficie quemada total para medir la eficiencia dentro de las funciones coste–eficiencia, en lugar de la superficie media por incendio, que inicialmente parecía más adecuada. La razón es que las medidas de prevención incluyen campañas

de concienciación ciudadana que han posibilitado una tendencia descendente en el número de incendios.

Tabla 1—*Datos de partida para estimar la función coste–eficiencia*

Comunidad Autónoma	Año	Número de incendios	Superficie incendiada (ha)	Índice de Birot	Presupuesto en protección (miles euros, 2003)
CAA[1]	1991	2.110	65.252,8	9,6	34.936,1
CAA	1993	1.288	17.342,3	11,2	52.554,1
CAA	1994	1.671	36.134,0	7,8	56.720,8
CAA	1995	1.389	12.971,5	9,8	52.438,5
CAA	1996	739	1.257,9	35,7	50.669,3
CAA	1997	750	2.951,2	24,5	36.725,3
CAA	1998	1.137	5.241,5	7,6	61.643,2
CAA	1999	892	6.627,2	9,8	69.193,4
CAA	2000	938	5.411,3	14,2	78.361,3
CAA	2001	961	7.351,4	16,3	56.276,2
CAA	2002	1.181	10.640,7	14,9	63.773,6
CVA[2]	1991	869	44.426,3	20,1	10.329,4
CVA	1992	769	26.188,5	13,8	29.307,7
CVA	1993	715	25.966,7	11,5	26.482,1
CVA[3]	1994	751	138.404,5	8,1	44.278,8
CVA	1995	467	2.220,4	6,8	57.106,8
CVA	1996	383	765,1	16,1	59.598,2
CVA	1997	348	898,2	14,9	59.139,0
CVA	1998	546	1.967,3	8,8	67.661,8
CVA	1999	579	6.356,5	5,7	65.075,8
CVA	2000	606	6.547,8	11,2	66.656,3
CVA	2001	442	4.792,8	13,6	70.175,5
CVA	2002	321	1.202,1	16,3	68.663,5

Fuente: Modificado de la Junta de Andalucía, la Generalitat Valenciana y el Instituto Meteorológico Nacional

[1] Comunidad Autónoma de Andalucía

[2] Comunidad Valenciana

[3] El dato de este año se considera un caso atípico y no se ha tenido en cuenta en el modelo de regresión

Los presupuestos nominados en pesetas se han trasladado a euros con el cambio oficial de 166,386 peseta/euro, y todos los años se han actualizado al año 2003 con los coeficientes y métodos suministrados por el Instituto Nacional de Estadística (INE 2003).

No se ha podido disponer de los datos de presupuesto del año 1992 en Andalucía.

El año 1994, fue el peor año de incendios forestales en España en las últimas décadas, 92 grandes incendios supusieron el 76,63 por ciento de la superficie quemada ese año en España. En la CVA fue un año especialmente malo, con ocho incendios mayores de 5.000 hectáreas, que ocasionaron 115.986 hectáreas quemadas. Este año se ha considerado como un dato atípico, y no se ha tenido en cuenta al hacer la regresión.

Datos de valoración

Los datos de valoración de la CAA y de la CVA se han obtenido, respectivamente, de los modelos territoriales realizados para la Junta de Andalucía y la Generalitat Valenciana, que tienen en cuenta los valores de los bienes públicos que generan los ecosistemas forestales, además de los privados. Los resultados para las grandes formaciones se recogen en la adjunta *tabla 2*.

Tabla 2—*Valor económico total por formaciones forestales en cada una de las regiones*

Tipo	Comunidad Autónoma de Andalucía			Comunidad Valenciana		
	Superficie (ha)	VP[1] (euros/ha)	VET[2] (euros/ha)	Superficie (ha)	VP[1] (euros/ha)	VET[2] (euros/ha)
Coníferas	625.673	1.554	7.656	278.270	644	5.877
Frondosas	933.718	2.050	5.979	21.680	674	7.950
Masas mixtas	626.598	1.714	6.585	328.329	668	7.147
Matorral	1.896.953	745	4.312	574.518	446	4.236
Pastizal	322.173	892	4.420	12.280	909	5.351
Total	4.082.942	1.285	5.554	1.215.078	560	5.476

Fuente: Modificado de la Junta de Andalucía y la Generalitat Valenciana

[1] Valor productivo, es el valor del monte como generador de bienes privados exclusivamente

[2] Valor económico total, es el valor del monte como generador de bienes privados y públicos

Las fechas de referencia de los modelos son: 2000 para la CAA y 2001 para la CVA. Consecuentemente, los valores se han actualizado a 2003 con los mismos actualizadores utilizados con los presupuestos.

La valoración de los montes de la CAA tiene en cuenta los siguientes elementos privados: madera, piñón, corcho, castaña, pastos, caza, viento; y públicos: áreas recreativas, paisaje, fijación de CO_2 y no–uso.

La valoración de la CVA, incorpora como bienes privados: madera, trufas, pastos, caza, pesca y viento; y como públicos: áreas recreativas, paisaje, fijación de CO_2, recarga de acuíferos, protección contra inundaciones y no–uso.

El modelo de la CAA se ha ajustado para incorporar los elementos ambientales que existen en el modelo de la CVA y que no se incorporaron en su día por falta de información cuantitativa; en concreto se ha agregado el valor de los elementos: recarga de acuíferos y protección contra inundaciones.

Valor perdido por los incendios forestales

Inicialmente, el valor de activo natural perdido cuando se incendia una hectárea de un monte es el valor económico total (VET) de esa hectárea. Si se trabaja con promedios regionales, los valores deberían ser para cada formación forestal en cada una de las CCAA, los consignados en las correspondientes columnas que contienen el VET de la *tabla 2*. Sin embargo, no todo el valor de la superficie quemada se pierde, porque una parte se regenera de forma natural.

En los pequeños incendios, se asume que la regeneración natural es del 100 por ciento; por el contrario, la regeneración en los grandes incendios es sólo parcial.

Para tratar de estimar el valor que se recupera con la regeneración natural en los grandes incendios hay que empezar definiendo el concepto de período de regeneración (PRG), éste es el tiempo que transcurre hasta que, con un elevado nivel

de certeza, la nueva masa que sustituye a la quemada puede darse por establecida; o de otra manera, los años que tarda la masa en volver a producir semillas viables o rebrotar (Bond y Wilgen 1996). Desde el punto de vista económico, la masa no se considera completamente recuperada hasta que alcanza toda la funcionalidad que tenía antes del incendio, este segundo concepto es el período de recuperación (PRE); y puede afirmarse que a partir de este punto el ecosistema vuelve a generar un flujo infinito —se estima con la hipótesis de una situación sostenible— de rentas anuales iguales a la perdida antes del incendio. En el período comprendido entre PRG y PRE, se asume que la renta crece de forma lineal con el paso de los años. Como aclaración se adjunta la *figura 1*.

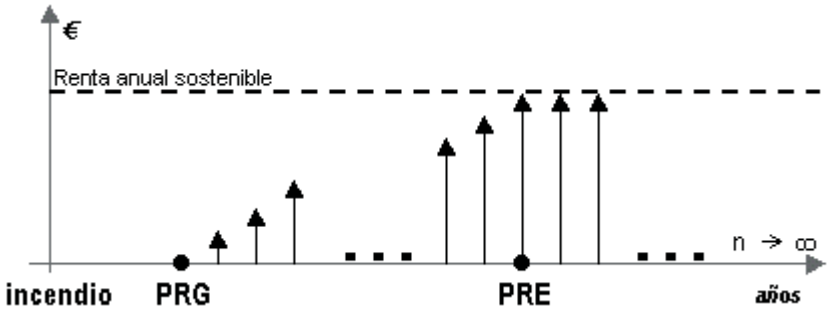


Figura 1—Flujo de fondos recuperado por la regeneración de la masa tras un gran incendio

En los grandes incendios —mayores de 500 hectáreas— se ha estimado, para cada una de las grandes formaciones forestales, el porcentaje de superficie regenerada (RGI) , el PRG y el PRE, ponderando los datos de cada tipo de vegetación con la superficie de cada especie dominante según el Segundo Inventario Forestal (Ministerio de Medio Ambiente 1998).

Con respecto a las coníferas, el *Pinus halepensis* presenta la mejor regeneración tras los incendios, debido a la amplia diseminación favorecida por las altas temperaturas y a los bajos requerimientos germinativos del piñón. Por el contrario, otras especies del género *Pinus* suelen germinar muy poco debido, probablemente, a su diseminación temprana, pre–estival, y a la sensibilidad de los piñones a las temperaturas moderadamente elevadas (Rey y otros 2003). Como aproximación, el INFOMED (Instituto Forestal Mediterráneo) detectó en la CVA que más del 78 por ciento de la superficie forestal de *Pinus halepensis* adulto quemado se había regenerado de manera natural. Sin embargo, en aquellos otros pinares que aun no habían alcanzado su madurez, los resultados fueron muy distintos, consiguiéndose sólo un dos por ciento de superficie regenerada (Gómez 1998). Otros estudios asignan a las masas de *Pinus nigra* y a las de *Pinus sylvestris* —característicos de bosques boreales del Norte y centro de Europa— un siete por ciento, ya que prácticamente desaparecen tras el incendio (Habronk 2001).

Para masas de frondosas, la superficie regenerada asciende al 60 por ciento, tal como demuestran las simulaciones realizadas en el gran incendio de 1994 en Bages y Berguedá en Cataluña (Habronk 2001) y en el de 1995 en Mercadal en Illes Balears (Hugel 2001). El *Quercus ilex* tiene la capacidad de rebrotar después de la tala y el fuego, lo cual supone una buena adaptación frente a los incendios de baja intensidad. Sin embargo, en los de alta intensidad desaparece la capacidad de rebrote del rodal por destrucción de las cepas. El porcentaje de superficie de matorral regenerada

asciende a un 80 por ciento (Rey y otros 2003). Para las zonas de pastizal se estima que puede alcanzar los mismos niveles del matorral, hasta un 80 por ciento.

En los análisis de recurrencia de los incendios, la edad en que las masas de *Pinus* se estabilizan es aquella en la que éstas son capaces de producir piñones viables —entre 7 y 15 años (Bond y Wilgen 1996)—. Por otra parte, en las quercíneas el PRG aumenta hasta los 25 años (Díaz–Delgado 2003). El PRG considerado para otras formaciones como el matorral y el pastizal es de 4 y 2 años respectivamente. Por último, como PRE de los grupos de vegetación se ha tomado la edad de madurez establecida por un panel de expertos, criterio que coincide con el adoptado en la valoración integral de los montes de la Comunidad de Madrid (Castellano y otros 1999).

La capacidad de regeneración de la flora puede verse modificada por una serie de factores extrínsecos a las características de la especie vegetal como son: tamaño y recurrencia del incendio, tipo de suelo, altitud, pendiente, exposición... (Bond 1996; Habronk 2001). Consecuentemente, los valores que se muestran en la adjunta *tabla 3*, sólo son unos promedios generales estimados con el único propósito de corregir la pérdida de valor sufrida por el activo natural.

Tabla 3—*Datos de regeneración y valor económico total perdido en los grandes incendios*

Tipo de vegetación	Coníferas	Frondosas	Mixtas	Matorral	Pastizal	Total
RGI[1] (pct)	25	60	50	80	80	
PRG[2] (años)	12	20	15	4	2	
PRE[3] (años)	45	60	50	15	4	
Valor perdido CAA[4] (pct)	65,6	72,3	68,1	50,6	43,9	60,3
Valor perdido CAA (euros/ha)	5.019	4.325	4.485	2.182	1.942	3.348
Valor perdido CVA[5] (pct)	79,5	83,5	81,0	70,6	66,6	76,7
Valor perdido CVA (euros/ha)	4.670	6.640	5.788	2.989	3.563	4.201

Fuente: Modificado de la Junta de Andalucía y la Generalitat Valenciana

[1] Porcentaje, ponderado por especie dominante, de superficie regenerada naturalmente en la zona de estudio

[2] Período de regeneración

[3] Período de recuperación

[4] Comunidad Autónoma de Andalucía

[5] Comunidad Valenciana

Los porcentajes de valor perdido en cada una de las formaciones se calculan de forma distinta en los grandes incendios y en los demás. En los grandes incendios se pierde todo el valor en la superficie que no se regenera, en el resto de superficie se malogran las rentas de algunos años, hasta que el monte se recupera; esta disminución de valor se calcula con la diferencia entre los Valores Actuales Netos de la renta sostenible perpetua, y el del flujo de rentas representado en la *figura 1*.

En los pequeños incendios el valor perdido se calcula como en la parte regenerada de los grandes incendios ya que se recuperan de forma natural por completo. Los valores perdidos totales por hectárea de cada de cada una de las CCAA objeto de estudio, que se muestran en la última columna de la *tabla 3*, se han calculado teniendo en cuenta los valores perdidos de cada una de las formaciones forestales ponderados con sus respectivas distribuciones territoriales.

El valor perdido total es mayor en la CVA, porque la proporción de grandes incendios es mucho mayor que en la CAA —86,52 y 54,78 por ciento de la superficie total quemada en el período de estudio respectivamente—.

Función coste–eficiencia

La función que relaciona la eficiencia de las acciones de protección contra los incendios forestales, medida por la superficie quemada, como variable dependiente, con el coste de dicha protección —el presupuesto de prevención más el de extinción—, incorpora otra variable independiente —el índice de Birot—, que recoge las condiciones meteorológicas del año, con la siguiente expresión logarítmica:

$$LnSQ = A_1 + A_2 \times LnP + A_3 \times LnIB$$

Siendo, SQ la superficie quemada, P el presupuesto de protección, y IB el índice de Birot; referidos todos a un determinado año; y A_1, A_2, y A_3 los correspondientes parámetros de regresión, que se muestran junto con algunos estadísticos en la adjunta *tabla 4*.

Tabla 4—*Parámetros de la función coste–eficiencia*

Conceptos	Comunidad Autónoma de Andalucía		Comunidad Valenciana	
	Valor	T Student	Valor	T Student
Término independiente. A_1	378.660	12,00	420.748	8,79
Coeficiente del Presupuesto. A_2	0,9999624	-2,32	0,9999369	-4,17
Coeficiente del Índice de Birot. A_3	0,8935705	-4,63	0,9106788	-1,30
Coeficiente de correlación. r^2	0,74		0,69	
Error de la variable dependiente. ey	0,6313135		0,8887510	
F de Snedecor. F	11,37		8,87	
Grados de libertad	8,00		8,00	

Fuente: Elaboración propia

Las dos regresiones son significativas al 95 por ciento de confianza, salvo la T de Student de A_3 en la CVA, que sólo tiene un nivel de confianza del 85 por ciento. Como cabía esperar por el gran número de factores que afectan al total de superficie quemada y lo simple del modelo de regresión, los errores de la estimación son elevados lo que provoca unas estimaciones con mucha variabilidad. Sin embargo, se entiende que los resultados son suficientemente precisos como para poder establecer el rango de presupuestos necesario para tener un cierto nivel de superficie quemada.

La función que determina el límite superior de la distribución de errores de las superficie quemada estimada, al 95 por ciento de confianza, es:

$$LS = e^{(LnSQ+1,96\ ey)}$$

Siendo, LS el límite superior de la distribución de errores de la estimación de la superficie quemada SQ, y ey el error de la estimación.

Tasas marginales

Las pendientes de la función coste–eficiencia y la del límite superior al 95 por ciento de confianza de su distribución de errores, significan las hectáreas que se salvan del fuego por cada 1.000 euros que se incrementa el presupuesto. Las ecuaciones de las pendientes de estas funciones son las correspondientes a sus derivadas respecto a la variable Presupuesto y, respectivamente, tienen por expresión:

$$SQ' = A_1 \times A_2^{P} \times A_3^{IB} \times LnA_2$$

$$LS' = e^{(LnSQ+1,96\ ey)} \times LnA_2$$

En realidad, la tasa marginal que se está buscando es la inversa de estas pendientes multiplicadas por 1.000, que son los euros que es necesario incrementar el presupuesto para salvar una hectárea adicional. La forma de las funciones determina que las tasas marginales sean decrecientes cuando aumenta el presupuesto.

De esta manera se dispone de un sistema objetivo —para una situación meteorológica dada— que permite aumentar el presupuesto hasta que el valor de la superficie salvada es igual al incremento necesario para conseguirlo.

Discusión

La presencia de la meteorología en la función coste–eficiencia implica que el presupuesto óptimo depende de las condiciones meteorológicas, y, por otra parte, la distribución del error en la estimación de la superficie quemada provoca un rango de presupuestos para alcanzar una determinada superficie quemada. Estas circunstancias se han utilizado para definir las condiciones de contorno del presupuesto óptimo, y se recogen para las dos CCAA de estudio en la adjunta *tabla 5*, sin más que fijar tres condiciones meteorológicas: índice de Birot promedio del período, índice menos una desviación típica que corresponde con un año especialmente árido, e índice más una desviación típica para recoger la situación contraria; y la función de coste–eficiencia estimada —presupuesto mínimo—, y el límite superior al 95 por ciento de confianza de su distribución de errores —presupuesto máximo—.

Tabla 5—*Condiciones de contorno del presupuesto óptimo (cantidades económicas en miles euros)*

Aridez del año	Comunidad Autónoma de Andalucía			Comunidad Valenciana		
	Índice de Birot	Presupuesto mínimo	Presupuesto máximo	Índice de Birot	Presupuesto mínimo	Presupuesto máximo
Alta	6,04	84.711	117.636	7,91	63.012	90.636
Media	14,27	60.083	93.008	12,24	56.592	84.216
Baja	22,49	35.455	68.379	16,57	50.172	77.796

Fuente: Elaboración propia

Los presupuestos de los últimos años han conseguido una superficie quemada intermedia entre la que se esperaría para la función coste–eficiencia estimada y el límite superior de su distribución de errores al 95 por ciento de confianza. Como la aridez no es completamente previsible por adelantado, debería asumirse una hipótesis conservadora. Con esta situación se entiende que el presupuesto óptimo estaría en la media de los correspondientes a una aridez alta en la función coste–eficiencia media —presupuesto mínimo—, y la correspondiente a una aridez media en el límite superior de la distribución de errores al 95 por ciento de confianza —presupuesto máximo—. Es decir, en torno a los 90 millones de euros en la CAA y a los 75 millones de euros en la CVA.

Los promedios de los presupuestos de los cinco últimos años son, aproximadamente: 66 millones de euros en la CAA y 68 millones de euros en la CVA. Consecuentemente, ninguna de las dos CCAA estaría en el nivel óptimo de presupuesto, siendo el 73 por ciento en la CAA y el 91 por ciento en la CVA.

El presupuesto óptimo es más elevado en la CAA porque su territorio es mayor y las condiciones de aridez más heterogéneas y extremas.

Los valores productivos representan un 23 por ciento en la CAA y un 10 por ciento en la CVA, por lo que de ninguna manera podrían justificar el nivel de presupuesto dedicado a la protección contra incendios, lo que probablemente explica porqué los presupuestos actuales se perciben en algunos foros como muy elevados.

Sin embargo, cuando se explican las necesidades de protección, existe una disposición a pagar por incrementar la protección hasta el nivel óptimo (Riera y Mogas 2003), que confirma que el presupuesto social óptimo es superior a los niveles actuales en la zona mediterránea.

Referencias

Azqueta, D. 2002. **Introducción a la economía ambiental**. Aravaca (Madrid). Mcgraw–Hill Profesional; 236–268.

Bond, J.W.; van Wilgen, B.W. 1996. **Fire and Plants**. London: Chapman & Hall, p. 263.

Castellano, E.; González, S.; Rábade, J.M.; San Miguel, M.A 1999**. Integral economic valuation on forest ecosystems: a case study of mixed broad–leaved and pure coniferous forests in the community of Madrid**. En: Olsthoorn A.F.M y otros (Eds). Management of mixed–species forest: silviculture and economics.

Díaz–Delgado, R. 2003. **Efecto de la recurrencia de los incendios sobre la resiliencia post–incendio de las comunidades vegetales de Cataluña a partir de imágenes de satélite.** Revista Ecosistemas año XII 3: 30–39.

Gómez J. 1998. **Incendio Forestal y Regeneración**. Revista Las Provincias. Instituto Forestal Mediterráneo (INFOMED).

Habronk, A. 2001. **Regeneración natural y restauración de la zona afectada por el gran incendio del Bages y Berguedá de 1994**. Tesis Doctoral inédita, Universidad Autónoma de Barcelona. Facultad de Ciencias Biológicas.

Hugel, I. 2001. **Estudio de la Regeneración Natural de Pinus halepensis Mill. tras el incendio de agosto de 1995 en "Mercadal" (Menorca)**. Proyecto de Fin de Carrera, Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica superior de Ingenieros de Montes.

Instituto Nacional de Estadística, 2003. **Actualización de rentas.** Indice de Precios de Consumo. Ministerio de Economía.

Ministerio de Medio Ambiente, 2002. **Plan Forestal Español 2002–2032**. Madrid. Dirección General de Conservación de la Naturaleza: 145 p.

Rey, J.M.; Espigares, T.; Nicolau J.M. 2003. **Restauración de ecosistemas mediterráneos.** Colección Aula Abierta. Madrid: Universidad de Alcalá, p. 272.

Riera P.; Mogas J. 2003. **Valoración del riesgo de incendios forestales en España.** Revista Ciudad y Territorio 135: 119–126.

Servicio de Inventario Forestal del Área de Banco de Datos e Inventario Patrimonial, 1998. **Segundo Inventario Forestal Nacional (1986–1996)**. Ministerio de Medio Ambiente.

Valoración Económica de los Tratamientos de los Combustibles en el Paisaje[1]

Hayley Hesseln,[2] Don Helmbrecht,[3] Janet Sullivan,[3] Greg Jones,[3] Kevin Hyde[4]

Resumen

En esta ponencia se examinan los costes de los tratamientos de ordenación de los combustibles forestales en relación con el paisaje, desde el punto de vista económico y ecológico. Hemos creado un modelo utilizando una herramienta MAGIS (Análisis de Múltiples Recursos y Sistema de Información Geográfica) para examinar los cambios en el paisaje derivados de actividades de clareo y quema prescrita en áreas forestales, incluidas aquellas áreas de colindancia urbano-forestal. Nuestro objetivo ha sido evaluar los tipos de tratamiento de acuerdo con los costes de modificación, los niveles presupuestarios y la elección entre dos objetivos: la restauración del ecosistema y la reducción del riesgo. En concreto, hemos querido dar respuesta a las siguientes preguntas: ¿De qué manera los costes sociales afectan a los resultados en las áreas de colindancia urbano-forestal? ¿En qué afectan los costes a la distribución de los recursos para el tratamiento del combustible entre las zonas forestales y las áreas de colindancia urbano-forestal? ¿Podemos lograr una completa restauración de los ecosistemas y con qué coste? ¿Cómo afectan los niveles presupuestarios a la distribución de los recursos para el tratamiento del combustible?

Introducción

Los incendios forestales desempeñan un papel importante en muchos ecosistemas al influir en la composición y estructura vegetales, las características del paisaje y las funciones ecológicas (Brown and Smith 2000). En la región norte de las Montañas Rocosas de Estados Unidos muchos de estos ecosistemas y las especies asociadas a ellos se consideran resistentes al fuego, es decir, que tienen capacidad para sobrevivir y regenerarse en un entorno propenso a los incendios. Históricamente, el fuego ha mantenido las características que definen estos ecosistemas. Administradores de recursos naturales e investigadores han comenzado a darse cuenta de que muchas políticas y prácticas de gestión medioambiental aplicadas durante el pasado siglo, especialmente las relacionadas con la extinción, han dado lugar a importantes modificaciones en la forma en que los incendios influyen en los ecosistemas forestales adaptados al fuego.

De no producirse incendios, la dinámica sucesional del bosque tiende a sustituir las especies arbóreas resistentes al fuego por especies menos resistentes,

[1] Una versión abreviada de esta ponencia se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía de los programs de protección contra incendios forestales: una visión global, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] Dept. de Econ. Ag., 51 Campus Drive, University of Saskatchewan, Saskatoon, SK S7N 5A8.

[3] National Center for Landscape Fire Analysis, University of Montana, Missoula, MT 59812.

[4] Rocky Mountain Research Station, USDA Forest Service, Forest Sciences Lab, Missoula, MT 59807.

produciéndose además un incremento de la densidad de la masa forestal y la carga de combustible. Estas modificaciones son especialmente visibles en sistemas adaptados al fuego de corto intervalo que, históricamente, han experimentado incendios frecuentes de baja intensidad, aunque también se ha producido en ecosistemas que, por el contrario, han sufrido históricamente incendios menos frecuentes y de mayor importancia (Brown and Smith 2000). Con el tiempo, esta transformación ha afectado directamente al régimen natural de incendios (Morgan y otros 1996, Barrett 2002, Hardy y otros 2001), dando lugar a una frecuencia, intensidad y extensión espacial de los incendios no características.

Se llama régimen de incendios al "conjunto de características y frecuencia de incendios en un intervalo largo de tiempo y los principales efectos inmediatos del fuego que, de manera general, caracterizan a un ecosistema" (Brown and Smith 2000). Los incendios, sin embargo, no son uniformes ni temporal ni espacialmente. La frecuencia, intensidad, estacionalidad, extensión y otras características del fuego que constituyen el régimen de incendios varían considerablemente de un entorno a otro (Agee 1993), lo que dificulta la evaluación de los impactos de los regímenes de incendios modificados.

La actual gestión de incendios forestales reconoce la importancia de restablecer el papel ecológico natural del fuego. De hecho, la Política Federal para la Gestión de Incendios Forestales de 2001 establece como principio fundamental que "El papel del incendio forestal como proceso ecológico esencial y agente de cambio natural será incorporado al proceso de planificación." (Departamento del Interior y Departamento de Agricultura de Estados Unidos 2001). La información sobre los efectos de las estrategias de tratamiento de combustibles que incluyen el papel del incendio como agente natural puede ayudar a conseguir el éxito de futuros programas de ordenación de combustibles.

El objetivo de esta investigación es utilizar un modelo para analizar los impactos de estrategias alternativas de tratamiento de combustibles. Vamos a combinar información financiera, económica y social en un marco de decisión para evaluar los costes de tratamientos alternativos con respecto a dos objetivos: (1) la reducción de combustibles peligrosos en las áreas de colindancia urbano-forestal, y (2) el restablecimiento del papel del fuego en ecosistemas adaptados al fuego. Estos objetivos son directamente aplicables al modelo y son conformes con lo establecido en el Plan Nacional contra Incendios (NFP). Dos objetivos del NFP son 1) reducción de los combustibles peligrosos y 2) restablecimiento del papel del fuego en ecosistemas adaptados al fuego. Nuestros objetivos SE BASARÁN EN LOS MÉTODOS DE VALORACIÓN de Comunidades en Peligro (CAR) y de Ecosistemas en Peligro (EAR).

A continuación presentamos nuestra metodología y expectativas, a lo que seguirá una exposición de las posibles conclusiones.

Metodología

Hemos utilizado el modelo de optimización MAGIS (Análisis de Múltiples Recursos y Sistema de Información Geográfica) para analizar la efectividad de los tratamientos de combustibles EN SU INTERACCIÓN CON EL PAISAJE en relación con el paisaje (Jones y otros 1999, Chew y otros 2000) tomando como área de estudio las Montañas Bitterroot, al oeste de Montana. "MAGIS" utiliza la optimización para seleccionar los tratamientos desde el punto de vista espacial y temporal más adecuados de acuerdo con los objetivos y limitaciones determinados por el usuario.

Los usuarios de MAGIS pueden especificar también el lugar y el tiempo para la realización de tratamientos específicos para probar diferentes hipótesis. (USDA Forest Service 2003). El modelo integra información ecológica, social y económica que proporciona la base desde la que poder programar tratamientos a nivel de paisaje. MAGIS proporciona, además, los efectos ecológicos y económicos. Entre las actividades que se pueden modelizar hay una gran variedad de métodos de silvicultura, como los dirigidos hacia los tratamientos mecánicos de combustibles y la quema prescrita.

Nuestra área de estudio se extiende unos 96 km. a lo largo de la frontera entre Montana y Idaho. Se escogió el Frente Bitterroot como área de estudio porque está formado por aproximadamente 105.208 hectáreas de terreno forestado con representación de diferentes tipos de bosque e incluye un importante componente de interfaz urbano-forestal.

Estamos utilizando los métodos de valoración de riesgo del Northern Region Cohesive Strategy Team (es decir, la valoración de comunidades en peligro (CAR) y ecosistemas en peligro (EAR)) para definir funciones de objetivo en MAGIS (USDA Forest Service 2003). En concreto, integraremos los conjuntos de reglas de riesgo en MAGIS para que los atributos de riesgo cambien dinámicamente con los cambios en la vegetación a lo largo del tiempo. Las condiciones de la vegetación son modelizadas utilizando el principio de sucesión y se basan en las zonas occidentales de la Región 1, también utilizadas en SIMPPLLE (SIMulating Processes and Patterns at Landscape scaLEs[5]) Las definiciones de EAR y CAR se dan a continuación y son las que pueden encontrarse en Internet.[6]

Ecosistemas en peligro (EAR)

La estimación del riesgo relativo de incendio en un ecosistema requiere una valoración de la probabilidad de ocurrencia de incendio y los efectos posibles del fuego en el ecosistema, en caso de producirse el incendio. Se ha obtenido un índice espacial de ignición a partir de los datos reunidos en un periodo de 20 años interpolando los lugares conocidos donde se han producido incendios y el número de incendios en una cuadrícula de 4 km2. Los valores de este índice de ignición se clasificaron en cinco clases, desde la más baja a la más alta.

La clase condiciones del régimen de incendios es un índice de las condiciones actuales tomadas del régimen de incendios histórico. Por consiguiente, se deriva del régimen históricos de incendios y la estimación de la gravedad del incendio en caso de producirse. La clase de condiciones del régimen de incendios permite establecer la probabilidad de efectos graves de un incendio (por ejemplo, los componentes principales de ecosistema, como suelo, estructura de la vegetación, especies; alteración de los principales procesos del ecosistema, como ciclos de nutrientes o características hidrológicas). Así pues, la clase condiciones del régimen de incendios es un índice de riesgo que engloba muchos componentes (calidad del agua, población de peces, hábitats naturales, etc.)

El índice de probabilidad de ignición se integró con la clase condiciones del régimen de incendios para obtener los ecosistemas en peligro y la probabilidad de que se pierdan los componentes en caso de producirse un incendio.

[5] http://www.fs.fed.us/rm/missoula/4151/SIMPPLLE
[6] http://www.fs.fed.us/r1/cohesive_strategy/sitemapfr.htm

Comunidades en peligro (CAR)

La máxima prioridad del Plan Nacional contra Incendios (NFP), la FS-Cohesive Strategy y el Plan Estratégico Global Decenal de los Gobernadores del Oeste es sin duda reducir los riesgos de que se produzcan incendios forestales en las zonas de colindancia urbano-forestales. Para determinar el riesgo relativo de incendio para las comunidades de población humana se requiere el análisis de tres factores: (1) el riesgo de ocurrencia de incendio; (2) el comportamiento probable del fuego en caso de producirse un incendio; y (3) los patrones de asentamiento humano. Por tanto, la probabilidad de ignición, el comportamiento del fuego y las características de la ocupación espacial humana se utilizaron para calcular el riesgo relativo de incendios forestales en el interfaz urbano-forestal.

Utilizaremos las valoraciones EAR y CAR como base de nuestros modelos, de forma que nuestras hipótesis y análisis de sensibilidad se basen en objetivos realistas de gestión de incendios conformes con el NFP.

Objetivos de la investigación

Nuestro objetivo principal es cartografiar un paisaje en el valle de Bitterroot que pueda ser manipulado para su utilización con la herramienta MAGIS con el fin de (1) reducir costes o (ii) reducir áreas tratadas teniendo en cuenta diferentes limitaciones como tiempo, presupuesto y superficie tratada. Nos hemos planteado las siguientes preguntas: ¿Cómo afectan los objetivos temporales fijados a la distribución de recursos y el coste? ¿Cómo afecta el presupuesto a los logros y distribución de recursos entre dos objetivos? ¿Cómo afectan las hectáreas objetivo a los costes y objetivos?

Para contestar a estas preguntas hemos desarrollado una serie de hipótesis y reglas de decisión. Entre las posibles reglas podemos establecer las siguientes:

- Tratar sólo hectáreas en el interfaz urbano-forestal (IUF) (o priorizar)
- Tratar sólo hectáreas no IUF (o priorizar)
- Tratar todas las hectáreas sin preferencia
- Tratar las hectáreas con distintos niveles presupuestarios
- Modificar los costes de tratamiento en función de las diferentes hipótesis preestablecidas

Los métodos de tratamiento se determinarán sobre la clase de condición. Por ejemplo, los métodos de tratamiento mecánico deben utilizarse primero para ecosistemas clasificados como clase de condición de régimen de incendios tres (CC3) antes de realizar una actividad de quema prescrita. Hemos evaluado diferentes métodos de tratamiento de combustibles incluidos los de quema prescrita, los mecánicos y una combinación de los dos.

Ofrecemos a continuación un ejemplo de tratamientos potenciales seleccionados e hipótesis de utilización de estos tratamientos que se pueden emplear en la simulación. Aunque no son nuestras opciones definitivas, sí son indicativas de las oportunidades de nuestras evaluación. Sigue una tabla de tipos de tratamientos potenciales.

Tabla 1.Tipos de tratamientos potenciales.

Actividad	Objetivos del tratamiento
Quema de superficie	Reducir combustibles del estrato herbáceo y el matorral
Clareo y quema de superficie precomercial	Clareo mecánico para eliminar combustibles escalera, y quemar después para reducir el combustible muerto acumulado y vegetación herbácea y matorral.
Clareo precomercial	Eliminar principalmente material de diámetro pequeño y reducir combustibles escalera
Corta de mejora	Eliminar especies no deseables (con independencia de su tamaño) además de componentes de menor tamaño
Corta de cubierta	Corta de regeneración que elimina el 60% del estrato arbóreo, dejando una masa residual de árboles grandes de las especies deseables. Se elimina el estrato herbáceo.

De acuerdo con los tipos de tratamientos presentados en la tabla precedente, desarrollamos hipótesis con reglas explícitas. Empezamos con la opción Sin Actuación y tomamos unas medidas de partida. Nuestro objetivo será reducir los EAR añadiendo sucesivamente más limitaciones. Repetimos estas iteraciones para reducir las CAR también y combinamos información para desarrollar una solución final para cada hipótesis.

Tabla 2. Hipótesis potenciales que reducen los EAR

Hipótesis	Actividad	Comentarios
1. Sin actuación	Sin actividad	Desarrollar indicador inicial utilizando CAR, EAR, Clase de Condición o combinación.
2. Objetivo IUF	Tratar sólo hectáreas IUF	Desarrollar tratamientos basados en limitaciones presupuestarias, de extensión y de tratamiento.
3. Sin objetivo prioritario	Tratar todas las hectáreas	Desarrollar tratamientos basados en limitaciones presupuestarias, de extensión y de tratamiento.
4. Objetivo de restauración de ecosistema	Tratar áreas no IUF (excluidos espacios sin mantenimiento)	Desarrollar tratamientos basados en limitaciones presupuestarias, de extensión y de tratamiento.

En cada caso, exploramos objetivos similares basados en la maximización del valor neto presente, la reducción de costes o el tratamiento de un número determinado de hectáreas.

Conclusión

La finalidad de esta investigación es proporcionar a los administradores de recursos forestales y responsables de planes de prevención y extinción de incendios una información muy necesaria sobre la viabilidad de los diferentes tratamientos de combustibles en un periodo de tiempo. Utilizando distintas hipótesis de aplicación de tratamiento podremos evaluar los cambios en costes y resultados, e identificar la posibilidad de éxito de los programas de gestión de incendios con el fin de reducir riesgos en las zonas de colindancia urbano-forestal, restaurar ecosistemas o alguna solución mixta. Nuestros resultados también serán útiles como orientación a las

autoridades para que desarrollen políticas realistas de gestión de incendios con vistas a resultados y logros anuales.

Bibliografía

Agee, J.K. 1993. Fire ecology of Pacific Northwest forests. Island Press: Washington, D.C. 493 pp.

Arno, S.F. 2000. Chapter five: Fire in Western forest ecosystems. In: Brown, J.K.; Smith J.K., eds. 2000. Wildland fire in ecosystems: effects of fire on flora. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42-vol. 2. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station: 97-120.

Arno, S.F.; Petersen, T.D. 1983. Variation in estimates of fire intervals: A closer look at fire history on the Bitterroot National Forest. Research Paper INT-301. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. 8 pp.

Arno, S.F.; Scott, J.H.; Hartwell, M.G. 1995. Age-class structure of old growth ponderosa pine/Douglas-fir stands and its relationship to fire history. Research paper INT-RP-481. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station. 25 pp.

Baker, W.L. 1993. Spatially heterogeneous multi-scale response of landscapes to fire suppression. Oikos 66, 66-71.

Brown, J.K.; Arno, S.F.; Barrett S.W.; Menakis, J.P. 1994. Comparing the prescribed natural fire program with presettlement fires in the Selway-Bitterroot Wilderness. International Journal of Wildland Fire 4, 157-168.

Chew, J.D. 1995. Development of a system for simulating vegetative patterns and processes at landscape scales. Ph.D. dissertation. University of Montana, Missoula, MT. 182 pp.

Chew, J.D.; Moeller, K.; Stalling C.; Bella; E.M.; Ahl, R.S. 2002. User's Guide for SIMPPLLE, version 2.2. Proposed Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-xxx. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 222 pp.

ESRI Inc. 2001. ArcGIS, version 8.2. Environmental Systems Research Institute, Inc. Redlands, CA. USA.

Hartwell, M.G. 1997. Comparing historic and present conifer species compositions and structures on forested landscapes of the Bitterroot Front.

Jones, J. G.; Chew, J. D; Zuuring, H R. 1999. Applying simulation and optimization to plan fuel treatments at landscape scales. In: Gonzalez-Caban, Armando; Omi, Philip N., tech. coords. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-173. Proceedings of the Symposium on Fire Economics Planning, and Policy: Bottom Lines; 1999 April 5-9; San Diego, CA. Albany, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station: 229-336.

Jones, J.L.; Barrett S.W.; Berglund, D. 2002. Modeling historical and current fire regimes for major vegetation types in northern Idaho and western Montana: A first approximation. Office report on file, Planning Division, USDA Forest Service, Flathead National Forest, Kalispell, MT. 27 pp.

Keifer, M.; Caprio, A.C.; Lineback, P.; Folger, K. 2000. Incorporating a GIS model of ecological need into fire management planning. Pages 122-129 in Neuenschwander, L.G. and Ryan, K.C., technical eds. Proceedings of the Joint Fire Science Conference and Workshop, Volume 1, June 15-17 1999, Boise, ID.

Landres, P.B.; Morgan, P.; Swanson, F.J. 1999. Overview of the use of natural variability concepts in managing ecological systems. Ecological Applications 9(4), 1179-1188.

Long, D.G. 1998. Mapping historical fire regimes in northern Rocky Mountain landscapes. Thesis. University of Idaho, Moscow, Idaho. 63 pp.

Miller, C.; Landres, P.B.; Alaback, P.B. 2000. Evaluating risks and benefits of wildland fire at landscape scales. Pages 78-87 in Neuenschwander, L.G. and Ryan, K.C., technical eds. Proceedings of the Joint Fire Science Conference and Workshop, Volume 1, June 15-17 1999, Boise, ID.

Sampson, N.; Atkinson, D.; Lewis, J. eds. 2000. Mapping wildfire hazards and risks. The Haworth Press, Inc.

Schmidt, K.M.; Menakis, J.P.; Hardy, C.C.; Hann, W.J.; Bunnell, D.L. 2002. Development of coarse-scale spatial data for wildland fire and fuel management. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-87. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 41pp. + CD.

U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Region Cohesive Strategy Team. 2003. Fire management plan. http://www.fs.fed.us/r1/cohesive_strategy/contactfr.htm. Flathead National Forest, 1935 3rd Ave. East. Kalispell, MT 59901.

U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory (2002, September). Fire Effects Information System, [Online]. Available: http://www.fs.fed.us/database/feis/ [Accessed September 2002].

U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 2003. Software and land management planning. http://www.fs.fed.us/rm/econ/magis/ accessed February 25, 2004.

U.S. Department of the Interior and U.S. Department of Agriculture. 2001. Review and update of the 1995 federal wildland fire management policy. Bureau of Land Management, Boise, ID.

WSAL. 2000. FireRisk: A fuels, fire, fire regime database. Version 1.0. Prepared for the USDA Forest Service, Northern Region by Wildlife Spatial Analysis Lab, Montana Cooperative Wildlife Research Unit, The University of Montana, Missoula, MT 59812.

Esta página se deja en blanco intencionadamente.

Impacto Social de los Grandes Incendios[1]

José Mª Rábade,[2] Carmen Aragoneses[1]

Resumen

La creciente alarma de la sociedad ante el problema que originan los grandes incendios, se puede constatar al pasar revista al pasado y presente de su repercusión entre la población. Numerosas reseñas recogidas en los medios de comunicación, con enfoques diversos, nos aproximan al extraordinario impacto social y ambiental de los incendios forestales.

Situaciones de emergencia que derivan en evacuaciones, personas heridas y, en el peor de los casos, pérdidas de vidas humanas, cobran protagonismo en los medios de comunicación, que recogen, además, los daños ambientales y las cifras del operativo desplegado en la extinción: agentes, bomberos, voluntarios, ejército, medios aéreos y terrestres, etc...

Carreteras y líneas férreas cortadas, interrupción de servicios eléctricos, telefonía fija y móvil, destrucción de hogares, de industrias y del modo de vida de muchas comunidades, se convierten cada año en noticia del balance de la catástrofe que suponen los incendios, y dan contenido a numerosos artículos, editoriales y comunicados de prensa.

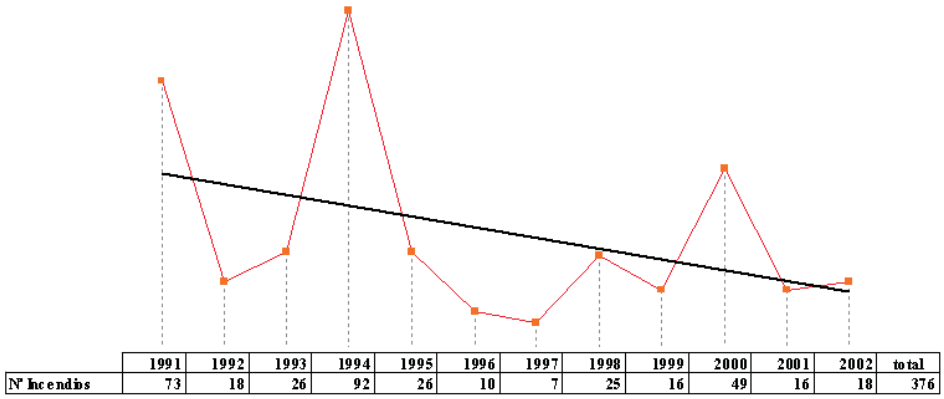
La consulta a las hemerotecas arroja escalofriantes cifras, que ofrecemos al objeto de poner de manifiesto la magnitud de un problema insostenible al que los gestores y responsables políticos se han acomodado.

Las cifras

Los montes españoles se extienden sobre más de 26 millones de hectáreas, 52 por ciento de la superficie del país, de las cuales alrededor de 14 millones de hectáreas están ocupadas por ecosistemas forestales arbolados, más o menos densos, lo que convierte a España en el segundo país en superficie forestal de la UE y en el cuarto en superficie de bosque.

[1] Una versión abreviada de esta ponencia se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía de los programs de protección contra incendios forestales: una visión global, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

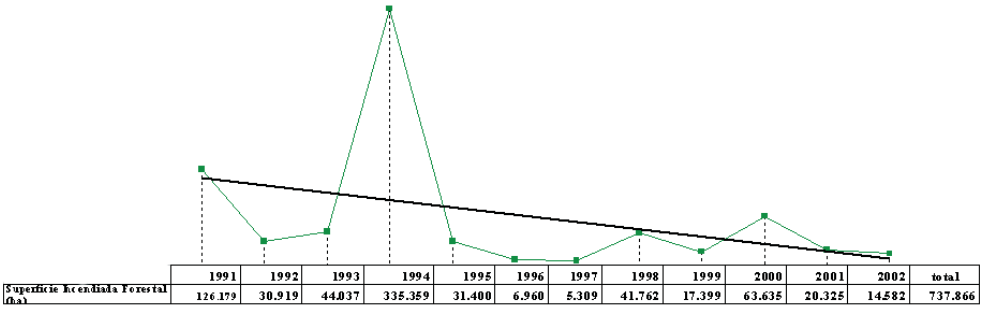
[2] Tecnologías y Servicios Agrarios, S.A. (TRAGSATEC). Julián Camarillo, 6. Madrid. CP 28037.



	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	total
Nº Incendios	73	18	26	92	26	10	7	25	16	49	16	18	376

Figura 1—Número de grandes incendios. 1991-2002. Fuente: B.D. EGIF.MIMAM

A lo largo de los últimos doce años (1991-2002) más de 232.000 incendios recorrieron 1.800.000 hectáreas de bosques, matorrales y herbazales, el siete por ciento de la superficie forestal. De los cuales, 376 fuegos superaron las 500 hectáreas (grandes incendios) y se extendieron a lo largo de 738.000 hectáreas, el 41 por ciento de la superficie incendiada. Especialmente adversos han sido los años 1991, 1994 y 2000 con 73, 92 y 49 grandes incendios que arrasaron 550.000 hectáreas (fig. 1) (fig. 2).



	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	total
Superficie Incendiada Forestal (ha)	126.179	30.919	44.037	335.359	31.400	6.960	5.309	41.762	17.399	63.635	20.325	14.582	737.866

Figura 2—Superficie recorrida por los grandes incendios (ha). 1991-2002. Fuente: B.D. EGIF. MIMAM.

Para hacer frente a este abrumador número de incendios –20.000 por año– el estado español ha tenido que movilizar más de 3.200.000 combatientes entre personal profesional de extinción, voluntarios y fuerzas armadas, lo que supone una media próxima a los 270.000 combatientes año, lo que equivale a 14 personas por incendio. Todo ello asistido por 318.000 unidades de maquinaria de apoyo terrestre –autobombas, tractores pesados y ligeros y otros– lo que significa 27.000 unidades por año, y 1,4 unidades por incendio, a lo que hay que unir 71.300 unidades aéreas –aviones, helicópteros y aviones de coordinación–, una media de 6.000 unidades por año ó 0,31 unidades por incendio.

El impacto

El impacto social que originan los incendios, especialmente los grandes incendios, es perfectamente constatable a través de las numerosas reseñas recogidas en los medios de comunicación.

Un ensayo efectuado a través del buscador Google usando la palabra clave incendios forestales en español, inglés y francés extrajo alrededor de 236.500 referencias para el periodo 1991-2003 con la evolución que se muestra en las *figuras 3* y *4*, donde puede observarse que su número se ha triplicado entre el inicio y el final del periodo.

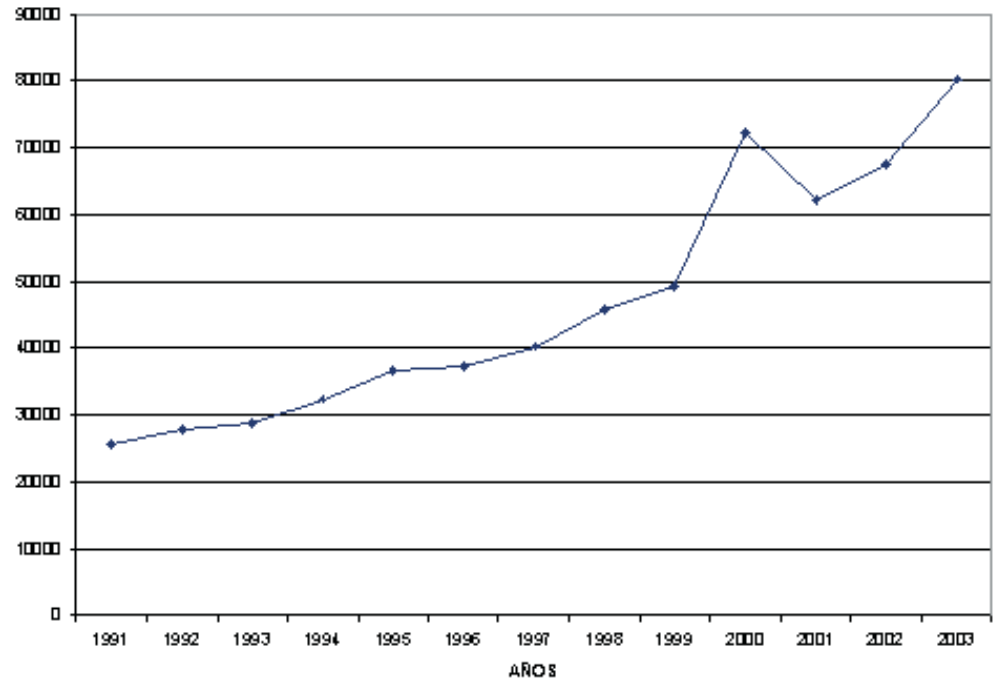


Figura 3—Número de referencias sobre incendios forestales extraídas del buscador Google en el periodo 1991-2003. Fuente: Elaboración propia. TRAGSATEC.

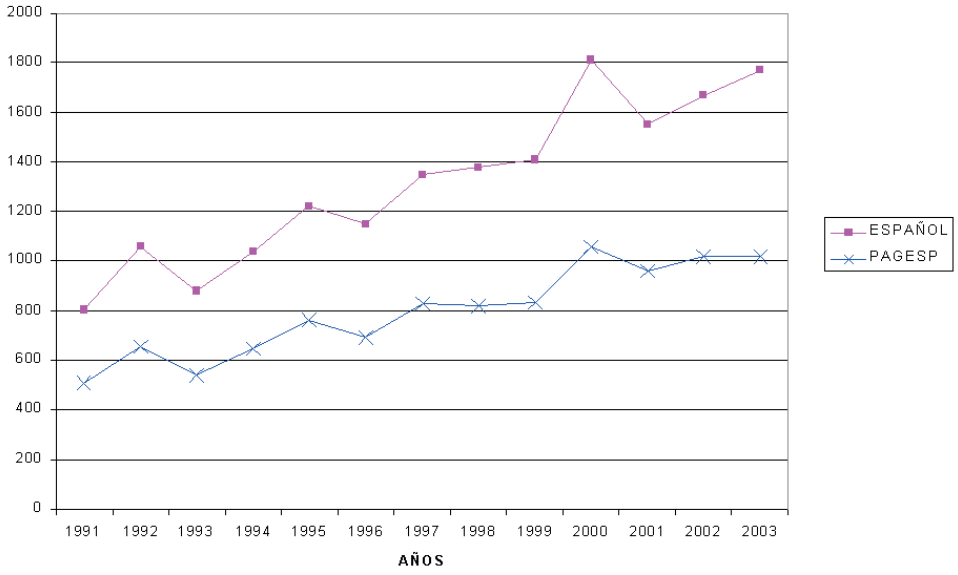


Figura 4—Número de referencias extraídas del buscador Google sobre incendios forestales en español y en páginas españolas. Periodo 1991-2003. Fuente: Elaboración propia. TRAGSATEC.

Cuando el análisis lo circunscribimos al ámbito español, a la prensa de difusión nacional (prensa_incendios.mdb, TRAGSATEC) y al mismo periodo 1991-2003, encontramos 226 artículos que cubren las noticias referentes a 102 incendios, de los cuales 82 superan las 500 hectáreas. La *figura 5* muestra su distribución a lo largo del citado periodo, siendo especialmente significativos el número de artículos correspondientes a los años 1994 y 2003 que informan sobre 57 incendios, 43 de ellos grandes incendios.

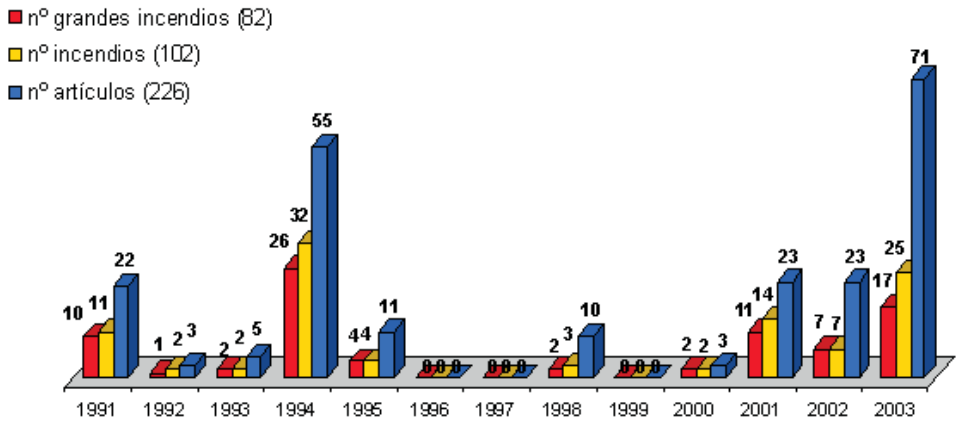


Figura 5—Número de incendios, grandes incendios y artículos recogidos en prensa. 1991-2003. Fuente: Base datos prensa_incendios.mdb. TRAGSATEC

Los daños

A lo largo del periodo de análisis (1991-2003) los incendios forestales han producido graves daños a las personas, a sus propiedades y al medio ambiente. Tal como se aprecia en la *figura 6*, han perdido la vida 59 personas, de las cuales 30 eran profesionales de la extinción. El año 1994 ha sido especialmente calamitoso con 41 víctimas mortales, 20 de las cuales perecieron en un solo incendio (Millares, 25.930 hectáreas) y 15 en tres incendios (Montemayor, St. Mateu de Bages y Alicante, 45.000 hectáreas), seguido del año 2003 con siete víctimas mortales. Resultaron heridas 118 personas, 64 en los incendios de 1994 y 27 en los del pasado año 2003 y fue necesario evacuar a 41.752 ciudadanos, de los cuales 10.372 en los siniestros de 1994 y 23.042 en los grandes incendios del 2003. Se han visto parcial o totalmente destruidas 169 viviendas, 92 de ellas en los años 2000 y 2003. En 17 ocasiones se han colapsado largo tiempo servicios de agua, luz y teléfono y en 32 ocasiones se han visto interrumpidas rutas de ámbito nacional.

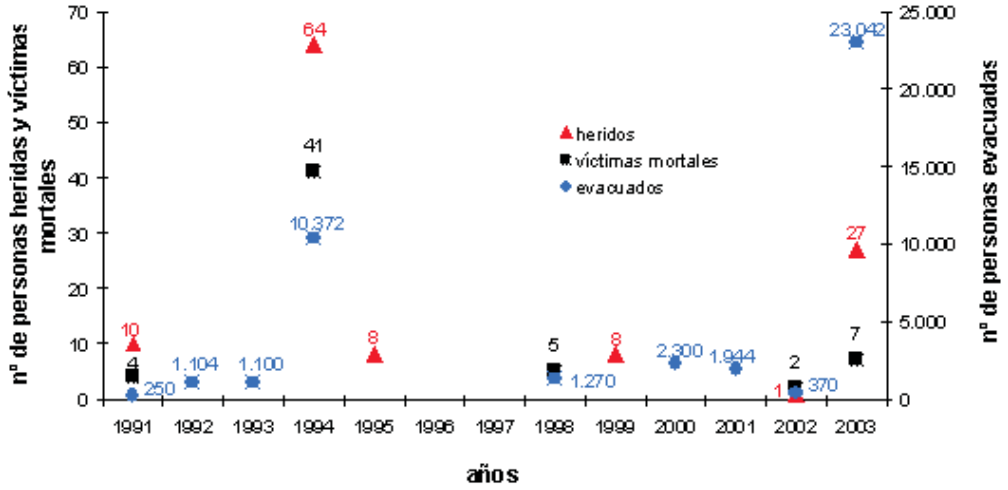


Figura 6—Número de víctimas mortales, heridos y evacuados. 1991-2003
Fuente: Base datos prensa_incendios.mdb. TRAGSATEC

Los daños ambientales representan una faceta más del impacto de los grandes incendios, destruyendo hábitats de especies, algunas amenazadas, facilitando la presencia de enfermedades y plagas, esterilizando y erosionando los suelos, modificando la calidad y el régimen de caudales de las aguas, haciendo insostenibles, en fin, valiosos espacios forestales.

Un claro ejemplo de daño ambiental sobre el suelo y el régimen hídrico lo encontramos en la sierra granadina de Lújar. Los días 19, 20 y 21 de agosto de 2000, un incendio recorrió una extensión de 1.207 hectáreas de ecosistemas forestales que vierten directamente al embalse de Rules, en el río Guadalfeo. Las *tablas 1, 2* y *3* muestran los grandes cambios experimentados en los caudales punta -retorno 50 años-, pérdidas medias de suelo y emisión media de sedimentos generado por la desaparición de parte de la cubierta de la cuenca vertiente.

Tabla 1—*Variación del régimen de caudales punta de recurrencia 50 años antes y después del incendio. Fuente: Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.*

Cuenca	Superficie de la cuenca (ha)	Superficie incendiada (ha)	Caudales antes del incendio (m3/s) QAI50	Caudales después del incendio (m3/s) QDI50	Incremento de los caudales (pct) QDI50/QAI50
Bco. de las Piedras	395,81	11,02	8,31	10,23	23pct
Bco. del Algarrobo	559,65	375,80	15,84	65,73	315pct
Bco. de los Hornos	987,31	306,08	43,26	82,20	90pct
Bco. de Miranda	710,21	330,30	23,64	64,47	173pct
Bco. Cortijo del Romero	110,46	14,49	1,17	1,48	26pct
Bco. del Olivo	190,89	119,05	4,85	36,80	659pct
Bco. del Muerto	121,19	18,86	2,64	4,70	78pct
V. directas al Guadalfeo		31,40			
TOTAL		1.207,00	INCREMENTO MEDIO		195pct

En términos generales, los caudales punta para un periodo de retorno de 50 años se ha duplicado y las pérdidas medias de suelo se han triplicado.

Tabla 2—*Variación pérdidas medias de suelo antes y después incendio. Fuente: Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.*

Cuenca	antes del incendio (t/ha/año)	después del incendio (t/ha/año)	pct
Bco. de las Piedras	29,11	33,61	15
Bco. del Algarrobo	15,72	120,78	668
Bco. de los Hornos	9,67	68,47	608
Bco. de Miranda	13,40	98,13	623
Bco. Cortijo los Romeros	19,24	47,69	148
Bco. del Olivo	111,11	206,28	86
Bco. del Muerto	15,55	55,93	260
TOTAL	21,01	87,67	317

Desde la perspectiva del impacto sobre la emisión media anual de sedimentos, cuyo destino sería el vaso del embalse de Rules, en el río Guadalfeo, las cifras muestran que la cantidad de toneladas año se multiplica por 18.

Tabla 3—*Variación emisión media anual de sedimentos antes y después incendio. Fuente: Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.*

Cuenca	Superficie (ha)	Emisión antes del incendio (t/año)	Emisión después del incendio (t/año)	pct
Bco. de las Piedras	395,81	1.966,98	2.887,50	47
Bco. del Algarrobo	559,65	1.329,50	67.595,33	4.984
Bco. de los Hornos	987,31	2.389,70	42.581,66	1.682
Bco. de Miranda	710,21	1.668,20	48.761,81	2.823
Bco. Cortijo los Romeros	110,46	188,69	578,08	206
Bco. del Olivo	190,89	2.998,40	39.377,08	1.213
Bco. del Muerto	121,19	239,94	1.306,34	444
TOTAL		10.781,41	203.087,80	1.784

No menos significativo es el impacto sobre la biomasa maderable de nuestros ecosistemas arbolados. En el periodo 1991-2002, alrededor de 671.000 hectáreas de bosque han sido recorridas por el fuego, afectando a 221.000.000 de pies mayores (∅ > 75mm) y a un volumen con corteza de 27.000.000 de m3 que crecía a un ritmo de 1.500.000 m3 año. Especialmente dañinos han sido los incendios de Pedro Bernardo (Avila, 2000) que arrasó 4.000 hectáreas de bosque con 1.322.000 pies mayores y 192.000 m3 de madera, y el de Valencia de Alcántara (Cáceres, 2003) que recorrió 19.300 hectáreas, de las cuales 9.000 eran bosques de alcornoque, castaño, rebollo, encina y pinar, afectando a un volumen con corteza de 167.500 m3 que incorporaba 7.200 m3 de madera al año.

Los combustibles

La situación actual de nuestros montes, analizada desde la perspectiva de su reacción al fuego y resistencia al incendio, nos lleva a afirmar que el impacto negativo sobre personas, propiedades y medio ambiente no decrecerá, salvo, claro está, que se inicien medidas preventivas enérgicas. Y ello se deduce de la simple observación de los datos que ofrecemos a continuación.

Si hacemos una inmersión de la mano del Inventario Forestal Nacional de España (IFN) a lo largo de sus tres ciclos decenales (IFN1, IFN2 e IFN3) (1964-2004), podremos apreciar la galopante densificación que están experimentando nuestros bosques en número de árboles, vegetación del sotobosque y residuos vegetales muertos en contacto con el suelo.

Comparando el número de pies mayores (∅ > 75mm) por hectárea en la década de los 60 (1er inventario forestal nacional, IFN1) con los existentes en la década de los 80 (2º inventario forestal nacional, IFN2) y de los 90 (3er inventario forestal nacional, IFN3) apreciamos una fuerte a muy fuerte tendencia al alza de los indicadores dasométricos. Por cifrar algunos casos relevantes, los bosques de Cáceres albergaban en el IFN1 52 pies por hectárea y en el IFN3 albergan 148 pies por hectárea, tres veces más. En Cantabria los ecosistemas de *Pinus pinaster* y *Pinus radiata* se elevan de 692 pies hectárea (IFN2) a 918 pies por hectárea (IFN3). Los eucaliptares de Pontevedra de 446 pies hectárea (IFN2) a 663 pies hectárea (IFN3). Los pinares asturianos duplicaron su densidad, pasando de 411 pies hectárea (IFN2) a

825 pies hectárea (IFN3). Los pinares de *P.halepensis* de Murcia, duplican sus existencias, de 180 pies hectárea (IFN2) a 321 pies hectárea (IFN3).

Si trasladamos nuestra atención sobre la vegetación bajo cubierta –sotobosque- y tomamos por muestra las formaciones de *Pinus halepensis* del sur de la Comunidad de Madrid podemos ver que la fracción de cabida cubierta de las especies *Quercus coccifera, Rosmarinus officinalis, Rhammus lyciodes, Helichrysum stoechas* y *Thymus spp*. que al principio de los 90 (IFN2) cubrían el 14 por ciento del suelo, ocupan hoy el 59 por ciento. Similar situación se presenta bajo la cubierta de los ecosistemas de *Pinus sylvestris* en Barcelona, constituida por *Calluna vulgaris*, *Ligustrum vulgare*, *Quercus coccifera*, *Rosmarinus officinalis*, *Phillyrea sp* y *Thymus spp*. que a mediados de los 90 (IFN2) se extendían sobre el 16 por ciento del suelo forestal, hoy cubren el 62 por ciento del área de pinar.

Un indicador relacionado con la capacidad de ignición podría ser el espesor del manto vegetal muerto que recubre el suelo del bosque. Los espesores mayores de 4,5 centímetros que ocupaban, en Barcelona, en el IFN2, el 12 por ciento de la superficie de bosque han saltado al 22 por ciento en el IFN3.

En Cáceres, la progresión es similar, los espesores que en el IFN2 alcanzaban el tres por ciento se han duplicado en 10 años (IFN3). Más extrema es la situación en Ourense donde los porcentajes de mantillo de más de 4,5 cm de espesor suponían en el IFN2 el 45 por ciento, en el IFN3 se proyectan al 98 por ciento.

La elevada densificación que sufren nuestros bosques pueden explicarse, igualmente, desde la perspectiva de la intensidad de los tratamientos selvícolas aplicados sobre nuestros ecosistemas arbolados. Los muestreos que sobre una red nacional de 90.000 parcelas efectúa el IFN revelan que, a nivel nacional, la selvicultura actuaba, en la década de los 80, sobre una de cada cuatro hectáreas de bosque (25 por ciento). El IFN3, que se inició en la segunda mitad de los 90, revela que tales prácticas se realizan actualmente sobre una de cada seis hectáreas (15 por ciento). Especialmente llamativo es el caso de Galicia donde las prácticas selvícolas se han reducido un 60 por ciento entre inventarios (IFN2/IFN3), siendo especialmente alarmantes los casos de Ourense y La Coruña donde la selvicultura se aplica sobre una de cada diez hectáreas (10 por ciento) (*tabla 4*).

Tabla 4—*Intensidad de los tratamientos selvícolas sobre los bosques de 15 provincias tipo. Fuente: Inventario Forestal Nacional de España.DGCN. MIMAM*

	pct de superficie forestal arbolada sometida a tratamientos del vuelo				
	IFN2		IFN3		(IFN3-IFN2)*100/IFN2
Provincia	Tratamientos del vuelo	No se observan	Tratamientos del vuelo	No se observan	Tratamientos del vuelo
Ávila	28,0	72,0	23,4	76,6	-16,6
Badajoz	30,9	69,1	27,2	72,8	-11,8
Illes Balears	13,6	86,4	13,2	86,8	-2,9
Cáceres	18.3	81.7	16.5	83.5	-9.7

Asturias	10,5	89,5	7,2	92,8	-31,8
Pontevedra	45,1	54,9	18,7	81,3	-58,4
Salamanca	47,9	52,1	34,5	65,5	-28,0
Sta.Cruz de Tenerife	9,1	91,0	4,5	95,5	-50,7
Cantabria	14,3	85,7	7,2	92,8	-49,5
Tarragona	6,2	93,8	3,6	96,4	-42,1
Media ponderada	25,6	74,4	17,1	82,9	-31,4

La acumulación de combustibles en nuestros montes es verdaderamente alarmante. Otra manera de visualizarla es a través del Mapa de Modelos de Combustible de España, cartografiado a escala 1:50.000, cuyo panorama general se muestra en la *figura* 7.

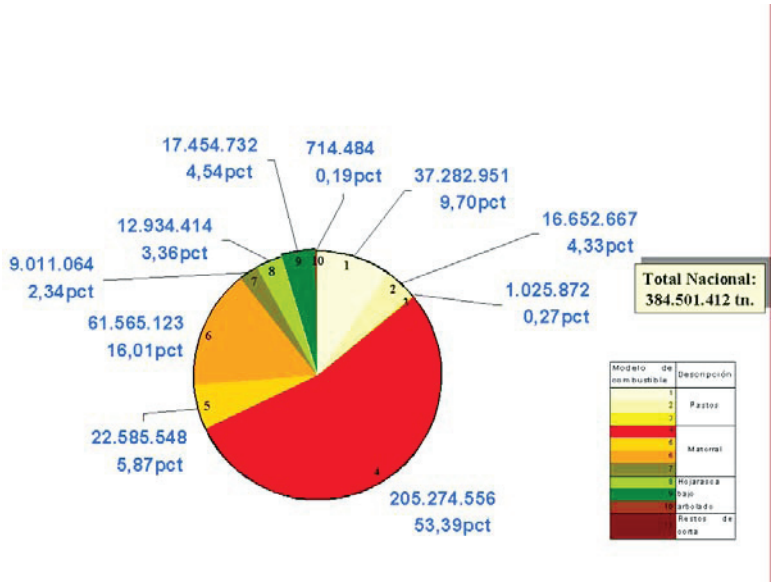


Figura 7—Distribución nacional de los modelos de combustibles, en toneladas. Fuente: Mapa de modelos de combustibles de España 1:50.000. DGCN.MIMAM

La cantidad total de combustible forestal -materia seca-, a nivel nacional, supera los 384 millones de toneladas, correspondiendo a los modelos de matorral el 77 por ciento del total, a los de pastizal el 14 por ciento y a hojarascas y restos de cortas bajo arbolado el nueve por ciento restante.

Su distribución territorial, *figura 8*, sitúa en cabeza a cinco provincias, Cáceres, Badajoz, Cuenca, Ciudad Real y León, por su amplia extensión de montes, que albergan en sus ecosistemas forestales más de 12,5 millones de toneladas, seguidas de un grupo de 10 provincias con más de 9,5 millones de toneladas de combustibles cada una.

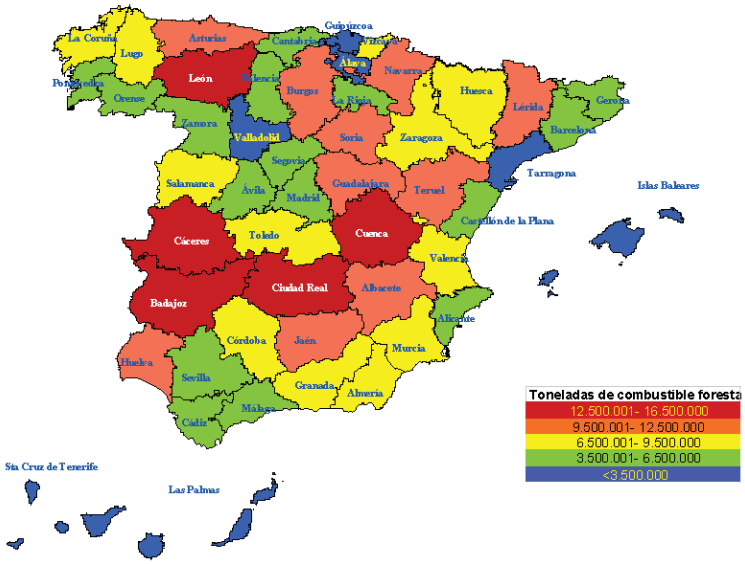


Figura 8—Distribución territorial combustible forestal, en toneladas. Fuente: Elaboración propia. Tragsatec

En términos de superficies son especialmente significativos las grandes extensiones que representan el grupo de matorrales, constituido, básicamente, por los matorrales muy densos, de más de dos metros de altura y una carga de combustible media -materia seca- en torno a las 30 tn por hectárea y los matorrales de menos de dos m. de altura, con especies inflamables ó muy inflamables y cargas de combustible en torno a las 12 tn por hectárea, que suponen un total de 16 millones de hectáreas, o lo que es lo mismo, una de cada tres hectáreas de la superficie geográfica nacional. (*fig 9* y *10*).

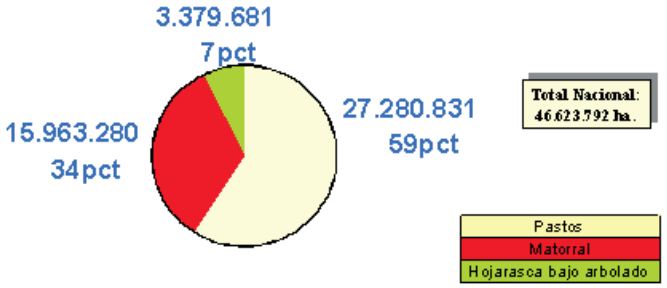


Figura 9—Distribución nacional de grupos de modelos de combustible, en hectáreas. Fuente: Mapa de modelos de combustibles de España 1:50.000. DGCN. MIMAM

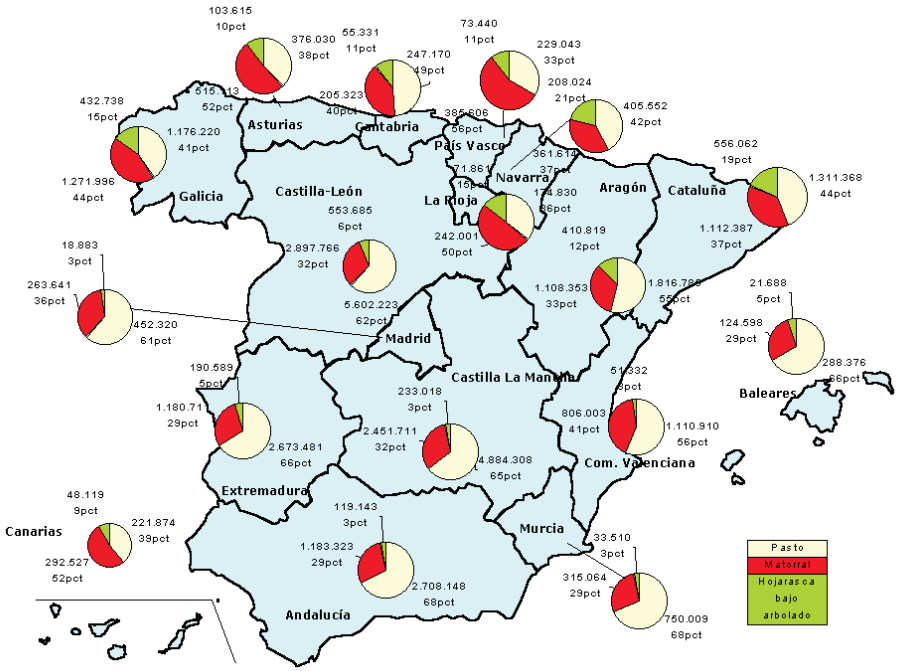


Figura 10—Distribución por CCAA de los grupos de modelos de combustibles, en hectáreas. Fuente: Mapa de modelos de combustibles de España 1:50.000. DGCN. MIMAM

Las soluciones

¿Cómo podríamos hacer frente a un problema de tal magnitud? La protección contra incendios forestales se aborda, básicamente, en base a dos tipos de acciones, la extinción y la prevención. La extinción, en España, ha alcanzado notables cotas de profesionalidad y eficiencia y se aprecia a través de la significativa reducción de la superficie media incendiada, y ello a pesar del fuerte handicap que supone, como vemos, la grave acumulación de combustibles, muy inflamables algunos, y su preocupante efecto sobre la seguridad de las unidades terrestres de combate. Los extraordinarios recursos requeridos para alcanzar este nivel de eficiencia ya han sido descritos. Es pues, la extinción, una asignatura aprobada y con nota.

La gran asignatura pendiente es, sin duda, la prevención. La esperada movilización de acciones no acaba de llegar de manera sostenida y firme, abordándose sólo los aspectos relacionados con la detección. En España, sus Comunidades Autónomas, no disponen de una Estrategia para la Gestión del Fuego.

Hacer frente al costo de actuar sobre 310 millones de toneladas de combustible, altamente inflamable en parte, que ocupan más de 16 millones de hectáreas del país, enfría los ánimos más decididos. No hacerlo, por otro lado, hará que la gestión forestal nacional no pueda obtener jamás la certificación de sostenible, a la que solo unos pocos espacios forestales del país podrían optar. Sin embargo, sólo la aplicación de los principios de la gestión sostenible pueden encontrar una salida a este gran problema estructural de nuestros montes.

La materialización de los compromisos que recoge la recién estrenada Ley Nacional de Montes podrían ser el inicio de una esperanza, recordemos algunos de ellos:

-Gestión sostenible de montes.

-Los propietarios son responsables de su gestión técnica y material.

-Planificación forestal en el marco de la ordenación del territorio.

-Fomento de las producciones forestales y sus sectores socioeconómicos asociados.

-Creación de empleo y desarrollo del medio rural.

Unido ello a la exigencia del cumplimiento de las obligaciones que la Directriz Básica de Protección Civil sobre Incendios Forestales impone a propietarios e instituciones -planes locales y de autoprotección-, debería suponer en los próximos años, un fuerte cambio de tendencia en el impacto social, económico y ambiental de los incendios.

Referencias bibliográficas

Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. España. **Plan de actuaciones urgentes en la zona afectada por el incendio forestal ocurrido los días 19 al 22 de agosto en la Sierra de Lújar. Provincia de Granada, 2000.**

Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Medio Ambiente. España. **Inventario Forestal Nacional (IFN).**

Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Medio Ambiente. España. **Mapa de combustibles de España, 1:50.000 (MFE-50).**

Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Medio Ambiente. España. **Estadística General de Incendios Forestales.**

Tecnologías y Servicios Agrarios, S.A. **Base de datos prensa_incendios.mdb.**

Tecnologías y Servicios Agrarios, S.A. **Plan de protección contra incendios de los ecosistemas forestales en la isla de La Palma, 1999.**

Tecnologías y Servicios Agrarios, S.A. **Plan de protección contra incendios de los ecosistemas forestales de la C.A. de las Islas Baleares, 2000.**

Ministerio del Interior. **Directriz Básica de Planificación de Protección Civil de Emergencia por incendios forestales, 1993.**

Esta página se deja en blanco intencionadamente.

Mecanismos de Internalización de los Beneficios Ambientales del Monte: Aplicación a la Protección contra Incendios Forestales[1]

Ignacio Elorrieta,[2] Concepción Rey[3]

Resumen

Los montes proveen una serie de beneficios ambientales para la sociedad que, debido a una deficiente gestión o a una carencia de incentivos para preservarlos, pueden acabar perdiéndose; entre ellos se encuentran: la protección del suelo y del ciclo hidrológico, la fijación del carbono atmosférico, la diversidad biológica, el paisaje, el recreo, etc. Estos beneficios son raramente valorados, hasta que los efectos nocivos se hacen palpables en forma de daños producidos. Los incendios forestales representan la materialización directa de dichos efectos. La actuación en el ámbito de la prevención permite evitar que se pierdan los beneficios ambientales. Los mecanismos de regulación han demostrado ser insuficientes para dirigir las actuaciones de los particulares hacia comportamientos que eviten los incendios forestales, debido a su difícil implantación y altos costes de vigilancia y control, muchas veces excesivos, para garantizar su cumplimiento. Los instrumentos económicos —subvenciones, tributos, creación de mercados—, así como acuerdos voluntarios, complementan a las normas en el sentido de la prevención. El estudio muestra cuáles son los mecanismos de actuación adecuados en la protección contra incendios, así como sus consecuencias, de forma que proporcionen incentivos suficientes para que la sociedad tenga en cuenta, a la hora de tomar sus decisiones, los beneficios ambientales que los montes generan.

Introducción

Los montes producen múltiples bienes y servicios que son demandados por una sociedad que cada vez valora más su utilidad. Más de la mitad de la superficie total de España está ocupada por monte del que, al menos, las dos terceras partes pertenecen a propietarios particulares o manos privadas. La Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes reconoce la función social que desempeñan los mismos, tanto por ser fuente de recursos naturales como por ser proveedores de múltiples servicios ambientales.

---

[1] Una versión abreviada de esta ponencia se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía de los programs de protección contra incendios forestales: una visión global, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] Dr. Biólogo. Director del Servicio de Integración Ambiental. Dirección General de Medio Ambiente. Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Vivienda. Gobierno de Navarra. Avenida del ejército, 2. 31002, Navarra, España.

[3] Economista Ambiental. Área de Desarrollo Rural, Subdirección de Planificación Ambiental. Tecnologías y Servicios Agrarios, S. A. c/ Conde de Peñalver, 84. 28006, Madrid, España.

El reconocimiento de los beneficios de los montes y las externalidades que producen, de las que el conjunto de la sociedad se aprovecha, obliga a la Administración Pública a velar en todos los casos por la prevención, conservación, protección, restauración, mejora y aprovechamiento. Estudios empíricos (Gobierno de Navarra 2001, Azqueta Oyarzun 2002) y teóricos (Elorrieta y otros 1998, Plana y Piqué 2003) manifiestan la necesidad de considerar los beneficios del monte en las decisiones privadas y políticas públicas, lo que ya sucede en algunas ocasiones.

Los incendios forestales son un regulador histórico de nuestros ecosistemas. Sin embargo, la frecuencia e intensidad actual de los incendios, consecuencia de unas condiciones socioeconómicas particulares del territorio y clima peninsular, provoca una presión difícilmente tolerable por el entorno. Cualquier política forestal, desde la planificación hasta la ordenación, la gestión o la explotación, debe tener en cuenta el factor incendio como una amenaza a la sostenibilidad. Período anualizado

Con objeto de minimizar o mitigar los efectos negativos que los incendios forestales pueden producir sobre las externalidades positivas de los montes, se promueve la intervención pública a través de una serie de mecanismos que internalizan los beneficios ambientales del bosque. El objetivo de este estudio es mostrar cuáles son los mecanismos de actuación adecuados en la protección contra incendios, así como sus consecuencias, de forma que proporcionen incentivos suficientes para que la sociedad tenga en cuenta, a la hora de tomar sus decisiones, los beneficios ambientales que los montes generan.

Beneficios Ambientales del Monte

En el enfoque clásico de la economía lineal, los recursos naturales han sido valorados como materia prima que, a través de los correspondientes procesos de cambio, se convierte en productos que satisfacen las necesidades de las personas —aspectos productivos—. Desde esta perspectiva, lo que no tiene precio no tiene valor, la protección de la Naturaleza no tiene sentido salvo que se demuestren las ventajas económicas de su protección.

En la segunda mitad del siglo XX, los modelos de economía lineal dieron paso a modelos de economía circular y, así, hoy se sabe que la sociedad también satisface sus necesidades contemplando un paisaje o disfrutando de la Naturaleza en un monte —aspectos recreativos—. Y aún más, se ha reconocido que los ecosistemas son capaces también de ofrecer gratuitamente servicios muy importantes —aspectos ambientales— como puede ser la fijación de carbono por los vegetales para prevenir el efecto invernadero, la protección del suelo que genera una buena cubierta vegetal, el impacto positivo sobre la calidad del agua en los embalses, la polinización por parte de los insectos, etc. Estos nuevos modelos van a permitir poner un valor en términos monetarios a bienes que hasta ahora no estaban integrados en los mecanismos de mercado, por carecer de precio.

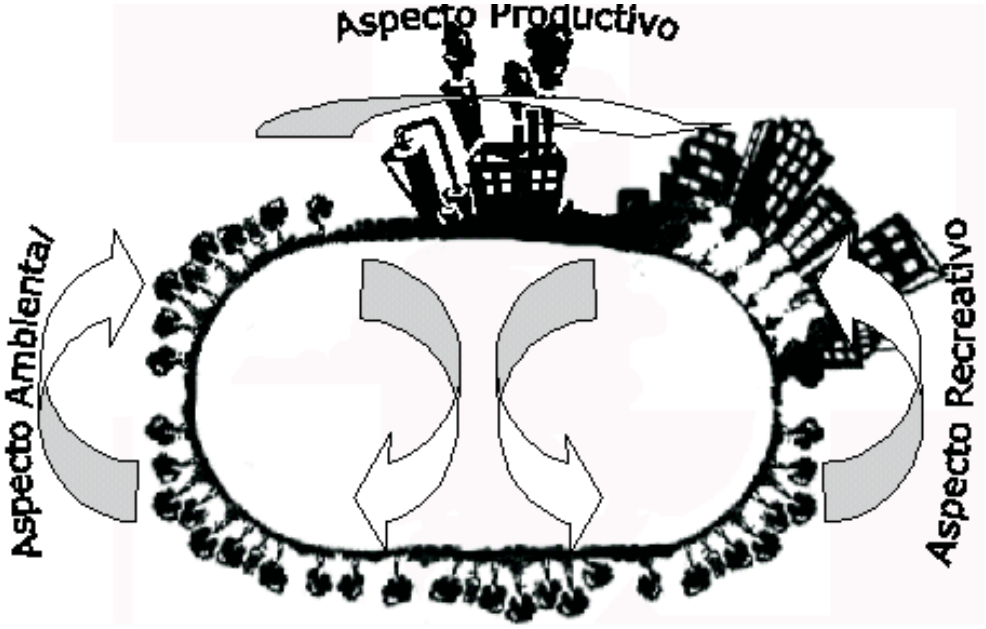


Figura 1—*Proceso circular de la economía*

Dentro del concepto de economía circular, el "Medio Ambiente" se entiende como un capital que ofrece unos rendimientos en forma de bienes y servicios de distinta naturaleza —tanto públicos como privados— (*fig. 1*). Éstos producen tres tipos de funciones económicas que contribuyen a satisfacer las necesidades humanas:

- Provisión de bienes productivos
- Provisión de bienes y servicios recreativos
- Provisión de funciones suministradas por los ecosistemas y necesarias para la vida, y de servicios ambientales

Las personas no siempre les otorgan la importancia que tienen, sino que más bien parece que se tiene conciencia de su valor cuando la degradación de alguno de estos elementos hace "rascarse el bolsillo" para pagar el servicio que antes la naturaleza regalaba —piénsese por ejemplo, en el sobrecoste de potabilizar agua cuya calidad en origen está deteriorada por no haberse podido producir los mecanismos adecuados de filtrado natural que se originan con las precipitaciones en zonas de bosque— (Elorrieta y otros 1998).

Para obtener el valor integral de los montes habría que considerar todos los elementos que los componen, tanto si tienen precio en el mercado como si no, ya que el hecho de no estar presentes en el mercado no significa que carezcan de valor (*tabla 1*). Hay que distinguir un valor de uso privado —ingresos por madera, leñas, frutos, etc—, un valor de uso público —actividades de recreo, disfrute del paisaje, fijación y captura de carbono, etc— y un valor de no-uso —existencia, opción, legado y donación—. Los bienes que no tienen precio en el mercado pueden establecerse sobre la base de que valorar es expresar utilidades y que, en nuestra sociedad, las preferencias positivas se traducen en una disposición a pagar, el dinero es únicamente la unidad de medida.

Tabla 1—*Clasificación de los distintos valores de los montes*

	VALOR INTEGRAL	
	VALOR DE USO	VALOR DE NO USO
BIENES PÚBLICOS	Recreo Paisaje / belleza escénica Captura y fijación de carbono Control de la erosión Prevención de avenidas	Existencia Opción Legado Donación
BIENES PRIVADOS	Madera, leñas y corcho Pastos Caza y pesca Frutos y hongos Plantas aromáticas y medicinales Productos apícolas Viento	...

Se ha realizado un gran progreso en los últimos años para desarrollar métodos de valoración apropiados, de esta forma la valoración económica de los ecosistemas forestales constituye un instrumento fundamental para asegurar que el proceso de toma de decisiones públicas y privadas esté bien informado y orientado y, a la vez, pueda contribuir a la creación de una conciencia social más acorde con la protección del medio ambiente, permitiendo conocer el valor del medio ambiente tanto bien conservado como cuando se halle deteriorado.

Es posible contar con una serie de técnicas para valorar los beneficios y las pérdidas ambientales en los ecosistemas. Se trata de identificar la técnica o metodología adecuada para cada elemento concreto ―valoración contingente para valorar el no-uso, precios hedónicos para el paisaje, coste del viaje para el recreo, etc―, aceptando que ésta es una valoración subjetiva y sensible a la disponibilidad de información.

Hay que considerar además que el conocimiento de las múltiples interrelaciones y vínculos de cada uno de los elementos naturales es aún incompleto. Este tipo de incertidumbre no puede eliminarse, por lo que el valor obtenido en la monetización de un activo ambiental debe entenderse siempre como un valor mínimo.

La valoración económica de la biodiversidad y de los recursos que la componen es una importante herramienta para elaborar medidas de incentivo bien orientadas y calibradas. No constituye un fin en sí misma, pero sí puede ser un punto de partida para la toma de decisiones en el ámbito político. La valoración puede resultar escasa para promover la efectiva conservación del bien o servicio valorado, por lo que debe procederse a elaborar medidas complementarias.

A pesar de los beneficios ambientales y sociales que proporcionan los montes, la realidad demuestra que tanto los propietarios como los usuarios directos de los mismos fijan a corto plazo los intereses particulares que les proporcionan una mayor

rentabilidad, olvidándose por completo de aquellos beneficios a largo plazo y que hacen mantener la sostenibilidad de los recursos.

Incendios Forestales

Los incendios forestales, en gran parte del territorio de la Península Ibérica, son un factor natural que forma parte del entorno. Predominan los bosques de montaña y mediterráneos, con muchas especies altamente adaptadas al fuego (*Pinus pinea, P. halepensis y P. pinaster*). Por ello, la presencia de incendios no significa, necesariamente, situaciones irreversibles para la vegetación; en ocasiones sirven para definir determinadas áreas forestales (Vélez 2000).

Sin embargo, en la actualidad, la mayoría de los incendios forestales son de origen antrópico y no de origen natural, y son consecuencia de unas condiciones socio-económicas particulares (*fig. 2*):

- Uso del fuego en la agricultura, quema de rastrojos, ribazos, eliminación de matorral y de residuos agrícolas
- Uso del fuego en la ganadería para la regeneración de pastos y apertura de espacios para el ganado
- Uso del fuego en actividades cinegéticas, tanto para facilitar la caza como contra el acotamiento de zonas necesarias para realizar dicha actividad
- Abandono de aprovechamientos silvícolas que provocan la acumulación de combustible forestal
- Abandono de tierras debido a migraciones del medio rural al urbano
- Pérdida de rentabilidad en el uso de la tierra, cuyo fin es la modificación del uso del suelo o bien por conflictos derivados de limitaciones en los usos (Espacios Naturales Protegidos)
- Incendios provocados por pirómanos, vandalismos, venganzas...

Los incendios suponen una gran amenaza para la conservación de los montes. Las pérdidas ocasionadas por los mismos producen diversos efectos: en primer lugar, el rendimiento económico que deriva de la explotación económica del monte se ve mermado, dependiendo de la capacidad de regeneración natural para volver a ser explotado; en segundo lugar, se produce un deterioro de los servicios recreativos que proporcionan estos espacios, así como del atractivo de su paisaje; por último, se produce una disminución de las funciones ambientales realizadas por esa masa forestal ―reducción de la capacidad de captura de carbono, incremento de la erosión, empeoramiento de la calidad de vida, etc.― (Bengoechea 2002).

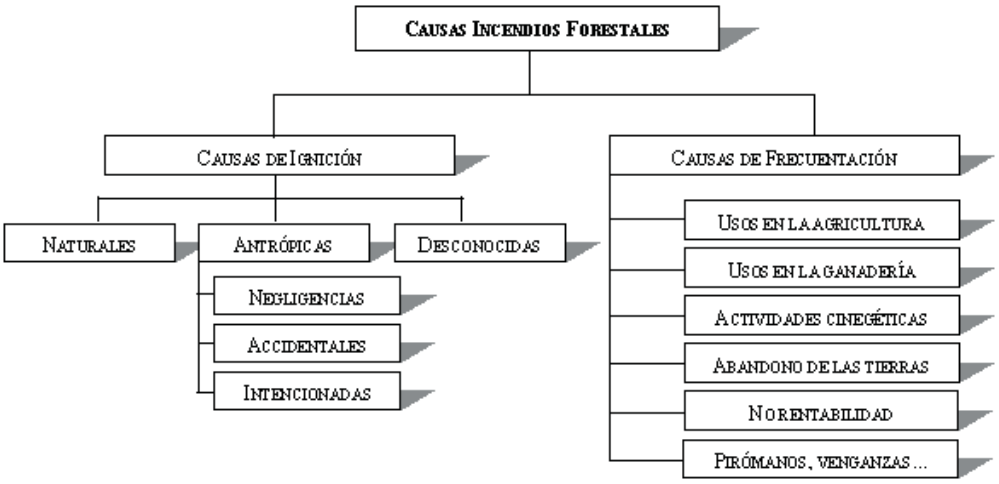


Figura 2—*Casuística de los incendios forestales*

En la actualidad, el número de incendios forestales muestra un incremento significativo y, aunque gran parte de éstos se quedan en superficies menores de una hectárea (conatos), su elevado número obliga a incrementar continuamente las inversiones en extinción. Dado que los objetivos de la prevención son, entre otros, reducir el número de incendios, puede verse cómo aún no se ha alcanzado el nivel ideal de acciones preventivas, lo que lleva a pensar que quizás debería realizarse un cambio en la orientación de la política de prevención.

Mecanismos de prevención de incendios

En España, la lucha contra los incendios forestales es asumida por las administraciones forestales autonómicas, en lo que respecta a la planificación y ejecución de las medidas y acciones necesarias para la prevención. Esta actividad se lleva a cabo conjuntamente con las demás administraciones públicas y en colaboración con los particulares.

La estrategia de la lucha contra incendios forestales se articula en programas de prevención, detección y extinción. Los primeros deben considerarse la parte más importante y fundamental de la lucha contra incendios, ya que persiguen evitar que se produzca el inicio del fuego. Cualquier uso que se haga del monte debe regirse por la necesidad de prevenir la iniciación o propagación de un incendio forestal.

De esta manera, todos los mecanismos de prevención van a ir dirigidos a la consecución de dos objetivos: que el fuego no se produzca y que, en caso de producirse, no se propague. El primer objetivo es, sin duda, el más importante y, desgraciadamente, el más difícil de alcanzar, ya que depende de la generalidad de las personas. Para cumplir este objetivo, las distintas administraciones han desarrollado diferentes mecanismos encaminados a la prevención de incendios forestales, éstos se pueden sintetizar en los siguientes:

– Vigilancia disuasoria. A través de la creación de una conciencia ambiental en la población, campañas de información, divulgación, sensibilización, información estadística, formación especializada, y fomento de

agrupaciones interesadas en la conservación de los montes y su defensa contra incendios.

- Planificación y ordenación de los montes. Teniendo como uno de los objetivos prioritarios para garantizar su persistencia la prevención de incendios, y regulando —a través de normas, limitaciones y prohibiciones— los usos y actividades que se pueden realizar en el monte.
- Inversiones en infraestructuras: pistas de acceso, puntos de agua, protección de edificaciones en el medio forestal, adecuación recreativa. Éstas se articulan en los Planes de Acciones Prioritarias contra Incendios Forestales (PAPIF).
- Realización de trabajos culturales de selvicultura preventiva: desbroces, eliminación de combustible, podas, apertura de cortafuegos, etc.

Cada individuo tiene que aportar todo lo que pueda en la lucha contra los incendios, y en este sentido se pronuncia la Ley de Montes, al establecer la obligación de toda persona de avisar de la existencia de un incendio y, en su caso, de colaborar en su combate. Además, exige una mayor implicación a quienes más se benefician del monte y, por esta razón, reconoce como principio general que los propietarios de los montes sean los responsables de su gestión, tanto técnica como material. Pero, ¿quién debe pagar por mantener y mejorar la calidad de los montes que benefician a toda la sociedad?. Sigue siendo la Administración la responsable principal de las tareas de prevención de incendios forestales, y quien, en la actualidad, asume prácticamente el 100 por ciento de los costes que se originan como consecuencia de las acciones preventivas, dado que realizar tratamientos selvícolas preventivos, por parte de los particulares, puede llegar a sobrepasar la rentabilidad económica que se le puede sacar al monte.

La Ley de Montes prevé el establecimiento de aportaciones de los titulares de los montes para la conservación y mejora de los mismos. A través de un fondo de mejora se fija una aportación mínima del 15 por ciento de los aprovechamientos del monte, aunque esta cuantía ha sido incrementada por algunas comunidades autónomas y sirve para financiar, en parte, las inversiones realizadas en la prevención de incendios forestales. Este canon, sin embargo, es exigible sólo a los titulares que sean entidades locales de montes catalogados, con lo que se hace insuficiente para financiar los costes totales de prevención.

El apoyo que proporciona la Administración, en concreto, en las tareas de prevención de incendios, debería verse compensado con la obligación de todos los administrados —más directamente, los titulares o propietarios de los montes, o bien los usuarios directos— de ayudar al sostenimiento de aquellos beneficios de los que se aprovecha directamente. Un ejemplo de ello se encuentra en la Tasa de Extinción de Incendios Forestales andaluza, que repercute sobre los titulares de los montes el coste de extinción de los incendios, y les obliga a colaborar de forma activa en la ejecución de las actuaciones de prevención y lucha contra incendios forestales. Regulando, además, los mecanismos de exención del pago de dicha tasa en caso de haber realizado conductas dirigidas a la prevención de incendios.

Política Forestal de Incentivos

No existe una única acción que sirva para evitar los incendios, esto es debido a que cada territorio cuenta con unas peculiaridades diferentes respecto a la climatología, estructura de la propiedad y cultura forestal, cuestiones, todas ellas, que pueden incidir de forma directa, no sólo en el inicio de los incendios forestales, sino también en la manera de prevenirlos.

Las actividades encaminadas a la prevención de los incendios deben incidir en la mejora de gestión de los montes, de manera tal que permita producir rentabilidad y externalidades positivas, entendidas como señas de identidad de un paisaje cultural, que aseguren el que la agricultura, la ganadería y la silvicultura que gestionan este territorio, puedan mantenerlo poblado, cuidado y protegido frente a agentes de todo tipo.

Una política de incentivos va a permitir a la Administración trasladar el esfuerzo en prevención de incendios a los usuarios de los montes —beneficiarios directos—, de forma tal que puedan contribuir a la lucha contra incendios a través de sus conductas. En este sentido, pueden plantearse dos tipos de instrumentos (Azqueta 2002, Carvalho 2002):

- Instrumentos normativos, que se impongan de forma coercitiva sobre el comportamiento de los particulares
- Instrumentos económicos, que supongan incentivos positivos y/o negativos al inducir cambios voluntarios en las conductas de los individuos

Instrumentos normativos

Implican la imposición por parte de la Administración de unas determinadas reglas de comportamiento que, en general, afectan a todas las personas por igual. Dentro de estos instrumentos se pueden encontrar distintos tipos (Azqueta 2002):

- Normas que establecen los usos en el monte. Regulación del acceso, captación y utilización de los recursos naturales en los montes —obligación de las personas de avisar de la existencia de un incendio, prohibiciones, autorizaciones, obligaciones, infracciones y sanciones, etc—.
- Normas para la planificación y gestión del territorio. Se reglamenta el tipo de actividades que pueden realizarse en un determinado territorio —zonas de alto riesgo de incendio, planes de defensa contra incendios, normas sobre edificación, cambios de uso del suelo, etc—.

Instrumentos económicos

Estos instrumentos no se imponen de forma coercitiva, simplemente se permite a los individuos elegir entre realizar o no conductas específicas, lo que puede conllevar un coste determinado, están reconocidos en la Estrategia Forestal Española como mecanismo de reconocimiento de las externalidades positivas de la multifuncionalidad de los montes. El objetivo es que los individuos decidan, por su propia voluntad, si les compensa o no realizar la acción, dependiendo de los costes en que deben incurrir para ello (Azqueta 2002). Es importante que estos instrumentos cumplan dos exigencias:

- Asegurar una Coherencia Ecológica, dado que dichos instrumentos se orientan principalmente hacia la garantía de los beneficios ambientales que

proporcionan los montes, y no exclusivamente a mejorar la rentabilidad financiera particular

- Establecer un Compromiso Voluntario, que combine actividades productivas a la vez que refuerza lazos sociales y de producción de servicios ambientales hasta ahora no remunerados por el mercado

La reciente Ley de Montes propone todo un capítulo dedicado a la defensa, prevención y extinción de los incendios forestales, estableciendo zonas de alto riesgo de incendio y la necesidad de elaborar planes de defensa en los que se detallan los trabajos de carácter preventivo necesarios para evitar los incendios. Para la realización de dichos trabajos, la ley propone la elaboración de convenios, acuerdos, cesión temporal de los terrenos a la Administración, ayudas o subvenciones, o, en su caso, ejecución subsidiaria por parte de la Administración.

Tradicionalmente, las Administraciones Públicas con mecanismos como los descritos anteriormente, han venido asistiendo a los propietarios de los montes con una serie de ayudas económicas que, en parte, compensaban las limitaciones que la función social de los montes suponía al uso particular de los propietarios.

Pese a ser importantes, estas ayudas, en general, no han sido nunca suficientes y por eso y, por primera vez en la historia, la legislación española ha abierto en el artículo 65 de la ley de montes el poder incrementar estas ayudas al remunerar las externalidades positivas incorporándolas a través de los siguientes mecanismos. Éstos se exponen a continuación:

- Subvenciones de trabajos para la gestión forestal sostenible ―dirigidas a los titulares o propietarios de los montes―, entre dichos trabajos se encontrarían actividades de prevención de incendios forestales: a través de inversiones en infraestructuras, repoblaciones, gastos de mantenimiento y mejora de la masa forestal, tratamientos selvícolas, etc.
- Establecimiento de relaciones contractuales con los propietarios de los montes, incluidas las Entidades Locales, así como el fomento del asociacionismo en defensa de la lucha contra incendios forestales, como medio para canalizar la colaboración de los propietarios forestales y mejorar con ello la capacidad de gestión de la propiedad forestal.
- Inversión directa por parte de la Administración. Dado que la beneficiaria de los bienes y servicios ambientales de los montes es la sociedad, es lógico que las Administraciones Públicas sean la principal fuente de financiación para incentivar las externalidades, aunque no la única.
- Seguros ambientales, se prevé el establecimiento y puesta en marcha de un Seguro de Incendios Forestales, otorgando además prioridad a quienes suscriban dicho seguro para acogerse a las subvenciones a la gestión forestal sostenible.
- Créditos bonificados, se regula la posibilidad de fomentar, por parte de las Administraciones Públicas, la creación de líneas de crédito bonificadas para financiar las inversiones forestales, entre las que se pueden encontrar los mecanismos para la prevención de incendios.

Se consideran los efectos que pueden producir las actividades humanas, lo que permite el diseño de políticas de incentivos que ayuden a internalizar los beneficios ambientales del monte. Estos incentivos pueden a su vez destinarse, al menos en

parte, a la realización de trabajos o adopción de medidas de prevención y lucha contra incendios forestales.

Es esencial reconocer el papel de la sociedad en la lucha contra incendios forestales, pudiendo aplicarse el principio abordado en la Declaración de Barcelona de "el que conserva se ve recompensado" cuando las conductas se dirijan en sentido positivo hacia la garantía de los beneficios ambientales para toda la sociedad. En este sentido se pronuncia también la ley al considerar que, para regular los incentivos previstos, se tengan en cuenta, entre otros, los siguientes factores:

- La conservación, restauración y mejora de la biodiversidad y del paisaje en función de las medidas específicamente adoptadas para tal fin.
- La fijación de dióxido de carbono en los montes como medida de contribución a la mitigación del cambio climático, en función de la cantidad de carbono fijada en la biomasa forestal del monte, así como de la valorización energética de los residuos forestales.
- La conservación de los suelos y del régimen hidrológico en los montes como medida de lucha contra la desertificación, en función del grado en que la cubierta vegetal y las prácticas selvícolas contribuyan a reducir la pérdida o degradación del suelo y de los recursos hídricos superficiales y subterráneos.

A través de los incentivos para la gestión forestal sostenible, se orientan las conductas hacia la garantía de los beneficios ambientales que producen los montes, lo que redunda en una mejora en la prevención de incendios forestales.

Conclusiones

Más allá de las pérdidas económicas, los incendios forestales constituyen una de las principales causas de la pérdida de la función social del monte y de los bienes y servicios que estos ecosistemas generan.

Se hace necesario materializar los mecanismos previstos en el artículo 65 de la ley, que regula los incentivos por las externalidades ambientales para, entre otras cosas, poder involucrar activamente a los propietarios en la defensa, prevención y extinción de los incendios forestales.

Para poder conseguir esto es necesario valorar en términos monetarios los beneficios ambientales que proporcionan los montes de cara a poder determinar cuáles son los incentivos que van a permitir en último término la utilización de mecanismos que sirvan para la prevención de los incendios forestales a través del cambio de actitud de las personas —subvenciones directas, tasas y gravámenes, créditos blandos, seguros, etc—, de cara a conseguir del monte una gestión sostenible, que pasa por sacar el máximo valor económico, social y ambiental para evitar su abandono, garantizar su pervivencia como patrimonio natural e internalizar el valor integral de la naturaleza.

Referencias

Álvarez, M.; Field, D. 2001. **Beneficio social de la gestión de uso múltiple de los espacios forestales**. III Congreso Forestal Español. Granada. Mesas 4 y 5: 55-61.

Azqueta Oyarzun, D. 1994. **Valoración económica de la calidad ambiental**. Aravaca (Madrid). Mcgraw-Hill; 300 p.

Azqueta Oyarzun, D. 2002. **Introducción a la economía ambiental**. Aravaca (Madrid). Mcgraw-Hill Profesional; 236-268.

Bengoechea, A.; Fuertes, A.M. 2002. **Valoración monetaria de la reducción del riesgo de incendio en un espacio natural.** Oviedo. V Encuentro de Economía Aplicada; 1-19.

Carvalho Mendes, A. 2002. **Economic Instruments for National Forest Programmes**. En Cross-sectorial policy impacts on forest. Tikkamen, I; Glück, D; Pajouja, H. (eds.). EFI Proceedings 46: 119-140.

Elorrieta J.I. 2001. **El capital natural ¡Ya es hora de hacer cuentas!**. III Congreso Forestal Español. Granada. Ponencia Mesa 10: Política sociología y economía forestal.

Elorrieta J.I.; Castellano, E.; García, A. 1998. **Valoración Integral de la Biodiversidad de Navarra**. En Mapping 63: 12-18.

Gobierno de Navarra. 2001. **Estrategia Navarra para la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica y plan de acción 1999-2004**. Biosfera. Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Vivienda: 102-103.

Martínez Alier, J.; Roca, J; Sánchez, J. 1998. **Valoración de externalidades y de bienes ambientales. Internalización de externalidades**. PNUMA. México. Serie de textos básicos para la formación ambiental 1: 35-69.

Plana Bach, E.; Piqué Nicolau, M. 2003. **Casuística y posibles soluciones a los grandes incendios forestales de la cuenca mediterránea. El caso de Cataluña**. Madrid. ETSI; 1-8.

Vélez Muñoz, R. y otros. 2000. **La Defensa contra incendios forestales. Fundamentos y Experiencias**. Madrid. Mcgraw-Hill.

Esta página se deja en blanco intencionadamente.

Aproximación a la Sistemática para el Seguimiento del Impacto de los Grandes Incendios en España[1]

Ricardo Vélez,[2] Balbina López[2]

Resumen

El fuego, como elemento natural, ha contribuido de forma determinante a la conformación del paisaje forestal. Sin embargo, la recurrencia con que se producen los incendios forestales en determinadas zonas, y las grandes dimensiones que en ocasiones alcanzan, ponen en peligro la pervivencia de los sistemas forestales.

Los estudios sobre el impacto del fuego se han centrado en comprobar la evolución del ecosistema tras el incendio y en la evaluación del daño económico; sin embargo, no es tan frecuente analizar la componente paisajística del impacto producido por el fuego y su permanencia sobre el ecosistema.

Desde 1990 las estadísticas españolas de incendios recogen este efecto en el paisaje, si bien no se ha realizado ningún análisis de las series obtenidas, ni se ha comprobado la evolución posterior de los paisajes afectados que, en algunos casos habrán sido objeto de restauración, mientras que en otros el ecosistema habrá evolucionado de forma natural.

Un estudio de lo sucedido en zonas anteriormente quemadas puede ser interesante como instrumento de política forestal y para ello el estudio tiene que ser descriptivo de las zonas analizadas, antes y después del fuego, y narrativo de los procesos que hayan conducido desde el momento del incendio a la situación actual.

La Administración Forestal española ha planteado el estudio de nueve grandes incendios ocurridos en el pasado decenio, como prueba piloto, en el que se examinan la permanencia del impacto del fuego a medio plazo, comprobando su estado y analizando las causas del mismo que pueden incluir la acción humana o su ausencia.

El estudio permitirá establecer procedimientos normalizados para el control sistemático de áreas afectadas en el futuro por grandes incendios, y facilitará la sistemática de prospección periódica para la evaluación del impacto.

Introducción

Los incendios forestales provocan una serie de perturbaciones ecológicas, muchas veces decisivas para la posterior regeneración del ecosistema incendiado. La magnitud de los efectos producidos por los incendios depende en gran medida de aspectos como el régimen de fuego: intensidad, tipo de fuego, recurrencia de fuegos en una determinada zona, la época en la que se produzca el incendio en relación a la fase de desarrollo anual de la vegetación presente, el tipo de vegetación, su capacidad

[1] Una versión abreviada de esta ponencia se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía de los programs de protección contra incendios forestales: una visión global, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Medio Ambiente. Gran Vía de San Francisco, 4. Madrid. CP 28005.

[2] Tecnologías y Servicios Agrarios, S.A. (TRAGSATEC). Julián Camarillo, 6. Madrid. CP 28037.

de adaptación al fuego y sus características germinativas, la meteorología post-incendio, o incluso el efecto microclimático ligado a la diferente exposición o el régimen de aprovechamientos posteriores al incendio.

Dada la gran complejidad de factores que pueden darse en cada caso, los efectos del fuego sobre el ecosistema presentan una gran variabilidad, lo cual impide predecir, con absoluta garantía, la capacidad de respuesta de la vegetación tras ocurrir un incendio.

El seguimiento de la evolución posterior de los sistemas forestales afectados por incendios de grandes dimensiones, que en algunos casos habrán sido objeto de trabajos de restauración y en otros se habrá dejado actuar a la naturaleza, constituye una herramienta fundamental para ayudar al gestor a establecer las estrategias más adecuadas para recuperar las áreas incendiadas.

Por ello, a finales del 2003, la Administración Forestal Española ha puesto en marcha un estudio para desarrollar una **Sistemática para el Seguimiento del Impacto de los Grandes Incendios**, que mediante el seguimiento individualizado, continuo y sistemático de zonas afectadas por grandes incendios durante el pasado decenio, permitiera definir unas líneas de actuación posterior, estableciendo procedimientos normalizados para el control de zonas incendiadas.

El estudio pretende describir las zonas objeto de estudio antes y después del incendio, y narrar los procesos que hayan conducido hasta la actual situación, desde el momento en que se produjo el incendio, para comprobar la permanencia del impacto del fuego a medio plazo, examinando su estado actual y analizando las causas del mismo, que pueden incluir la acción humana o su ausencia.

Se han seleccionado nueve grandes incendios ocurridos en la última década en siete Comunidades Autónomas de España, considerando que los ecosistemas afectados tienen representatividad suficiente como para extrapolar los resultados obtenidos al resto del territorio español *(tabla 1)(fig. 1)*.

Tabla 1—*Localización de los nueve grandes incendios seleccionados para el estudio.*

Año	Comunidad	Provincia	Término municipal	Superficie afectada(ha)
1991	C. Valenciana	Valencia	Buñol	15.400
1994	Murcia	Murcia	Moratalla	24.817
1994	Castilla La Mancha	Cuenca	S. Martín Boniches	17.859
1994	C. Valenciana	Alicante	Montgó-Denia	820
1994	C. Valenciana	Castellón	Altura	5.000
1995	Canarias	S.C. Tenerife	Rosario	2.677
1995	Galicia	Pontevedra	Vilaboa	775
1998	Extremadura	Cáceres	Descargamaría	820
1998	Castilla y León	León	Castrocontrigo	2.763



Figura 1—Localización de los grandes incendios.

Método

El objetivo fundamental del estudio es facilitar el seguimiento periódico y sistemático de unidades territoriales afectadas por grandes incendios, desarrollando el procedimiento metodológico adecuado e identificando la información normalizada que sería preciso recoger en la Base General de Datos EGIF. El establecimiento de la metodología apropiada para la consecución de dicho objetivo, debe partir de las conclusiones alcanzadas en diferentes fases del estudio *(fig. 2)*.

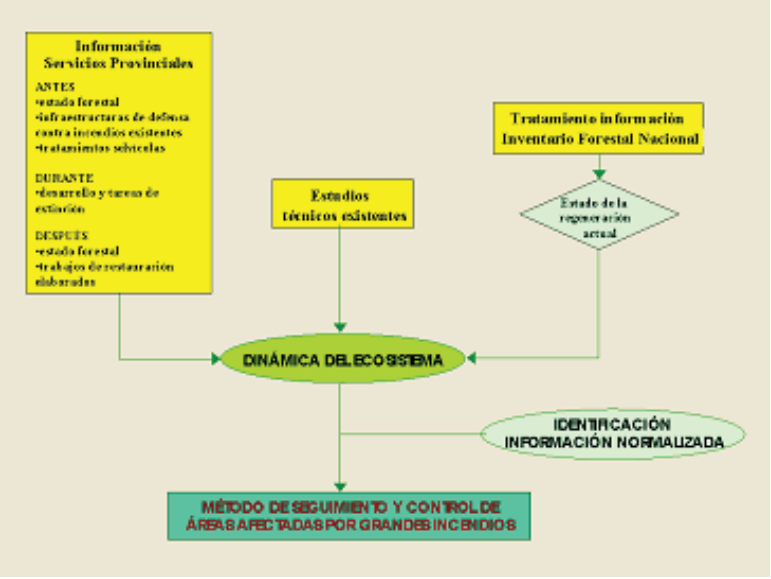


Figura 2—Contenido del estudio.

En primer lugar se trataría de conocer el estado forestal de los ecosistemas antes de que se produjeran los incendios; serán revisados aspectos como composición específica del ecosistema y el estado de desarrollo del mismo: pastizales, matorrales y sistemas arbolados, tratamientos selvicolas o aprovechamientos que se llevaban a cabo, la fauna silvestre, si el territorio contaba o no con suficientes infraestructuras de defensa contra incendios, o el estado de la red de comunicaciones, red viaria, infraestructuras de la red hídrica, etc., además de las condiciones de inicio y desarrollo del incendio, de manera que sea más fácil comprender los procesos que han conducido tras el incendio a la situación actual.

La evolución de los sistemas forestales afectados por incendios de grandes dimensiones depende en gran medida de las condiciones ecológicas y del tipo de gestión que se lleva a cabo, pero la estructura y constitución de la población joven existente constituye uno de los aspectos más determinantes.

Resulta por tanto imprescindible conocer el estado que presenta el regenerado en la actualidad, para lo cual se deben examinar sus principales indicadores:

Tipo de regeneración: Proporciona información referente al origen del arbolado.

Categoría de desarrollo: Clasifica la regeneración en función de su altura y su diámetro normal, con objeto de conocer el estado de desarrollo del arbolado joven.

Densidad de regeneración: Proporciona información relativa al grado de presencia de una determinada especie.

La principal fuente de información para elaborar estos indicadores la constituye el Inventario Forestal Nacional. El proceso de la información cartográfica y alfanumérica de la información de las parcelas de campo, permite conocer el valor de la variable densidad de regeneración en cada punto de muestreo *(fig. 3)*.



Figura 3—Localización geográfica del Incendio del Rosario 1995 (S.C.Tenerife, Canarias) y Mapa de localización de las parcelas del Inventario Forestal Nacional.

Con objeto de conocer la tendencia espacial de la variable, se pueden emplear técnicas de interpolación espacial, con objeto de estimar el valor de la variable en los puntos del territorio no muestreados en el área cubierta por las parcelas existentes. Es

necesario además, crear una zona de buffer, esto es, aquella comprendida entre el límite de la superficie con un límite ficticio hacia el exterior de la frontera original, ya que conociendo los datos de regeneración de las parcelas incluidas en el buffer, y aplicando el método de interpolación espacial, es posible generar el modelo hasta el propio borde del área incendiada, corrigiéndose la falta de valores de la que se podría adolecer previa aplicación de la técnica estadística *(fig. 4)*.

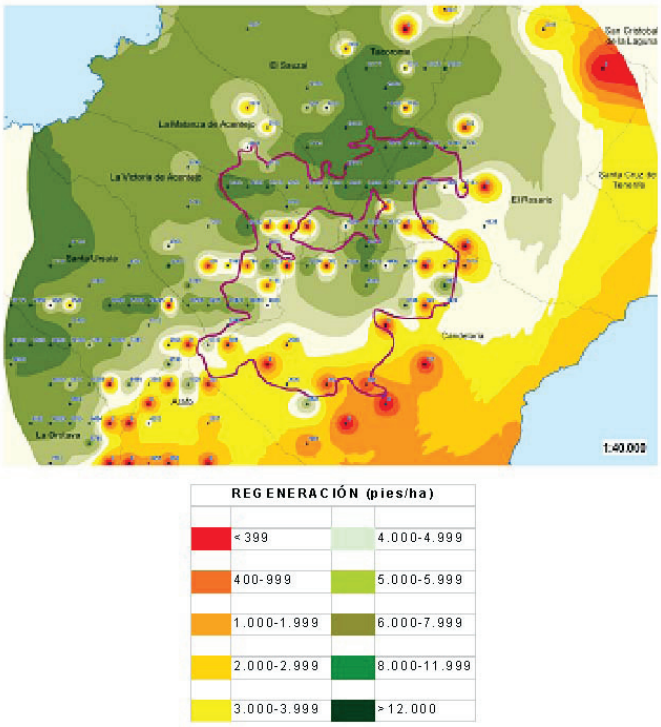


Figura 4—Mapa de regeneración forestal. Incendio del Rosario 1995 (S.C.Tenerife, Canarias)

Trabajar a esta escala territorial tan amplia, impide controlar con detalle las numerosas variables que influyen en la regeneración; no obstante, los resultados obtenidos permitirán caracterizar cada zona de estudio de forma general.

Finalmente, se interpretará la información contenida en los estudios y actuaciones de restauración efectuada con posterioridad al incendio que se hayan realizado de forma concreta en ámbitos territoriales afectados, con la finalidad de ampliar la información de los factores y elementos que intervinieron en la conformación del paisaje actual.

Referencias

Ministerio de Medio Ambiente. **Segundo Inventario Forestal Nacional. Provincia de Alicante (Comunidad Autónoma Valenciana), 1995.**

Ministerio de Medio Ambiente. **Segundo Inventario Forestal Nacional. Provincia de Cáceres (Extremadura), 1994.**

Ministerio de Medio Ambiente. **Segundo Inventario Forestal Nacional. Provincia de Castellón (Comunidad Autónoma Valenciana), 1995.**

Ministerio de Medio Ambiente. **Segundo Inventario Forestal Nacional. Provincia de Cuenca (Castilla La Mancha), 1995.**

Ministerio de Medio Ambiente. **Segundo Inventario Forestal Nacional. Provincia de León (Castilla y León), 1995.**

Ministerio de Medio Ambiente. **Segundo Inventario Forestal Nacional. Santa Cruz de Tenerife (Canarias), 1994.**

Ministerio de Medio Ambiente. **Segundo Inventario Forestal Nacional. Provincia de Valencia (Comunidad Autónoma Valenciana), 1995.**

Ministerio de Medio Ambiente. **Tercer Inventario Forestal Nacional. Región de Murcia, 2003.**

Ministerio de Medio Ambiente. **Tercer Inventario Forestal Nacional. Provincia de Pontevedra (Galicia), 2001.**

Vélez Muñoz, Ricardo. 2000. **La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y experiencias.** ed. Mc Graw Hill. Efectos del fuego en los ecosistemas forestales; 4.1-4.102.

Planes de Protección contra Incendios Forestales en Parques Nacionales: P. N. de Ordesa y Monte Perdido[1]

Basilio Rada,[2] Luis Marquina[3]

Resumen

Los espacios naturales protegidos contribuyen al bienestar de la sociedad a través de diferentes manifestaciones tales como el mantenimiento de la diversidad biológica y de la calidad del paisaje, la regulación hídrica y de los ciclos de nutrientes, la producción de suelo, la protección ante catástrofes naturales, y la provisión de lugares para el recreo, la educación, la ciencia y la cultura, aspectos que alcanzan su máxima relevancia en los territorios declarados bajo la figura de protección de Parque Nacional.

Su singularidad y alto grado de protección limitan en gran medida su gestión, presidida por el principio de conservación y respeto a los procesos naturales. Sin embargo, la ineludible responsabilidad de asegurar, ahora y en el futuro, las funciones ecológicas, económicas y sociales de estos espacios, pasa por asumir un modelo de gestión encaminado a cumplir los Criterios Paneuropeos de Gestión Sostenible de Bosques.

En el año 2000, los responsables de la gestión del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, situado en el Pirineo español y declarado como tal en 1918, abordan la iniciativa de elaborar el Plan de Protección contra Incendios Forestales del Parque y su entorno que puede ser la referencia para el resto de parques que conforman la Red de Parques Nacionales en España.

El Plan analiza la efectividad de los recursos de protección actuales, elaborando para ello cartografía de apoyo a la toma de decisiones, mapas de combustibles, riesgo de incendio, visibilidad, isocronas terrestres y aéreas a la vez que planifica las medidas necesarias para garantizar la protección de este espacio, en muchos puntos inaccesible por lo escarpado de su fisiografía.

La posibilidad de contar con esta planificación constituye sin duda, un importante soporte técnico que facilitará la gestión, no sólo en materia de protección contra incendios sino en otro aspecto relacionado con la conservación del Parque, al permitir disponer de una base cartográfica y alfanumérica de consulta y análisis en el marco del Sistema de Información Geográfica –DINAORDESA-, con posibilidad de ampliar o crear nueva información a partir de los datos que contiene.

---

[1]Una versión mas corta de este trabojo fue presentada en el segundo simposio internacional sobre politicas, planificación y economía de los programas de protección contra incendios forestales: una visión global, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] Organismo Autónomo de Parques Nacionales.. Ministerio de Medio Ambiente. Gran Vía de San Francisco, 4. Madrid. CP 28005.

[3] Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente
Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. Paseo de las Autonomías, Pasaje Baleares, 3. Huesca. CP 22071.

Introducción

La variedad de condiciones climáticas y altitudinales determina la gran diversidad de ecosistemas presentes en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, que alberga un amplio abanico de comunidades florísticas y faunísticas, y ofrece en toda su extensión un paisaje asombroso de grandes contrastes que representa los sistemas ligados a formaciones de erosión y rocas de origen sedimentario. Por este motivo, en 1918, es declarado Parque Nacional, con una superficie protegida de 2.100 ha, ampliándose en 1982 a las más de 15.000 ha de la actualidad.



Figura 1—Mapa de localización de los Parques Nacionales, pertenecientes a la Red de Parques.

La Red de Parques Nacionales, es un sistema integrado de protección y gestión de los espacios más representativos y valiosos del patrimonio natural español. Su finalidad es asegurar la conservación de los Parques Nacionales, y posibilitar su uso público y la mejora del conocimiento científico de sus valores naturales y culturales, así como fomentar una conciencia social conservacionista, el intercambio de conocimientos y experiencias en materia de desarrollo sostenible, la formación y cualificación de los profesionales que trabajan en ella y su incorporación y participación en redes y programas internacionales *(fig.1)*.

El Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, localizado en la provincia de Huesca, dentro de la Comunidad Autónoma de Aragón, cuenta con un territorio idóneo para el mantenimiento de diferentes especies de fauna y flora, que por su rareza y singularidad aportan a este espacio un alto valor de biodiversidad.

La amenaza que los incendios forestales suponen para nuestros montes cobra en Ordesa aún mayor relevancia, ya que sus efectos en este territorio ocasionarían daños sobre valores medioambientales, además de personas y bienes que se traducirían en pérdidas difícilmente cuantificables. Esta circunstancia unida al uso público del Parque, aconseja la elaboración de un Plan de defensa y protección contra incendios forestales del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, que dote al parque con medidas propias de autoprotección, además de las medidas que puedan recogerse en otros planes de ámbito superior.

De este modo, el Parque Nacional de Ordesa, ha sido pionero en la elaboración de un Plan de Protección contra Incendios Forestales cuyo ámbito territorial no es sólo la superficie declarada como Parque Nacional, sino que también incluye su área

de influencia, lo que se denomina Zona Periférica de Protección, que en total suponen cerca de 35.000 ha.

El principal objetivo establecido en este Plan es definir y cuantificar las medidas de protección necesarias para optimizar y reforzar los actuales recursos de prevención, vigilancia y extinción con que cuenta el Parque, estableciendo así mismo las directrices que garanticen la coordinación de medios y organismos implicados en la defensa y protección contra incendios.

Desarrollo del Plan

Descripción del territorio

El Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, se encuentra situado en la comarca del Sobrarbe, al norte de la provincia de Huesca. Tiene una superficie de 15.687 ha que pertenecen a cinco municipios: Bielsa, Fanlo, Puértolas, Tella-Sin y Torla. El ámbito territorial del Plan, incluye, también, la Zona Periférica de Protección (ZPP), con una superficie de 19.245 ha, que se extiende por los municipios anteriormente mencionados y, además, el municipio de Broto *(fig.2)*.



Figura 2—Mapa de localización del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido.

Una compleja historia geológica y morfológica, junto a condiciones climáticas extremas, hacen que este espacio posea un paisaje de grandes contrastes, configurado principalmente por cuatro valles: en dirección norte-sur el Cañón de Añisclo, en dirección este-oeste el Valle de Ordesa, y en dirección sureste-noroeste el Garganta de Escuaín y el Valle de Pineta. En la zona Periférica de Protección, otros tres valles dan marco a los anteriores: Bujaruelo, Vió y Airés *(fig.3)*.



Figura 3—Valle de Ordesa.

Los sistemas forestales se encuentran ampliamente representados con bosques de hayedos, abetos y pinares, en los que no falta el representativo boj de zonas calizas, sin olvidar los pastizales de alta montaña, tan aprovechados en otros tiempos por la ganadería extensiva.

No conviene olvidar, la gran diversidad de fauna y flora protegida que se encuentra en el Parque, y que le han valido la declaración de Reserva de la Biosfera y Patrimonio de la Humanidad en 1977, Z.E.P.A. en 1988 y Diploma del Consejo de Europa desde 1989, además de contar con otras figuras de protección como Reserva Natural (Valle de Bujaruelo) y diversos Paisajes protegidos *(fig.4)*.

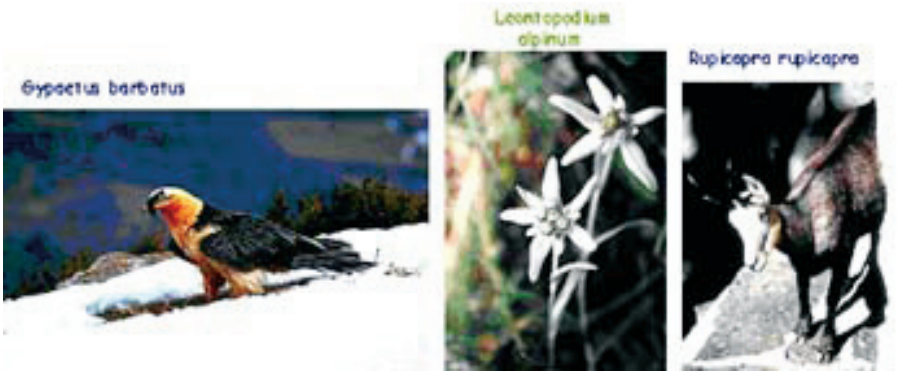


Figura 4—Fauna y flora del Parque.

Riesgo de incendio y prioridades de defensa

El análisis de los elementos más característicos del medio en el que puede originarse y propagarse el incendio facilita la información necesaria para planificar las medidas de protección y llevar a cabo su priorización territorial, de modo que garantice la defensa contra incendios de los valiosos ecosistemas presentes en el Parque y su zona de Influencia.

El Plan analiza el riego de incendio según se muestra en el siguiente esquema *(fig.5)*.



Figura 5—Esquema metodológico del análisis del riesgo de incendio

La especial fisiografía del Parque y su entorno, hacen de la propagación el aspecto más relevante que incide en el riesgo de incendio *(fig 6)*.

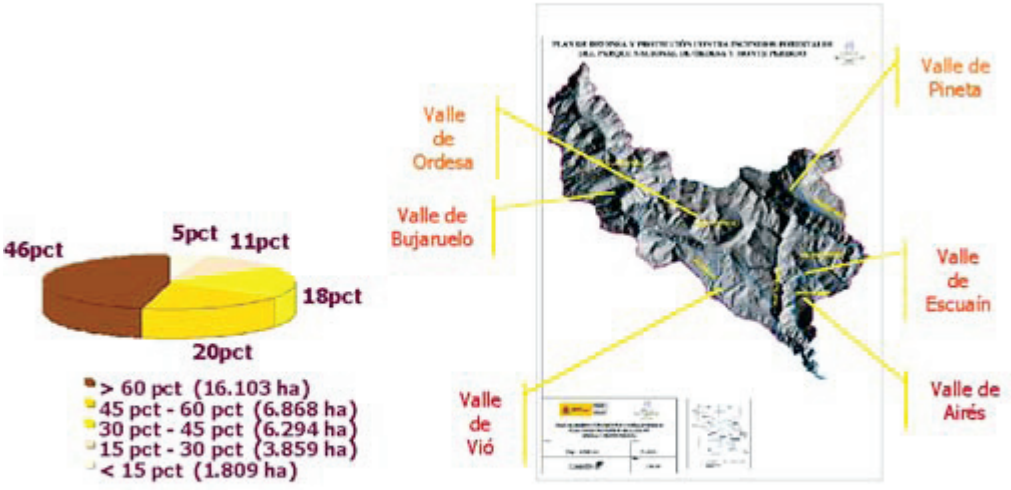


Figura 6—Mapa del modelo digital del terreno, con la distribución por valles y distribución superficial de la pendiente

La estratificación del territorio en zonas de pendiente homogénea pone de manifiesto el abrupto relieve del Parque, donde el 66 por ciento de la superficie presenta pendientes superiores al 45 por ciento, el 46 por ciento se sitúa en pendientes por encima del 60 por ciento. En estas condiciones, la propagación de fuego alcanzaría unos niveles de riesgo elevadísimos, si no fuera porque la combustibilidad de esas zonas es moderada, al tratarse de modelos de pastizales alpinos *(fig. 7)*.

No obstante, en las solanas de Ordesa, Escuaín, Pineta y el valle de Vió, el riesgo se incrementa debido a la disminución de humedad que provoca la insolación continuada sobre los combustibles.

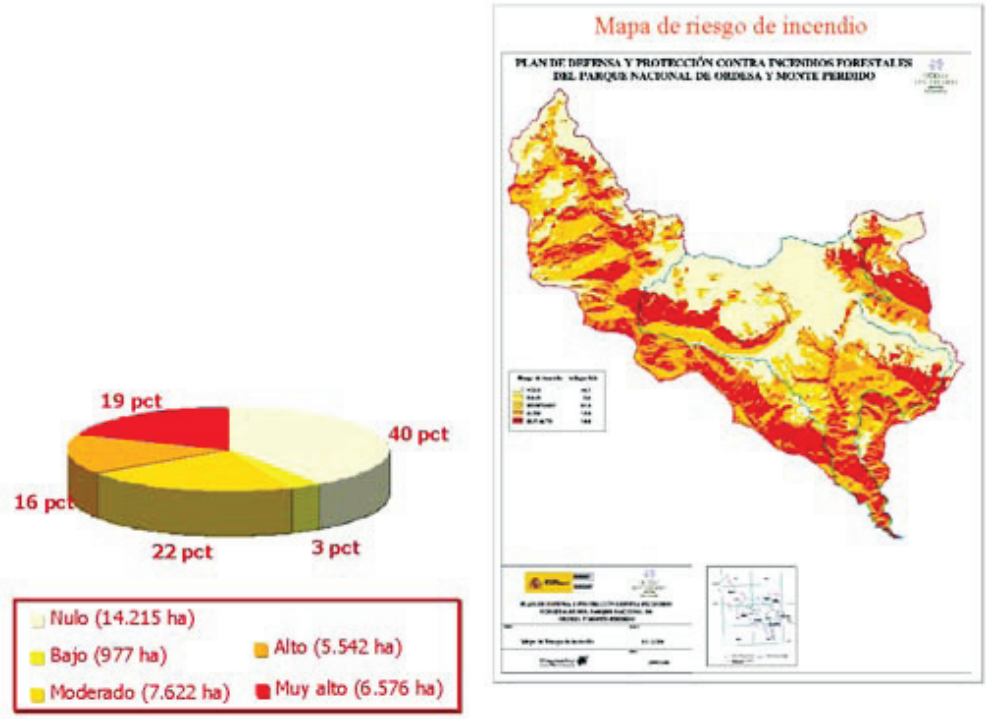


Figura 7—Distribución espacial del riesgo de incendio y mapa de riesgo de incendio

La obtención del Mapa de Riesgo de Incendio, fruto de la integración de todos los factores permiten concluir que Ordesa presenta un riesgo muy alto en el 19 por ciento de su superficie siendo prioritario actuar en estos puntos del territorio *(fig. 8)*.

Medidas de protección

Una vez establecida la zonificación del territorio en función del riesgo de incendio, y analizadas las estadísticas con objeto de conocer las épocas de mayor peligro, el Plan realiza el inventario de los recursos de protección con que cuenta el Parque, para seguidamente efectuar el análisis y diagnóstico de la situación y poder establecer las medidas adecuadas al nivel de riesgo.

El Plan analiza pormenorizadamente la efectividad de los recursos actuales, elaborando para ello cartografía de apoyo de gran importancia, como mapas de visibilidad, que facilita la información relativa a la superficie visible a partir de la ubicación de los puntos de vigilancia, isocronas terrestres y aéreas, con las que es posible conocer los tiempos de llegada de los recursos de extinción a cualquier punto del territorio dadas sus ubicaciones, y el mapa ADP, en el que cada punto del territorio se clasifica como accesible, desplazable y penetrable o no, en función del cumplimiento de una serie de condiciones *(fig. 9, fig. 10)*.

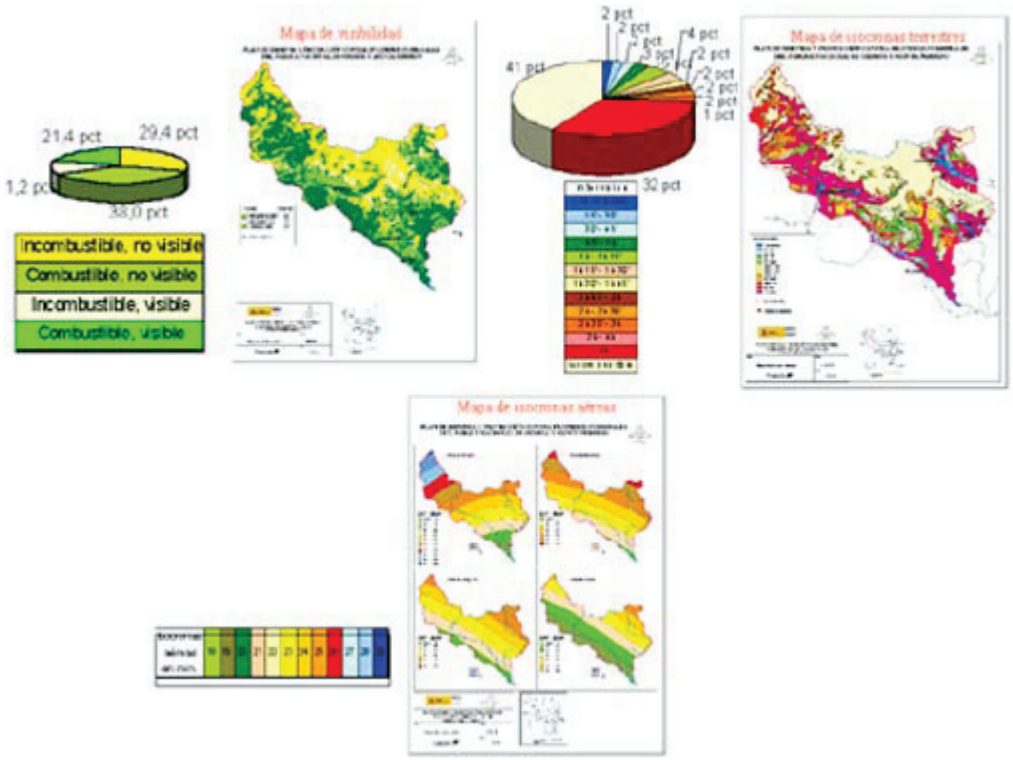


Figura 8—Mapa de visibilidad actual, mapa de isocronas terrestres y mapa de isocronas aéreas

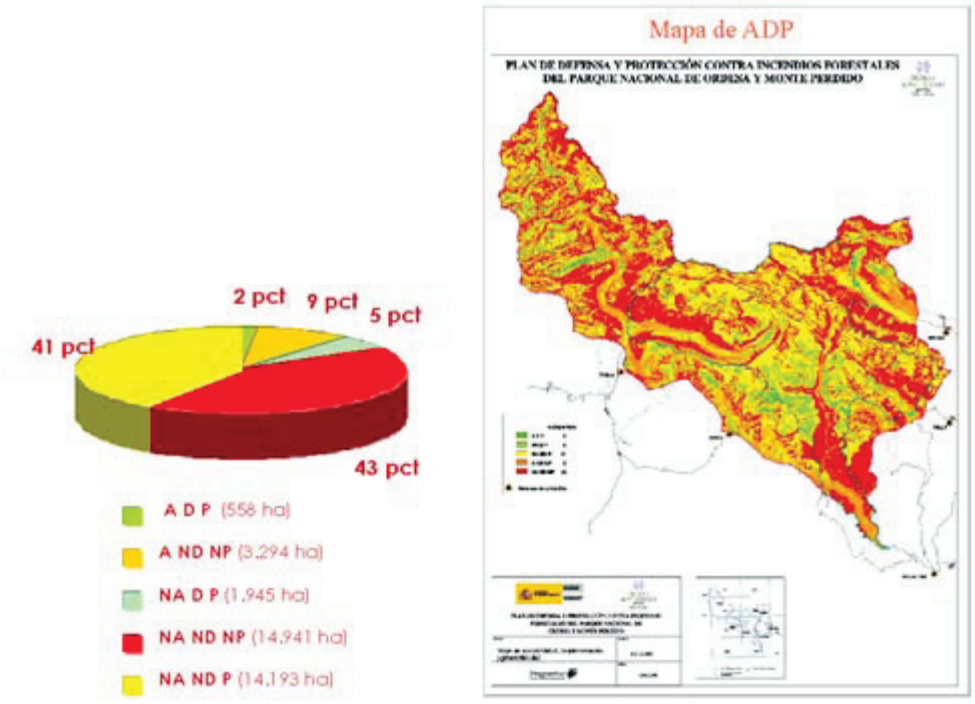


Figura 9—Mapa de ADP (accesibilidad, desplazamiento y penetrabilidad)

Los resultados de este análisis pusieron de manifiesto la necesidad de reforzar algunos aspectos del sistema de protección contra incendios del Parque y su entorno.

Las medidas de protección propuestas en el Plan se han estructurado en tres grandes bloques: prevención, vigilancia y extinción.

Sin embargo, conviene indicar que la singularidad de este espacio y su alto grado de protección, limitan su gestión a lo establecido en el Plan Rector de Uso y Gestión en vigor (PRUG 1995) presidido por el Principio de Conservación y respeto a los procesos naturales, por lo que la **prevención** desde la perspectiva clásica y eficaz orientada al manejo a gran escala del combustible forestal, no tiene cabida en Ordesa. No obstante, el Plan considera la necesidad de desarrollar actuaciones preventivas, reforzando la **infraestructura hídrica** en aquellos puntos del territorio en los que el Plan ha detectado carencias, manteniendo la **infraestructura viaria** existente para facilitar su utilización por los medios de extinción, y previniendo la iniciación del incendio a través de medidas de **concienciación ciudadana**.

La detección y la extinción cobran máxima importancia en la protección contra incendios del Parque y su área de influencia, puesto que una rápida alerta minora en gran medida los efectos del incendio, que se traduce así mismo en una reducción del elevado coste que suponen las labores de extinción.

El Plan se ha elaborado en el marco de un Sistema de Información Geográfica, lo que ha facilitado la incorporación de la información cartográfica y alfanumérica obtenida en los análisis realizados para su integración en DINAORDESA, un sistema concebido para facilitar la gestión del Parque al proporcionar información territorial de gran nivel de detalle.

Referencias bibliográficas

Balcells, E. 1988. **Monografía 37**. **Ordesa-Viñamala**. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza

Boletín Oficial de Aragón. **Decreto 226/1996, de 17 de agosto, por el que se aprueba el Plan Especial de Protección Civil de Emergencias por Incendios Forestales - PROCINFO.**

Boletín Oficial de las Cortes Generales. Ministerio del Interior, 8 de marzo de 1993. **Informe de la Ponencia designada en el seno de la Comisión de Agricultura y Pesca sobre Incendios Forestales.**

Boletín Oficial del Estado. **Ley 2/1985, de 21 de enero, sobre Protección Civil.**

Boletín Oficial del Estado. **Real Decreto 407/1992, de 24 de abril, por el que se aprueba la Norma Básica de Protección Civil.**

Boletín Oficial del Estado. **Orden de 2 de abril de 1993. Directriz Básica de Planificación de Protección Civil de Emergencia por Incendios Forestales**.

Boletín Oficial del Estado. **Real Decreto 409/199, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Plan Rector de Uso y Gestión de Ordesa y Monte Perdido.**

Dirección General de Protección Civil. 1996. **Plan Estatal de Protección Civil para Emergencias por Incendios Forestales**. Ministerio del Interior.

Fab Consultores S.A. 1.993. **Resúmen del Estudio sobre motivaciones de incendios forestales intencionados. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza.**

Gobierno de Aragón. Departamento de Agricultura y Medio Ambiente. Dirección General del Medio Natural. Servicio de Protección del Medio Natural. 1995 **los incendios forestales en Aragón. Memoria 1.995. Plan de prevención y lucha para 1.996**

ICONA, 1981. **Técnicas para defensa contra incendios forestales. Monografia nº 24.** Varios autores.

ICONA, 1991. **IV Curso Superior de Incendios Forestales**. Varios autores. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

ICONA, 1993. **Manual de Operaciones contra Incendios Forestales**

ICONA, 1997. **Partes de incendios del periodo 1979-1997**. Área de Incendios Forestales.

Margalef, R. 1991. **Teoría de los sistemas ecológicos**. Universitat de Barcelona. Estudi General. Ciencies experimentals i matematiques.

Miguel, A. 1998. **Bases para la ordenación del pastoreo en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Huesca)**.Proyecto Fin de carrera. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 1988. **Mapa de cultivos y aprovechamientos escala 1:50.000**. Hojas 1.083, 1.085 y 1.088.

Moreno, J. y Aragoneses, C., 1995. **La cartografía en la planificación de los Parques Nacionales**. Mapping: 23, 38-44.

Red de Parques Nacionales. Gorría, A.J., 1.992. **Los efectos de la declaración del P. N. de Ordesa y Monte Perdido en la población y el sistema socioeconómico de su entorno.** Documento de síntesis.

Rivas-Martínez, S. 1987. **Mapa de series de vegetación de España**. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. I.C.O.N.A.

Rothermel, R. C. 1972. **A mathematical model for fire spread predictions in Wildland fuels**. USDA Forest Service. Int USA.

Rothermel, R. C. 1983. **How to predict the spread and intensity of forest and range forest fires**. USDA Forest Service. Int USA.

Ruiz de la Torre, J. 1990. **Distribución y características de las masas forestales españolas**. Ecología, Fuera de Serie, nº 1. ICONA.

Universidad de Santiago de Compostela. Escuela Politécnica Superior. Campus Universitario. Lugo. 1997. **Ponencias sobre el estado de la investigación y el desarrollo en protección contra incendios forestales en España.I Seminario Nacional.**

Velez, R y otros, 1982. **Manual de prevención de incendios mediante tratamiento del combustible forestal.** ICONA.

Esta página se deja en blanco intencionadamente.

Planificación Integral para la Protección contra Incendios Forestales en España, el Caso de la Comunidad Valenciana[1]

Javier Gómez,[2] Ángel Guzmán[2]

Resumen

La planificación integral para la protección contra incendios forestales que se presenta, tiene en cuenta todos los elementos que caracterizan el comportamiento del ecosistema forestal en un incendio forestal, por ello propone medidas preventivas adecuadas para el control de combustible, considerando los importantes cambios de uso de las últimas décadas, de tal manera que su acumulación constituye uno de los principales factores de riesgo de producción de grandes incendios. Pero también la creación y mantenimiento de una red viaria e infraestructuras hídricas que permitan la actuación de los medios de extinción de una manera rápida, segura y eficaz.

Sin embargo para conseguir la máxima eficacia en las medidas infraestructurales anteriores y dentro de un concepto de gestión forestal sostenible, se ha planteado una actuación directa sobre todas y cada una de las causas que producen incendios forestales. Para ellos además de partir de un conocimiento detallado de cada una de dichas causas, se analizan conflictos, se establecen sistemas de conciliación, pero también se plantea un sistema de vigilancia ágil, dinámico y con presencia en la totalidad del territorio y con capacidad de adaptarse a las condiciones cambiantes de riesgo.

Introducción

Reducir de manera progresiva el número y extensión de los incendios forestales es un objetivo básico de actuación de la Conselleria de Territorio y Vivienda del Gobierno Valenciano, objetivo que a pesar de los logros ya conseguidos no es una tarea fácil, y en la cual es fundamental seguir trabajando de manera continua, incorporando nuevos medios, recursos, tecnologías y además contando siempre con la colaboración del máximo de sectores de la sociedad.

La prevención es una pieza clave en la lucha contra los incendios forestales. Los datos muestran una vez más la evidente correlación entre el número de incendios habidos a lo largo de estos años y la superficie afectada por los mismos, por lo que toda actuación encaminada a disminuir el número de incendios es fundamental dentro de una estrategia global de lucha.

La disminución del número de incendios es por tanto básica en la búsqueda de una solución definitiva del problema, por ello la *Generalitat Valenciana* (Gobierno

[1] Una versión abreviada de este trabajo se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación, y economía de los programas de protección contra incendios forestales: una visión global, 19–22 Abril, 2004; Córdoba, España.

[2] Consellería de Territori i Habitatge. Generalitat Valenciana. C/Francisco Cubells 7. 46011 Valencia (España).

Valenciano) viene destinando estos últimos años una parte importante de su presupuesto a la consecución de este objetivo, en programas de educación y sensibilización, conciliación de intereses con los usuarios del monte y sus inmediaciones, investigación de causas de incendios forestales, voluntariado ambiental y forestal, y vigilancia preventiva.

Programas que se ejecutan tanto a través de inversión directa como mediante subvenciones, siendo esté último uno de los aspectos en los que cada vez son más las iniciativas desarrolladas, están en marcha líneas de ayudas para la realización de actividades de voluntariado ambiental, difusión de medidas de prevención de incendios forestales en el sector agrario, fomento del pastoreo controlado para el control de biomasa y eliminación de restos agrícolas sin uso del fuego (con carácter piloto).

Pero la prevención de incendios forestales, no termina con la consecución del objetivo de reducir el número de incendios, su segundo objetivo es la minimización de la superficie afectada por los mismos.

Las acciones dirigidas a disminuir el número de incendios forestales van acompañadas de otras actuaciones, no menos importantes, destinadas a posibilitar una detección rápida del incendio y una actuación rápida, eficaz y segura de los medios de extinción, por ejemplo, la puesta en marcha de la red de áreas cortafuegos; la red de depósitos de agua contra incendios; la mejora de la red de caminos forestales; la reintroducción de la ganadería extensiva en las áreas forestales como elemento natural desbrozador; la ampliación y mejora del Plan de Vigilancia Forestal, tanto en lo que se refiere a los observatorios forestales como a la vigilancia móvil, con la incorporación de más y modernas unidades de vigilancia.

Todo ello, es pieza clave en el éxito conseguido de la política de prevención de incendios forestales que el Gobierno Valenciano está desarrollando.

El conocimiento de las causas

El conocimiento de las causas y motivaciones de los incendios forestales es fundamental para poder diseñar las diferentes políticas de prevención, en este sentido la labor realizada por el Grupo Operativo de Investigación de Causas de Incendios Forestales es básica.

Este equipo, operativo desde 1995 es una pieza clave en la estrategia de prevención, en los últimos años su labor ha permitido mantener un porcentaje de causas conocidas superior al 90%, referente en el ámbito estatal año tras año.

La conciliación de intereses

El concepto conciliación de intereses es complejo, y bajo este epígrafe se recogen actuaciones diversas como son la ordenación del uso recreativo, el fomento de sistemas alternativos al uso del fuego en los sistemas agrarios, el fomento del pastoreo controlado, como herramienta de control de biomasa, etc.

Su finalidad no es tanto actuar de manera directa sobre la causa directa del incendio forestal, sino sobre la problemática estructural que es determinante para que se produzcan situaciones de riesgo o actitudes negligentes que pueden llegar a producir un incendio forestal.

El fomento del control de la biomasa mediante pastoreo controlado, por ejemplo, es una de las actuaciones más desarrollada, actuación que además significa la recuperación de una práctica tradicional beneficiosa para la prevención de incendios.

Esta técnica de pastoreo extensivo controlado se lleva a cabo con la colaboración entre el ganadero y la Generalitat Valenciana, que subvenciona los sobrecostes que se puedan derivar de esta actividad.

La actividad se ejecuta en función del plan de aprovechamiento elaborado, el numero de cabezas de ganado que tenga y la superficie de hectáreas de las que disponga. En este plan se establece tanto el número de hectáreas en las que se tiene que pastar al día, en función del ganado que se posea y el numero de hectáreas de pastoreo a lo largo de un determinado tiempo.

El plan establece un pastoreo rotativo con una revisión periódica para conocer la respuesta de la vegetación y comprobar que existe un uso racional de los recursos para que el beneficio medioambiental sea lo más óptimo posible.

Paralelamente, se desarrollan actuaciones para dotar a las masas forestales de una infraestructura ganadera de apoyo mediante la construcción de apriscos y abrevaderos para el ganado.

Otra importante actuación de conciliación de intereses tiene como objetivo el hacer compatible la eliminación de restos agrícolas con la prevención de incendios forestales, con este fin se desarrollan actuaciones como la elaboración de Planes Locales de Quema de ámbito municipal o la subvención de quemadores de restos agrícolas.

No obstante existe una voluntad decidida de impulsar nuevas técnicas de eliminación de residuos agrícolas sin la utilización del fuego, aquí se debe destacar la orden de ayudas para la eliminación de restos agrícolas y vegetales sin uso del fuego, con carácter piloto.

La vigilancia

Un plan en constante crecimiento

El Plan de Vigilancia, ha sido un objetivo prioritario de la política de prevención de incendios forestales de la Generalitat Valenciana, habiendo experimentado un aumento constante en recursos económicos, materiales, humanos, y tecnológicos, siendo el presupuesto asignado en el año 2003 de 10.154.677,99 €.

Un plan dinámico

Son muchos los colectivos y administraciones que realizan funciones de vigilancia de los bosques y espacios forestales de la Comunidad Valenciana *(Tabla 1),* y por tanto es fundamental que participen de forma coordinada. El Plan de Vigilancia, por tanto, no es únicamente una suma de medios, sino realmente una estrategia que define las pautas y los criterios para articular en el territorio esos medios de una manera efectiva y dinámica.

Los medios del Plan están preparados para adaptarse a las condiciones de riesgo, para la planificación de las actividades de las unidades de prevención se dispone de estudios para determinar en cada comarca, y zona operativa el periodo y horario de

mayor riesgo, adecuando de tal manera el horario de servicio a esta conflictividad. Para que esta capacidad de respuesta sea real, es necesario que el Plan este operativo los 365 días del año. Objetivo que se consigue mediante un sistema progresivo de incorporación que asegura la presencia de medios de vigilancia a lo largo de todo el año.



Figura 1—Unidad de prevención ecuestre y en coche

Tabla 1— Dentro de los diversos medios adscritos al Plan de Vigilancia destacan aquellos que son gestionados por la Conselleria de Territorio y Vivienda

Unidades	Alicante	Castellón	Valencia	Región	Total
Unidades de prevención ordinarias	18	20	34	-	72
Unidades ecuestres (fig. 1)	1	3	1	-	5
Unidades de prevención en moto	3	3	5	-	11
Unidades de prevención polivalentes	4	4	6	-	14
Unidad helitransportada	-	-	-	1	1
Unidad técnica	-	-	-	1	1
Observatorios forestales	13	25	33	-	71
Agentes medioambientales	53	65	109	-	227
Grupo de investigación de causas	3	2	3	1	9
Unidades de personal técnico	13	11	16	3	43
Central de comunicaciones	1	1	1	-	3
Total	**109**	**134**	**208**	**6**	**457**

Que junto con los participantes en los programas de voluntariado ambiental y forestal, además de los medios de la Conselleria de Justicia y Administraciones Públicas, Diputaciones, Policías Locales, Ministerio de Medio Ambiente y Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado lo que ha supuesto más de 5.000 personas a largo del año 2003.

Los observatorios forestales

Otro elemento básico en el dispositivo es la red de observatorios forestales ya que junto a la labor de vigilancia que realiza, es una pieza clave para la coordinación tanto del Plan de Vigilancia Preventiva de Incendios Forestales de la Comunidad Valenciana, como para la propia gestión forestal.

El mantenimiento y mejora de esta red es un objetivo permanente, para ello, se está actuando en diferentes aspectos, que redundarán tanto en una mayor eficacia del servicio, como en las mejoras de las condiciones de seguridad en el trabajo de todo el personal. En este marco de mejora en la eficacia del servicio de los Observatorios Forestales desde el año 2002 está en marcha una cámara teledirigida en las proximidades del observatorio forestal de Font Roja.

De la misma manera está en marcha la ampliación de la red con 4 nuevos observatorios, en los que se están aplicando las técnicas arquitectónicas más modernas dando su carácter piloto

El voluntariado

El voluntariado es una fuerza transformadora de la sociedad, caracterizada por su carácter desinteresado, solidario y de participación; fuerza que no sustituye ni reemplaza a nadie de sus responsabilidades, sin embargo es un proceso que afecta a las concepciones, actitudes y valores, tanto de la persona que lo ejerce, como de la sociedad donde nace.

De todos los campos en los que se puede desarrollar la acción voluntaria, la defensa del medio ambiente y en concreto la prevención de los incendios forestales, es uno de los más importantes, y uno en los que la sociedad valenciana ha manifestado un mayor interés, por ello el Gobierno Valenciano ha asumido la labor de su potenciación y reconocimiento tanto mediante ayudas, como mediante actuaciones directas.

La mejora de las infraestructuras

Una correcta gestión de los sistemas forestales, hace necesario disponer de una adecuada red de infraestructuras, unas están destinadas de manera principal a evitar la progresión del fuego, como áreas cortafuegos o depósitos de agua, otras además de ser útiles y fundamentales para evitar esta progresión son de gran utilidad en la vigilancia y gestión de los sistemas forestales, como caminos y observatorios forestales.

La red viaria forestal

De todos estas medidas la mejora y mantenimiento de la red viaria forestal tiene una gran importancia ya que permite asegurar una correcta gestión de los terrenos forestales, tanto en labores de mejora de la calidad forestal, de vigilancia, y si llega el caso permitiendo el acceso inmediato y seguro, de los equipos de extinción, ante cualquier conato de incendio forestal, que pueda producirse.

Con este fin se desarrolla una inversión continuada con el objetivo de su mejora de esta red viaria, en una serie de trabajos cuyo objetivo último es crear una red jerarquizada, transitable independientemente de las condiciones meteorológicas por los medios de transporte de gestión, vigilancia y extinción

Los depósitos de agua

La Red de depósitos de agua está diseñada con un planteamiento práctico cuyo objetivo es dotar las masas forestales de un depósito descubierto cada 2.000 hectáreas, con una capacidad mínima de 200.000 litros *(fig 2*), asegurando de esta manera unas cadencias para la utilización por helicópteros de extinción de 5 a 6 minutos entre carga y carga.



Figura 2—Ejemplo de depósito de agua para su uso por los servicios de extinción.

En los últimos años se ha mejorando notablemente el número de instalaciones, cumpliendo de esta manera con uno de los objetivos de la política de prevención como es el de minimizar el número de incendios, y en el caso de que estos se produzcan asegurar las infraestructuras para que los medios de extinción puedan actuar de una manera rápida, segura y eficaz, además una importante ayuda para su gestión es la integración de toda la información disponible sobre los mismos dentro del Sistema Integrado de Gestión.

Las áreas cortafuegos

La situación actual del combustible forestal, los cambios socioeconómicos producidos en las últimas décadas (abandono de prácticas agroforestales tradicionales, como el aprovechamiento de leñas; el cese de la actividad en explotaciones agrícolas, la disminución del pastoreo), unido a las características propias de los sistemas vegetales mediterráneos, han conducido a una situación en la que el riesgo de que se produzca un incendio forestal "catastrófico" es real.

Es necesario por tanto plantear políticas de gestión del combustible forestal, pensadas para ser útiles no tanto en el incendio ordinario, sino en aquellos Grandes Incendios, que de manera recurrente se producen en los sistemas mediterráneos.

Los planteamientos anteriores, unidos a la realidad de los incendios forestales ocurridos en la última década en la Comunidad Valenciana, han sido fundamentales para que por parte de la Generalitat Valenciana se asuma como fundamental en su política de prevención y extinción de incendios forestales el desarrollo y puesta en marcha de un Plan de Selvicultura Preventiva, plan redactado de acuerdo con las directrices técnicas más exigentes y conforme con la comunidad científica internacional que avala el control del combustible como estrategia básica en la lucha contra los incendios forestales.

El Plan está diseñado para abarcar la totalidad de la superficie forestal de la Comunidad Valenciana, independientemente de su propiedad, pública o privada. Por ello y para poder asegurar su ejecución en terrenos privados esta en marcha un proceso de declaración de Zonas de Actuación Urgente, mediante Decreto del Gobierno Valenciano.

Otra característica fundamental del Plan es su voluntad de persistencia en el tiempo, para ello es necesario un mantenimiento en turnos de 2 y 4 años. Mantenimiento ya en marcha en las primeras áreas ya ejecutadas, y para el cual además de los sistemas tradicionales, se están desarrollando otros métodos compatibles como son el fomento del control de biomasa mediante pastoreo controlado o la selvicultura trufera, entre otros.

Como se ha indicado el Plan está diseñado para abarcar la totalidad del territorio forestal de la Comunidad Valenciana, para ello contempla 68 áreas de actuación, que se traducen en sus correspondientes proyectos de ejecución de obra, proyectos que contemplan actuaciones tanto en terrenos forestales públicos como privados, por lo que de manera previa a la ejecución en montes privados en cada área de actuación se realiza una declaración de Zona de Actuación Urgente.

Los nuevos sistemas de gestión

Hasta ahora se han desarrollado diversas actuaciones de prevención de los incendios forestales, pero para su diseño ha sido necesario poder dar respuesta a una serie de preguntas básicas como son, ¿Dónde se puede producir un incendio?, ¿Cómo se puede producir?, ¿Cuándo se puede producir?. La respuesta a las preguntas anteriores se obtiene a partir del conocimiento de las situaciones de riesgo en el tiempo y en el espacio.

El conocimiento de estas situaciones va a permitir "movilizar" recursos de prevención que bien consigan evitar que el incendio llegue a producirse o en el caso de que esto no sea posible que sus efectos sean mínimos.

Pero además, es necesario tener presente las características propias de un ámbito tan variado como la Comunidad Valenciana, en el que los factores de riesgo son cambiantes, y que en muchos casos son debidos a una compleja interrelación de múltiples factores. Se hace por tanto necesario que los gestores, a la hora, de tomar decisiones, dispongan de herramientas de apoyo, que deberán ser fiables y adecuadas a las características, sociales, climáticas y del medio físico del territorio dónde se van a aplicar.

El Sistema Integrado de Gestión (SIG), puesto en marcha a finales del año 2002 con carácter experimental es una herramienta dinámica, que aunque apoyada en un Sistema de Información Geográfica, es más amplia, ya que es capaz de gestionar y

generar, una información muy diversa, debiendo servir y alimentarse de los diferentes Programas de prevención de incendios forestales puestos ya en marcha por la Generalitat Valenciana y que han tenido unos resultados tan positivos a la hora de minimizar los efectos de los incendios forestales en la Comunidad Valenciana.

Difusión de mensajes preventivos

A pesar de la importancia de todas las actuaciones descritas, es necesario mantener y realizar campañas de difusión de mensajes preventivos entre todos los niveles de la población, ya sea mediante campañas generalistas, como las que se realizan a través de los medios de comunicación social, como radio, televisión o prensa escrita. O también y de manera muy importantes mediante campañas específicas, como pueden ser las destinadas al sector agrario que se encauzan a través de sindicatos y asociaciones agrarias, o las actuaciones específicas de educación ambiental.

La ejecución

La ejecución de estas actuaciones se realiza a través de dos vías, la inversión directa, y mediante subvenciones ya sea a los propietarios de terrenos forestales tanto públicos como privados, o a entidades, siendo la repercusión económica de las diferentes partidas la recogida en la tabla 2.

Tabla 2— *Se recogen los presupuestos dispuestos en el año 2003 para los diferentes programas de prevención de incendios forestales desarrollados en la Comunidad Valenciana*

Programas	**Euro**
Información y concienciación	167.980,00
Educación y difusión forestal	No cuantificable
Conciliación de intereses	4.277.386,00
Gestión	130.230,48
Plan de vigilancia y voluntariado forestal	10.154.677,99
Manejo del combustible forestal. Selvicultura preventiva	3.636.362,00
Voluntariado ambiental	778.015,20
Otras infraestructuras. Medios materiales y humanos	4.270.158,00
Total	**23.414.809,67**

Programa para el Seguimiento y Control Postincendio en los Ecosistemas Forestales de Moratalla, Murcia, España[1]

Juan de Dios Cabezas,[2] Remigio Masia [2]

Resumen

La gran complejidad de factores que concurren en un incendio, tales como el régimen de fuego, la época en la que se produce el incendio en relación a la fase de desarrollo anual de la vegetación presente, el tipo de vegetación, su capacidad de adaptación al fuego y sus características germinativas, la meteorología post-incendio, o incluso el efecto microclimático ligado a la diferente exposición, impide predecir con absoluta garantía, la capacidad de respuesta de la vegetación tras ocurrir un incendio.

El seguimiento de la evolución posterior de los sistemas forestales afectados por grandes incendios, ayuda al gestor a establecer las líneas de actuación más adecuadas para restaurar las áreas incendiadas.

El Programa de Seguimiento de los Incendios Forestales de la Región de Murcia que se presenta, ha puesto en marcha el estudio de los efectos que sobre sus ecosistemas forestales tuvieron dos grandes incendios, Calasparra, en 1991, con 800 ha afectadas y Moratalla, en 1994, con 24.000 ha, 65 por ciento arboladas.

Aunque la evolución de los sistemas forestales depende en gran medida de las condiciones ecológicas y del tipo de gestión que se lleva a cabo, la estructura y constitución de la población joven existente, o lo que es lo mismo, la regeneración, constituye uno de los aspectos más determinantes. Partiendo de la información territorial relativa a usos del suelo, vegetación, orografía, edafología, etc. .., y considerando el Inventario Forestal Nacional, realizado en el año 1999 en la Región de Murcia, como la principal fuente de información, el Programa zonifica el territorio en función de su estado de regeneración actual, examinando sus principales indicadores de estado.

Los resultados obtenidos han permitido caracterizar el proceso de manera adecuada para su utilización en la planificación de medidas de restauración, conservación y mejora de cubierta vegetal, sin olvidar otras actuaciones importantes para paliar los efectos de la erosión, como son la estabilización de laderas y la corrección de cauces torrenciales mediante hidrotecnias, y medidas de protección frente al riesgo de incendios forestales y a los daños fitosanitarios que inevitablemente se producen tras el incendio.

Introducción

En la Región de Murcia el problema de los incendios no tiene la incidencia que en otras regiones de la cuenca mediterránea. Durante el periodo 1992-2001, se

[1]Una versión mas corta de este trabojo fue presentada en el segundo simposio internacional sobre politicas, planificación y economía de los programas de protección contra incendios forestales: una visión global, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Dirección General de Medio Natural. Catedrático Eugenio Úbeda, 3. Murcia. CP 30008.

produjeron 1.393 incendios que afectaron a casi 28.000 ha, de las cuales 24.817 ha corresponden al incendio producido en Moratalla, en el año 1994.

Sin embargo, sus condiciones climáticas, con escasas precipitaciones y elevadas temperaturas, y lo que es más importante, determinadas condiciones estructurales, entre las que destacan el abandono del entorno rural y el estado de falta de gestión forestal de la mayoría de los terrenos forestales privados, causantes de la acumulación de combustibles forestales, crean el escenario propicio para la aparición del fenómeno de los incendios forestales.

La gravedad del problema exige la puesta en marcha de una política forestal integrada, que reconozca el riesgo permanente de los incendios como la base del establecimiento de una serie de actuaciones encaminadas a paliar el problema, y en esa línea se recoge en la Estrategia Forestal Española, y en el propio Plan Forestal Español, identificando la defensa y protección contra incendios como uno de los ejes prioritarios de actuación.

En esa misma línea, la Estrategia Forestal de la Región de Murcia plantea la necesidad de desarrollar una Gestión de la Protección contra Incendios para hacer frente a la siniestralidad originada por los incendios, articulada en diferentes niveles de planificación, en función de los objetivos perseguidos.

La planificación de las medidas de prevención, vigilancia y extinción, el fomento de la investigación y formación para conseguir mejorar el conocimiento del problema, son entre otras, las medidas de protección contra incendios que se recogen en la Estrategia Forestal de la Región, donde se concede especial importancia a la necesidad de desarrollar de forma prioritaria un Plan de Seguimiento de los Incendios Forestales, que mediante el estudio individualizado, continuo y sistemático de los incendios, permita definir unas líneas de actuación posterior, estableciendo procedimientos normalizados para el control y restauración de zonas incendiadas.

El análisis y revisión de los diversos factores que influyen en el estado de la cubierta vegetal tras haber sufrido un incendio, y la comprobación de la eficacia de las medidas emprendidas para su restauración, va a proporcionar información sobre la respuesta del ecosistema a los efectos del fuego, facilitando la identificación de las medidas necesarias para garantizar su completa restauración.

Desarrollo del plan

La zona en la que se realiza el estudio se encuentra situada al noroeste de la provincia de Murcia, incluida en su mayor parte en la Comarca del Noroeste y en el municipio de Cieza *(fig.1)*.

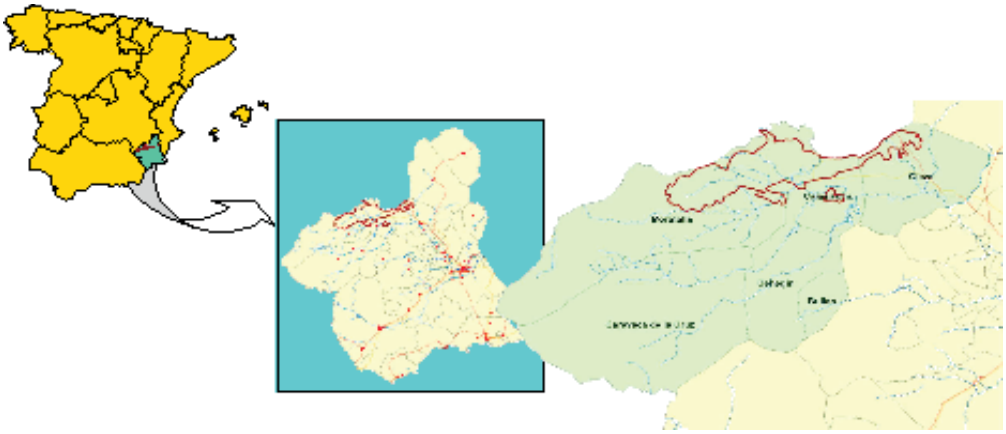


Figura 1—Localización geográfica de la zona de estudio.

La superficie geográfica de la zona asciende a 28.137 ha, de las cuales el 91 por ciento es superficie forestal, con un claro predominio de los sistemas arbolados en regeneración frente a las formaciones dominantes de matorral. Las formaciones arbóreas más extendidas son los pinares de *Pinus halepensis* en estado de regenerado, mientras que los encinares son más escasos y no se encuentran en estado puro sino entremezclados con el pinar *(fig.2)*.



Figura 2—*Pinus halepensis* en estado de regenerado.

Hay que señalar el valioso patrimonio natural de la zona de estudio, con ecosistemas diversos que albergan especies de flora y fauna de gran importancia, y que son objeto de un especial régimen de protección, ya que en la zona del incendio se distribuyen varias figuras de protección como las Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPAs): Sierra de Moratalla y Sierra del Molino, Embalse del Quipar y Llanos del Cagitán; los Lugares de Importancia Comunitaria (LICs): Sierra de la Muela, Sierras y Vega Alta del Segura y río Benamor; y un Espacio Natural Protegido: Reserva Natural de Sotos y Bosques de Ribera de Cañaverosa.

Tras los incendios, se procedió a la restauración de la cubierta vegetal con pino carrasco en ciertas zonas muy concretas, así como otros tratamientos selvícolas, principalmente realces, clareos y claras, en pequeñas superficies.

Otras actuaciones realizadas fueron la mejora de caminos, y restauraciones hidrológico forestales, esencialmente construcción de diques, cuyo principal objetivo es inhibir los posibles efectos negativos de pérdidas de suelo, erosión, desertificación etc, que son previsibles en un plazo de tiempo corto y moderado *(fig.3)*. También se realizaron tratamientos contra la procesionaria en el municipio de Moratalla.



Figura 3—Obras hidrológicas y mejora de caminos en la zona de estudio.

Partiendo de la información territorial relativa a usos del suelo, vegetación, fisiografía, edafología, etc. .., y considerando el Tercer Inventario Forestal Nacional realizado en el año 1999 en la Región de Murcia como la principal fuente de información, se procedió a zonificar el territorio en función de su estado de regeneración actual, para finalizar con el establecimiento de las medidas de actuación necesarias para la recuperación de este espacio *(fig.4)*.

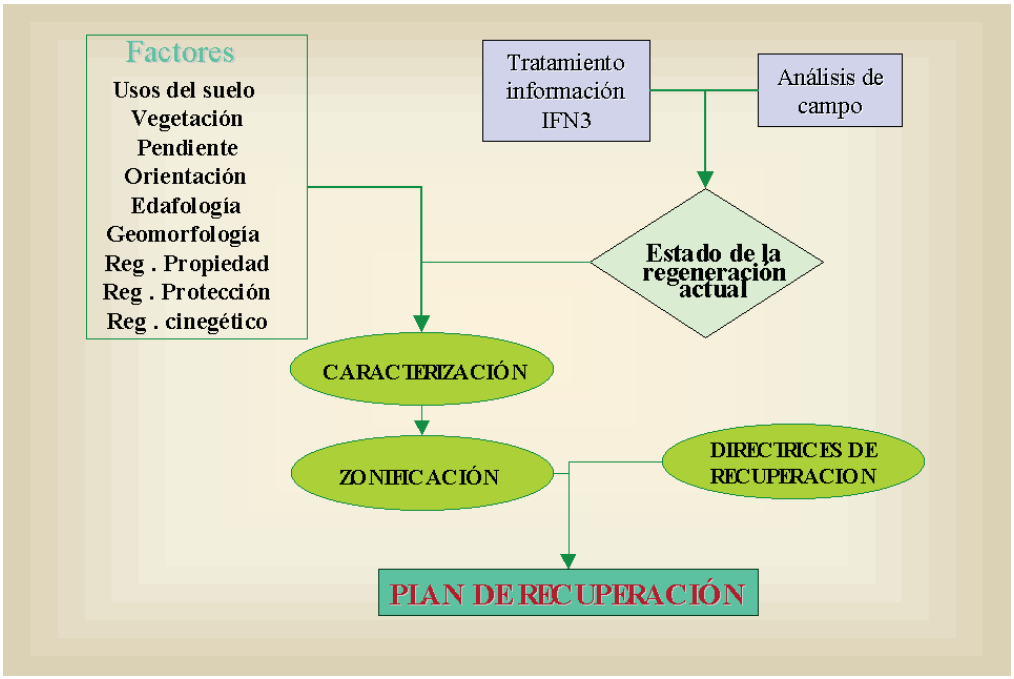


Figura 4—Contenido del programa.

Una escala territorial tan amplia, impide controlar con detalle las numerosas variables que influyen en la regeneración; no obstante, los resultados obtenidos permitieron caracterizar a grandes rasgos el proceso de manera adecuada para su utilización en la planificación forestal de la zona estudiada.

Estado de regeneración actual

La evolución de los sistemas forestales depende en gran medida de las condiciones ecológicas y del tipo de gestión que se lleva a cabo, pero la estructura y constitución de la población joven existente constituye uno de los aspectos más determinantes.

Con objeto de conocer el estado que presenta el regenerado en la actualidad, se analizaron sus principales indicadores, esto es, la densidad de regenerado y el estado de desarrollo en que se encuentra.

El estudio se realizó en el marco de un sistema de información geográfica, mediante el cual se **identificaron las parcelas de campo del Inventario Forestal Nacional** incluidas en la zona de estudio. El proceso de la información cartográfica y alfanumérica contenida en la base de datos asociada a las parcelas, relativa al tipo de regeneración y a la densidad o número de plantas en función de su categoría de desarrollo, que viene dada por la altura y el diámetro normal, permitió calcular el valor de la variable densidad de regeneración en cada punto de muestreo.

A continuación se procedió a. crear un modelo de regeneración mediante técnicas estadísticas, como la interpolación espacial, con objeto de estimar el valor de la variable en los puntos del territorio no muestreados en el área cubierta por las parcelas existentes. Para aplicar este método se creó una zona de buffer, esto es, aquella comprendida entre el límite de la superficie con un límite ficticio, formado por la sucesión de puntos que disten 5 kilómetros hacia el exterior de la frontera original. Conociendo los datos de regeneración de las parcelas incluidas en el buffer, y aplicando el método de interpolación espacial, se generó el modelo hasta el propio borde del área incendiada, corrigiéndose así la falta de valores. El resultado obtenido es el valor del indicador **densidad de regeneración de todas las especies (pies/ha) y en todas los estados de desarrollo** *(fig.5)*.

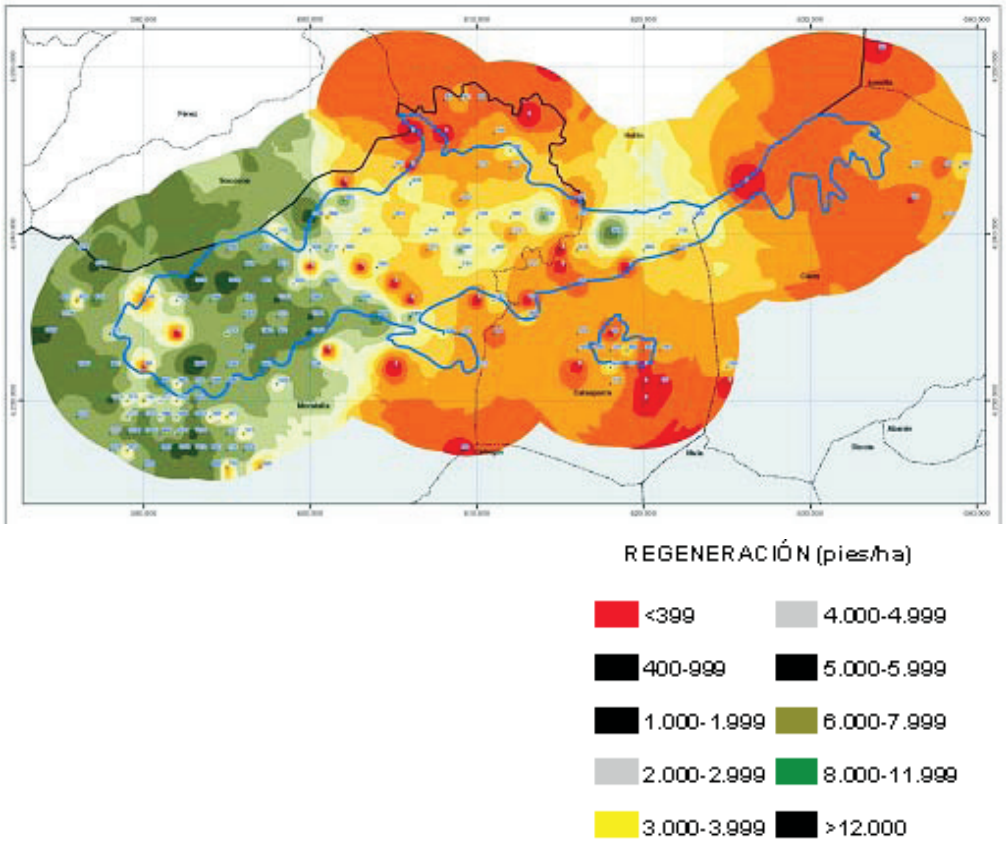


Figura 5—Mapa de regeneración.

Conocido el estado actual de regeneración en la zona de estudio, obtenido por interpolación espacial, se zonificó el territorio delimitando unidades territoriales homogéneas en las que las actuaciones propuestas estén plenamente justificadas.

En primer lugar, a partir de la ortofoto y con apoyo del SIG DINAMAP, se digitalizaron los diferentes recintos por fotointerpretación, atendiendo sobre todo al criterio de uso del suelo y grado de cubierta vegetal *(fig.6)*.

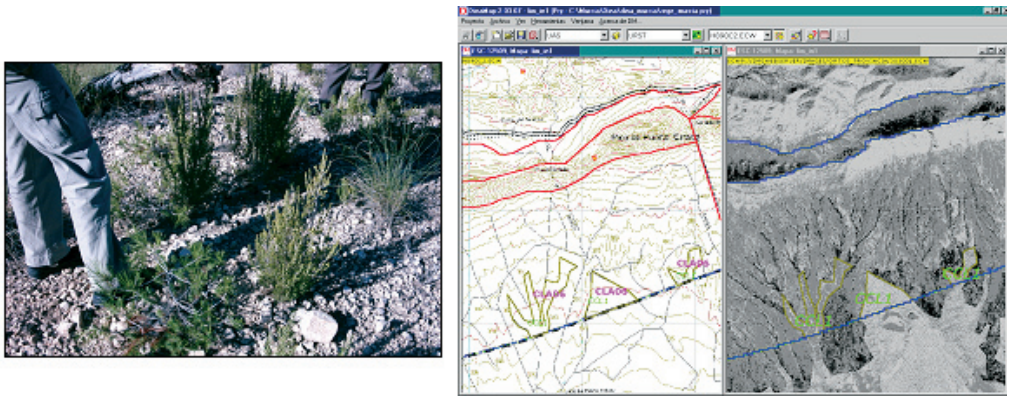


Figura 6—Trabajos de campo. Fraccionamiento del territorio en unidades homogéneas de regeneración (SIG DINAMAP).

Posteriormente, en fase de campo, se visitaron las diferentes unidades con objeto de verificar su homogeneidad en relación a la densidad del regenerado presente, y en caso contrario identificar y delimitar en campo nuevos recintos. Se estimó la densidad de regeneración para la especie dominante (*Pinus halepensis)*, estableciéndose una clasificación en nueve niveles según los valores siguientes *(tabla 1)*:

Tabla 1—*Densidad de regeneración: Datos de campo.*

Niveles	Nºpies/ha
1	<400
2	400-1.000
3	1.000-2.000
4	2.000-4.000
5	4.000-6.000
6	6.000-8.000
7	8.000-10.000
8	10.000-12.000
9	>12.000

Los resultados obtenidos permitieron identificar 92 unidades territoriales homogéneas desde el punto de vista de la regeneración, como se muestra en el esquema siguiente *(fig.7)*:

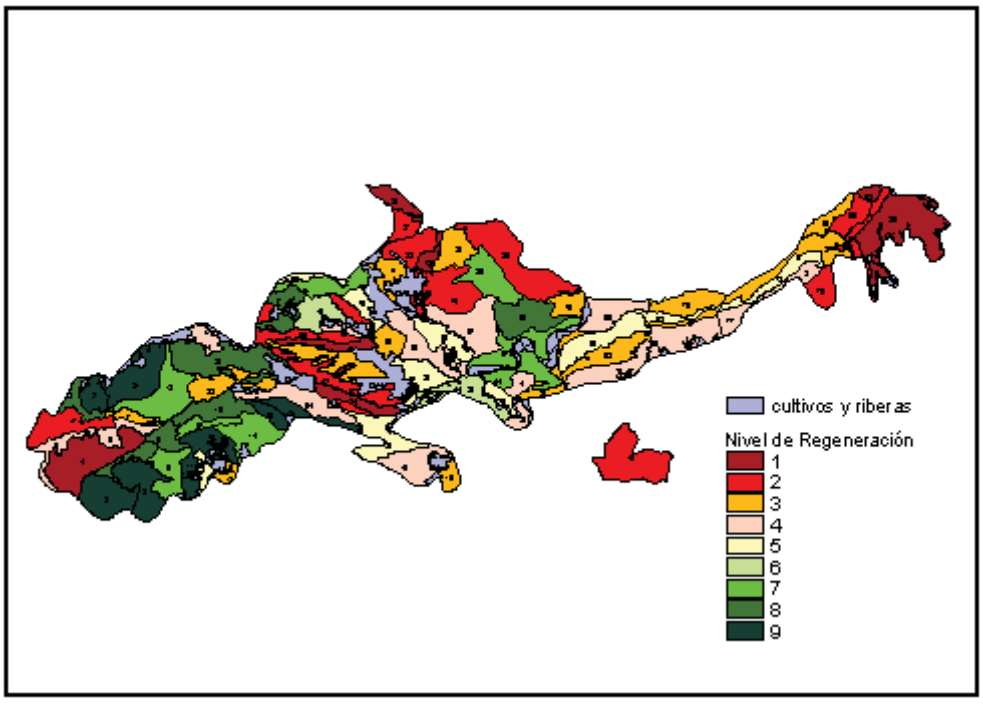


Figura 7—Zonificación del territorio según el nivel de regeneración.

Establecidas las unidades de regeneración homogéneas se procedió al desglose de estas según su propiedad para facilitar la programación de las actuaciones.

Fundamentos y directrices de la recuperación

La recuperación de la cubierta vegetal se produce en ocasiones de forma natural, sin la intervención humana, al menos cuando la intensidad del fuego es moderada o baja, o cuando las especies vegetales existentes disponen de mecanismos adaptados al incendio, como es el caso del *Pinus halepensis*, con un elevado porcentaje de semillas serotinas cuya dormición es superada por las altas temperaturas de un incendio.

Cuando el proceso de regeneración natural se encuentra en marcha y no se han realizado actuaciones posteriores al incendio en un plazo de tiempo corto, la mejor solución consiste en no actuar, puesto que el movimiento de la maquinaria podría dañar la vegetación incipiente.

Sin embargo, en la mayoría de los casos es necesaria la intervención humana, bien para favorecer la regeneración, mediante actuaciones selvícolas que mejoren la masa, o bien, a través de medidas de restauración, cuando la situación de pérdidas de suelo, erosión, etc., son previsibles en un plazo de tiempo corto o moderado.

Una vez caracterizado el territorio en función de su estado de regeneración, se programaron las actuaciones necesarias para restaurar la dinámica forestal.

Las actuaciones que se propusieron para la zona de estudio se encaminaron hacia la restauración, conservación y mejora de cubierta vegetal, sin olvidar otras actuaciones importantes para paliar los efectos de la erosión, como son la estabilización de laderas y la corrección de cauces torrenciales mediante hidrotecnias.

La protección de las cabeceras de cuencas, principalmente en terrenos de alta potencialidad erosiva, es una prioridad cuando el territorio haya perdido su cubierta vegetal, con ocasión de un incendio.

Igualmente, debe prestarse especial atención y así se recoge en la Estrategia Forestal de la región, a la restauración y conservación de los sistemas de ribera, por su importante papel de protección contra la erosión, por la regulación natural que ejercen sobre los caudales de avenida, por la contribución a la mejora de calidad de las aguas, y por la diversidad y riqueza que encierran en su ecotonos.

Finalmente, se realizaron una serie de actuaciones para favorecer la defensa del monte frente a los incendios forestales y a los daños fitosanitarios que inevitablemente se producen tras el incendio.

La restauración se planteó considerando que se debe llegar a una vegetación arbórea estable y permanente, en equilibrio con las condiciones del medio. Este objetivo general no excluye el mantenimiento de vegetación con menor nivel de madurez cuando estas aporten valores ecológicos o florísticos dignos de conservación o bien en donde la vegetación arbórea o arbustiva sea incompatible con las condiciones naturales de la estación, como es el caso de los espartizales.

Dado el carácter protector de estas repoblaciones se planificaron de acuerdo a criterios de protección contra incendios, de manera que en las proximidades de infraestructuras, como pistas, caminos etc., las repoblaciones efectuadas fueran de una densidad adecuadas al diseño de áreas cortafuego.

Las **actuaciones propuestas** para la restauración de la zona se estructuraron en dos apartados diferentes; por un lado, **actuaciones de tipo biológico**, que integran tanto las acciones de restauración, conservación y mejora de la cubierta vegetal, como actuaciones de control de daños fitosanitarios producidos tras el incendio, y en

segundo lugar una serie de **actuaciones complementarias**, de defensa contra la erosión y el riesgo que suponen los incendios forestales.

Para definir las actuaciones biológicas en la zona de estudio se consideró la división del territorio realizada en campo, a partir de la cuál, se efectuó una primera clasificación descartando a priori aquellas **zonas de no Actuación** correspondiente a los cultivos, terrenos improductivos y zonas de espartizal. El resto del territorio se consideró como **zonas de posible Actuación**, en las cuales se estudiaron la influencia de factores ecológicos como el estado actual de la regeneración, la pendiente, la orientación, altitud, edafología, régimen pluviométrico, etc.

Para establecer las unidades de Actuación se consideraron los factores más condicionantes: el **estado actual de la regeneración, la altitud y la pendiente del terreno**, ya que como se observó en campo, el modelo de regeneración refleja la influencia de la orientación con mayores densidades de regenerado en las umbrías, y la disponibilidad hídrica; mayores precipitaciones y zonas de acumulación de flujos se traducen en una regeneración más intensa; por otro lado la altitud condiciona las especies a introducir en el caso de que se plantee y por último la pendiente es determinante en la decisión del posible mecanizado de las labores de preparación del terreno. En cuanto a la edafología, se comprobó en el trabajo de campo que en general los suelos no son determinantes en el nivel de regenerado a excepción de aquellos que tienen unas características especiales, pero cuya distribución está muy localizada.

Una vez establecidos los rodales de Actuación y para determinar **la superficie objeto de la restauración,** se caracterizó el territorio según el desarrollo y densidad del regenerado. Para ello consideró en cada uno de los rodales la distribución superficial de la densidad del regenerado para cada una de las categorías *(tabla 2)*.

Las actuaciones propuestas son las siguientes:

Tabla 2—*Actuaciones según la categoría y densidad del regenerado.*

Actuación	Nºpies/ha
1	Restauración de la cubierta vegetal en zonas con densidad de 0-400 pies/ ha y categorías de regenerado 1
2	Restauración de la cubierta vegetal y realces en zonas con densidad de 0-400 pies/ ha y categoría de regenerado 2, 3 y 4
3	Restauración de la cubierta vegetal y realces en zonas con densidad de 400-1.000 pies/ ha y categoría de regenerado 1
4	Restauración de la cubierta vegetal y realces en zonas con densidad de 400-1.000 pies/ ha y categorías de regenerado 2, 3 y 4
5	Ayudas a la regeneración en zonas de 1.000-2.000 pies/ha y categoría de regenerado 1
6	Realces sobre la regeneración de pino carrasco en zonas de densidad 1.000-2.000 pies/ ha y categoría de regenerado 2
7	Desbroces y realces en zonas de 1.000-2.000 pies/ ha y categoría de regenerado 3
8	Desbroces y realces en zonas de 1.000-2.000 pies/ ha y categoría de regenerado 4
9	Tratamientos selvícolas consistentes en claras y clareos acompañados de desbroces en zonas con densidad mayor de 2.000 pies/ ha y categorías de regenerado 3 y 4
10	Tratamientos fitosanitarios: desfoliadores
11	Tratamientos fitosanitarios: perforadores

Para aquellas zonas con una regeneración escasa se planificaron actuaciones de carácter biológico, como son trabajos de restauración de la cubierta vegetal, junto con los realces, desbroces y ayudas a la regeneración en una superficie total de 16.545 ha, el 23 por ciento de las cuales sobre monte público.

En aquellas zonas donde existía una densidad de regeneración excesiva, se propusieron actuaciones consistentes en trabajos selvícolas de claras y clareos, sobre una superficie superior a las 3.200 ha, para tratar de favorecer el estado de desarrollo del regenerado presente.

Además, como consecuencia del debilitamiento que se produce en los sistemas forestales después de sufrir un incendio, se planificaron tratamientos a corto y medio plazo, tanto para defoliadores como para perforadores sobre un total de 24.512 ha.

Para garantizar la completa restauración de los ecosistemas afectados se estimó necesaria una inversión de 25.883.956 €, de la cual la mayor parte se destinaron a la ejecución de las actuaciones biológicas, 25.130.055 € y el resto en las medidas de carácter instrumental planificadas, principalmente la elaboración de planes de restauración hidrológico forestal y la planificación de medidas de protección contra incendios forestales.

Referencias

Brugarolas Molina, Carlos. 2002. **Repoblación forestal. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.** Revista Montes nº69; 78-82.

Martínez Fernández, Faustino. 2002. **Repoblación forestal. Nuevas experiencias.** Revista Montes nº69; 83-85.

Ministerio de Medio Ambiente. **Segundo Inventario Forestal Nacional. Región de Murcia. 1991.**

Ministerio de Medio Ambiente. **Tercer Inventario Forestal Nacional. Región de Murcia. 2003.**

Páez Blázquez, Manuel; Cabezas Cerezo, Juan de Dios; González Rincón, Alfredo. 1999. **Selvicultura preventiva contra incendios forestales.** Revista Foresta, Asociación y Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Forestales; 114-119.

Vélez Muñoz, Ricardo. 2000. **La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y experiencias.** Capítulo 4: Efectos del fuego en los ecosistemas forestales. Mc Graw Hill.

Desarrollo de las Medidas de Autoprotección contra Incendios Forestales: Aplicación a Instalaciones de Alta Vulnerabilidad[1]

Francisco Sanz de Julián,[2] Balbina López García[3]

Resumen

El Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), es un organismo público de investigación, fundado en 1942, que depende de la Secretaría de Estado de Defensa, dedicado a la investigación aeroespacial y al desarrollo tecnológico en otras áreas industriales.

El INTA lleva a cabo una amplia gama de actividades de investigación y desarrollo en distintas disciplinas aeronáuticas, sistemas de comunicación y navegación, teledetección, etc…, cuyo desarrollo precisa de instalaciones sofisticadas y tecnológicamente avanzadas, que pueden verse en peligro en caso de producirse un incendio forestal.

La amenaza que suponen los incendios forestales constituye un riesgo que es materia de planificación de Protección Civil, y así se considera en la Norma Básica de Protección Civil, que determina la necesidad de elaborar Planes Especiales de Protección contra Incendios, en los ámbitos territoriales que así lo requieran.

La Comunidad de Madrid cuenta con el INFOMA, integrado en el PLATERCAM, que recoge la organización y procedimiento de actuación de los recursos y servicios cuya titularidad corresponde a la Comunidad Autónoma de Madrid, y la de aquellas que le puedan ser asignadas por la Administración del Estado, o por otras Entidades Públicas o Privadas. Su finalidad de hacer frente a las emergencias por incendios forestales dentro del territorio madrileño, y establece en su adenda nº 5, la necesidad de Planes de Autoprotección ante incendios forestales, como instrumentos de actuación "donde se recojan todos los medios (personales y materiales existentes en una empresa, núcleo de población aislada, urbanizaciones, campings, etc, radicados en una zona forestal o en las proximidades de la misma, así como las normas de actuación encaminadas a la prevención, iniciación de la extinción y protección a la población, hasta la llegada e intervención de los Grupos de Acción exteriores".

En este marco se elabora el Plan de Protección contra Incendios Forestales del INTA, que recoge el conjunto de medidas preventivas que permiten dar una respuesta adecuada y eficaz ante la posible ocurrencia de un incendio forestal.

---

[1]Una versión mas corta de este trabojo fue presentada en el segundo simposio internacional sobre politicas, planificación y economía de los programas de protección contra incendios forestales: una visión global, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial "Esteban Terradas". Secretaría de Estado de Defensa. Ministerio de Defensa. Carretera de Ajalvir, km 4. Madrid. CP 28850.

[3] Área de Servicios Forestales. Subdirección de Planificación Ambiental. Tecnologías y Servicios Agrarios, S.A. (TRAGSATEC). Julián Camarillo, 6. Madrid. CP 28037.

Introducción

El objetivo general del Plan es dotar al INTA de una serie de medidas de autoprotección, incidiendo en aspectos preventivos como el control del combustible forestal y la disponibilidad de agua, para garantizar la protección contra incendios que pudieran originarse en superficie forestal, afectando por su colindancia a las instalaciones del Instituto.

La consecución de este objetivo, se concreta a partir de la identificación de los sistemas forestales presentes y su combustibilidad, de la cuantificación del riesgo de incendio y de la localización de los elementos vulnerables al fuego, con objeto de zonificar el territorio y priorizar las medidas de defensa *(fig.1)*.

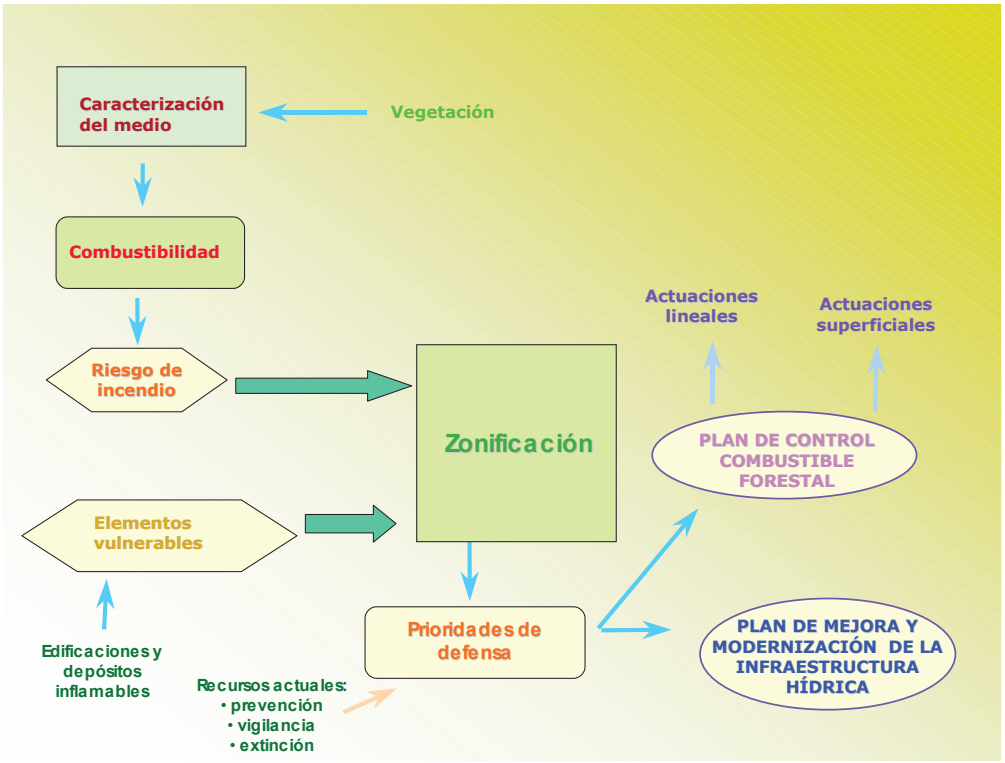


Figura 1—Organización del Plan.

Descripción de la situación

El INTA cuenta con diversas instalaciones distribuidas por España, si bien, las instalaciones principales en las que se desarrolla este Plan, se encuentran situadas en el término municipal de Torrejón de Ardoz, con una superficie algo superior a las 363 ha.

El ámbito territorial del Plan, está integrado por dos zonas claramente diferenciadas: una de carácter eminentemente forestal, aunque alberga algunas instalaciones, que se extiende sobre 306 ha, lo que supone el 84 por ciento de la superficie; y otra con predominio de suelo urbano, que incluye la casi totalidad de infraestructuras e instalaciones con que cuenta el Instituto.

La clasificación de la superficie por uso y la identificación de los sistemas forestales se realiza a partir de la ortofoto georreferenciada suministrada por el

Laboratorio de Teledetección-INTA, a partir de un vuelo realizado con la cámara AMDC (Airborne Multiespectral Digital Camara) a comienzos de 2002, con apoyo del SIG Dinamap, software propio de TRAGSATEC, orientado al desarrollo de proyectos con tres componentes básicas: cartografía, Bases de Datos e Imágenes.

Desarrollo del Plan

Zonificación del territorio

En la zona **forestal**, el aspecto más relevante es el **riesgo de propagación**, interpretado en el Plan a través de la combustibilidad. No se considera la influencia del relieve debido a que los desniveles en la zona se sitúan por debajo de los 50 metros, por lo que el efecto de este factor en la propagación no tiene relevancia.

Dentro de la zona **urbana**, prácticamente todos los edificios, poseen ocupación durante los días laborables, por lo que todos los edificios presentan vulnerabilidad poblacional, circunstancia que hace necesario contar con Planes de evacuación.

Además, aspectos como materiales inflamables o actividades que pudieran albergarse y desarrollarse en determinadas instalaciones, cobran una especial relevancia y han sido considerados a la hora de priorizar las medidas preventivas.

Por tanto, se ha zonificado el territorio considerando los aspectos del riesgo de propagación y la clasificación de elementos vulnerables *(fig.2)*.

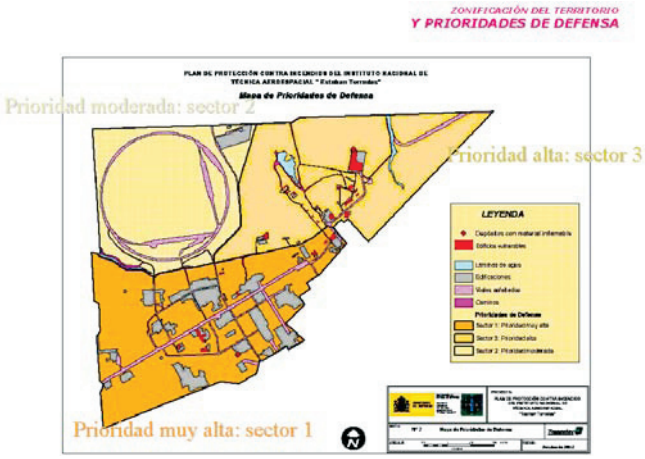


Figura 2—Mapa prioridades de defensa.

De esta zonificación, surgen unas prioridades de defensa, que se plasman en dos Planes: Plan de mejora y modernización de la infraestructura hídrica y Plan de control del combustible forestal.

Plan de mejora y modernización de la infraestructura hídrica

Las instalaciones del INTA cuentan con una compleja red de tuberías de agua de pozo, que proporciona agua a 40 hidrantes, todos ellos de tipo 100 excepto dos de tipo 80, por medio de una bomba de 20 KW de potencia que suministra una presión

entre 3,5 y 4,5 kg/cm^2. La bomba toma agua de un estanque de 800 m^3 que se rellena por medio de una bomba sumergida que toma agua del pozo. Además, el sistema contra incendios cuenta con una serie de hidrantes que dan servicio a determinados edificios que no se alimentan por medio de la citada red de agua del pozo sino por depósitos auxiliares o por conexión directa al Canal de Isabel II.

En total, el I.N.T.A., dispone de un total de 53 hidrantes exteriores, 83 válvulas y 15.700 m de conducciones, mayoritariamente de P.E.A.D. polietileno de alta densidad y fibrocemento.

Para el cálculo de las necesidades de la instalación se ha tenido en cuenta la normativa[4] existente y para el dimensionamiento de la instalación, asignación de los materiales, diámetros y timbrajes de las tuberías, así como determinación de los grupos de bombeo necesarios se ha realizado por medio de un software[5] especialmente diseñado para el cálculo de redes de abastecimiento y de riegos y que permite simular las condiciones más desfavorables de abastecimiento.

Una vez realizados los cálculos de la red que existe actualmente en el I.N.T.A., se ha comprobado que es necesario la sustitución de algunos tramos de tuberías para satisfacer las condiciones de cálculo impuestas más desfavorables. También ha sido necesaria la incorporación de otra bomba y otro grupo electrógeno, de modo que la red de agua del pozo disponga de dos bombas de impulsión y de dos grupos electrógenos, colocados en paralelo para que ambas bombas puedan funcionar por medio del suministro eléctrico y, en caso de fallos en el suministro eléctrico, por medio de un grupo electrógeno.

Así mismo, el Plan contempló la incorporación de 35 nuevos hidrantes de tipo 100, 15 de los cuales irían situados de forma consecutiva a lo largo de la pista de pruebas separados una distancia de 200 m, mientras que los 20 hidrantes restantes irían situados en distintos puntos de la red de agua del pozo que rodea a la zona edificada.

Plan de control del combustible forestal

La ordenación del combustible o selvicultura preventiva es la herramienta idónea para crear discontinuidad horizontal y vertical en el combustible. La modificación y eliminación del combustible, puede realizarse de varios modos: mediante desbroce mecánico, con aplicación de fitocidas o mediante quemas prescritas principalmente. Las especiales características del ámbito territorial en el que se encuentra el INTA, aconsejan las siguientes actuaciones:

- **Actuaciones lineales**, consistentes en la creación de unas fajas cortafuego, con un mantenimiento continuado en el tiempo, que constituyan una barrera al avance del fuego al tiempo que sirvan apoyo para los medios de extinción. En total suponen más de 16 km de actuaciones.
- **Actuaciones superficiales**, que incluye los **tratamientos selvícolas** y el **desbroce químico.** Los primeros**,** integran los clareos y las claras, que

[4] Norma Básica de la Edificación NBE-CPI/96: Condiciones de protección contra incendios en los edificios y Reglamento de prevención de incendios de la Comunidad Autónoma de Madrid.

[5] GESTAR, diseñado conjuntamente por el Departamento de Agricultura y Medio Ambiente del Gobierno de Aragón, por la Escuela Universitaria Politécnica de Huesca perteneciente a la Universidad de Zaragoza, y por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología

contribuyen a la modificación de los modelos de combustible, tratando de romper con la continuidad horizontal de los mismos. Estos tratamientos suponen algo más de 23 ha de actuación. Por otro lado, el **desbroce químico**, se utiliza como mejor alternativa para proteger las zonas colindantes a los edificios. El fitocida elegido ha sido el glifosato, que es un fitocida sistémico, no selectivo y de amplio espectro, además de ser rápidamente biodegradable. Se ha de aplicar en una banda de 25 m, alrededor de los edificios, lo que supone 44 ha de tratamiento.

Referencias

Boletín Oficial de las Cortes Generales. Ministerio del Interior, 8 de marzo de 1993. **Informe de la Ponencia designada en el seno de la Comisión de Agricultura y Pesca sobre Incendios Forestales.**

Boletín Oficial del Estado. **Ley 2/1985, de 21 de enero, sobre Protección Civil**.

Boletín Oficial del Estado. **Real Decreto 407/1992, de 24 de abril, por el que se aprueba la Norma Básica de Protección Civil.**

Boletín Oficial del Estado. Orden de 2 de abril de 1993. **Directriz Básica de Planificación de Protección Civil de Emergencia por Incendios Forestales.**

CEMAGREF, 1988. Division Techniques Forestières Mèditerranèennes Jean de Montgolfier. **Guide technique du forestier méditerranéen français. Protection des forets contre l'incendie**

Dirección General de Protección Civil. 1996. **Plan Estatal de Protección Civil para Emergencias por Incendios Forestales. Ministerio del Interior.**

Departamento de Agricultura y Medio Ambiente del Gobierno de Aragón, Escuela Universitaria Politécnica de Huesca perteneciente a la Universidad de Zaragoza, y Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología. **Gestar, guía del usuario, versión 1 (Win 95)**

ICONA, 1981. **Técnicas para defensa contra incendios forestales**. Monografía nº 24. Varios autores.

ICONA, 1987. **Manual de Prevención de Incendios mediante tratamiento del combustible forestal**

ICONA, 1991. **IV Curso Superior de Incendios Forestales.** Varios autores. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

ICONA, 1993. **Manual de Operaciones contra Incendios Forestales**

Rothermel, R. C. 1972. **A mathematical model for fire spread predictions in Wildland fuels**. USDA Forest Service. Int USA.

Rothermel, R. C. 1983. **How to predict the spread and intensity of forest and range forest fires**. USDA Forest Service. Int USA.

Universidad de Santiago de Compostela. Escuela Politécnica Superior. Campus universitario. Lugo. 1997. **Ponencias sobre el estado de la investigación y el desarrollo en protección contra incendios forestales en España.I Seminario Nacional.**

Vélez, R., y otros. 2000. **La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y experiencias**. Mc Graw Hill.

Esta página se deja en blanco intencionadamente.

Análisis Macroeconómico de las Inversiones en Protección contra Incendios Utilizando Matrices de Contabilidad Social: Aplicación a la C.F. de Navarra[1]

Marcelino Pellitero,[2] Patricia Suarez[3]

Resumen

En este trabajo se ha realizado un análisis que permite valorar desde un punto de vista macroeconómico, los efectos que las inversiones en protección contra incendios tienen sobre la economía regional. La novedad que presenta la metodología utilizada, consiste en haber integrado el importe de dichas inversiones dentro de un modelo de circulación general económico consistente en una Matriz de Cuentas Sociales (MCS) para la Comunidad Foral de Navarra (CFN), elaborada a partir de sus Tablas Input–Output (TIO), con el fin de capturar de este modo, tanto los efectos directos, indirectos e inducidos de las mismas mediante la aplicación de la teoría de los multiplicadores de Leontief. El análisis permite justificar el respaldo económico y financiero de este tipo de políticas de gestión forestal, no sólo desde el prisma ambiental, protección de las funciones ecológicas de la superficie forestal, sino desde un punto de vista macroeconómico, al poner de manifiesto que dichas inversiones provocan una dinamización de la economía regional, al obtenerse un incremento del Producto Interior Regional —PIB regional— que supera al importe de las inversiones y que viene acompañado de la creación de empleo.

Introducción

El fuego es la principal amenaza para la supervivencia de los bosques y del resto de superficies forestales de la Península Ibérica. A diferencia de otras partes del mundo, donde la mayoría de los incendios tienen un origen natural (rayos), en la Península Ibérica prevalecen aquellos incendios forestales originados por causas antrópicas. Paradójicamente, la causa principal de estos incendios forestales está unida al progreso económico y social que ha experimentado su población.

Esta mejora en las condiciones de vida es la responsable de la migración de la población rural hacia las zonas urbanas, del descenso del ritmo de crecimiento demográfico, del abandono de las tierras de cultivo y del creciente desinterés en la utilización de recursos forestales como fuente de energía.

Como consecuencia directa de lo anterior, se ha producido una expansión de la superficie forestal, un abandono del medio rural y lo que es más importante, una acumulación de combustible debido al exceso de biomasa, contribuyendo de una

[1]Una versión mas corta de este trabojo fue presentada en el segundo simposio internacional sobre politicas, planificación y economía de los programas de protección contra incendios forestales: una visión global, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] Licenciado en Economía. Área de Desarrollo Rural, Subdirección de Planificación Ambiental. Tecnologías y Servicios Agrarios, S. Conde Peñalver, 84. 28006 Madrid, España.

[3] Licenciada en Derecho. Área de Desarrollo Rural, Subdirección de Planificación Ambiental. Tecnologías y Servicios Agrarios, S. Conde Peñalver, 84. 28006 Madrid, España.

manera determinante al incremento del riesgo de incendio y dando lugar, además, a una nueva tipología de incendio forestal, caracterizado por su voracidad y rapidez de propagación y que afecta a superficies cada vez mayores.

Las inversiones en protección contra incendios forestales son, actualmente, la única manera de reducir los daños económicos, ambientales y personales producidos por dichos incendios. En este trabajo, a partir de la cuantía total de los programas económicos destinados a la prevención de incendios forestales durante el año 1996, se calculan los efectos macroeconómicos de las políticas de gestión forestal en la Comunidad Foral de Navarra (CFN).

Para vincular las inversiones en protección contra incendios con la economía regional es necesario tener en cuenta las interrelaciones entre los distintos sectores productivos. La cuantificación de este impacto se aborda desde el análisis Input–Output (I-O), en concreto con las Matrices de Contabilidad Social (MCS) o Social Accounting Matriz (SAM) a partir de los multiplicadores derivados de éstas.

Desgraciadamente la información contenida en una tabla I-O convencional puede ser incompleta a efectos de valorar impactos macroeconómicos regionales cuando las relaciones que definen el uso de los recursos no son exclusivamente industriales. Los modelos I-O no incorporan información sobre los efectos externos a los procesos productivos de la economía, es decir, sobre la distribución y circulación de la renta entre los agentes económicos (Thorbecke 1985). Por ello se ha seguido un enfoque a partir de autores como (Pyatt y Round 1985) o (Atkinson 1996) quienes comenzaron a desarrollar una aproximación más completa basada en las MCS. A partir de ella (Khan y otros. 1990) o (Martínez de Anguita 1999) entre otros han comenzado a emplear multiplicadores MCS que amplían el impacto de un cambio de uso en los recursos, recogiendo los efectos directos, indirectos e inducidos en las rentas de este cambio, y que permiten a su vez, la necesaria integración del medio ambiente en el flujo económico.

Para determinar el impacto global de dicha política de gestión forestal, se amplía el análisis mediante la utilización de una MCS quedando de este modo, plenamente recogido el proceso circular de la economía, (Field 1997), (Pearce y Turner 1989) y permitiendo por lo tanto, estimar de una forma más precisa no sólo los efectos directos e indirectos sino también los inducidos de las medidas adoptadas —impulsos y arrastres que se generan en la economía regional.

Metodología

Las Matrices de Contabilidad Social

Las MCS son herramientas de análisis muy útiles que permiten estudiar, bajo un enfoque cuantitativo, la estructura económica de una entidad determinada, independientemente del tamaño que ésta tenga. La MCS posibilita también la evaluación de los efectos que sobre dicha estructura provocan diversos cambios exógenos como aquellos relacionados con las reformas en materia de política económica.

Basadas en la lógica del análisis Input–Output, las MCS intentan corregir y superar algunas de las limitaciones más obvias de las bases de datos convencionales usadas para el análisis económico: incorporar todas las transacciones económicas que se producen entre todos los agentes en una determinada economía y, de forma más concreta, mostrar la interrelación mutua entre la estructura de producción, la

distribución del ingreso y los patrones de consumo, además de modelar el efecto de un cambio en las variables exógenas en la estructura de la producción y en las diferentes instituciones económicas.

Una MCS es la representación contable de todos los flujos de un sistema económico durante un periodo determinado (generalmente un año). Equivale a una fotografía de los vínculos existentes entre los sectores productivos de un país, de una región, de una comunidad o de un conjunto de ellos. La MCS es una extensión de la Tabla Input–Output (TIO) de (Leontief 1966), e incluye, además de la estructura de producción, datos sobre la distribución del ingreso y la estructura de la demanda de las instituciones.

Efecto Multiplicador de las Inversiones en Protección contra Incendios Forestales. Aplicación a la C.F. de Navarra.

Los impactos económicos sobre la economía regional pueden estimarse con los multiplicadores mediante el análisis de las tablas Input–Output o el de los modelos MCS siendo este último más completo. El análisis de multiplicadores se usa para estimar los impactos económicos regionales que resultan a partir de los cambios en la demanda final de un bien o servicio o un grupo de ellos (Alward y otros 1993). También se pueden utilizar para estimar el recorte económico que supondrá una tasa o impuesto aplicando la teoría de los multiplicadores en sentido inverso (Miller y Blair 1985).

Para hallar el efecto multiplicador de las inversiones en protección contra incendios forestales se parte de las TIO de la economía navarra de 1996 (Gobierno de Navarra 1997). Con el fin de facilitar el análisis de dichos efectos, se realizó una modificación de los sectores que componían las TIO originales. Más concretamente, se agruparon los 24 sectores de las TIO de Navarra en 11, que son los siguientes: Agricultura, Ganadería, Selvicultura, Industria Agroalimentaria, Químico–Textil, Minero, Metalúrgico, Elementos de Transporte y sus piezas, Administración Pública, Servicios y Otros. Los tres primeros fueron desagregados, mientras que los restantes fueron agregados. Una vez establecidas las TIO con la nueva distribución sectorial, se construyó la MCS de Navarra.

Posteriormente, se calcularon los multiplicadores MCS de tipo Backward[2] obteniéndose los siguientes resultados *(tabla 1)*.

Tabla 1— *Multiplicadores tipo Backward*[1] *de los diferentes sectores productivos.*

Sectores	Multiplicador Backward (tipo I)	Multiplicador Backward (tipo III)
Agricultura	1,16906	1,20403
Ganadería	1,39510	1,44131
Selvicultura	1,00236	1,00888
I. Agroalimentaria	1,37107	1,46005
Químico–Textil	1,11671	1,20137
Minero	1,23193	1,38256
Metalúrgico	1,19615	1,29002
Elem. Transporte	1,19416	1,26466
Otros	1,22416	1,33972
Admón. Pública	1,32507	1,85286
Servicios	1,29772	1,50697

[1]Los multiplicadores Backward, proceden en la matriz de Leontief elaborada a partir de la MCS de los coeficientes técnicos de producción. Los multiplicadores tipo I sólo recogen el efecto interindustrial

mientras que los tipo III recogen el efecto regional incluido todo el ciclo circular de la economía, es decir, capturan un efecto más amplio. **Fuente:** Elaboración Propia

La relevancia e idoneidad de la utilización de los multiplicadores MCS de tipo Backward queda recogida en como varía el peso del resto de sectores respecto a la distribución obtenida en los multiplicadores TIO, es decir, el análisis MCS estima de una forma más completa las relaciones entre los sectores productivos al recoger la totalidad del ciclo económico. A continuación, se detalla esta reasignación de pesos entre los sectores productivos para el caso del multiplicador Backward de la Selvicultura, sector destinatario de las inversiones en materia de protección contra incendios forestales *(tabla 2)*.

Tabla 2—*Distribución de pesos según el tipo de multiplicador utilizado(en porcentaje).*

Sectores	Pesos en el Multiplicador Backward (tipo I)	Pesos en el Multiplicador Backward (tipo III)
Agricultura	0,00 pct	0,01 pct
Ganadería	0,00 pct	0,00 pct
Selvicultura	99,77 pct	99,12 pct
I. Agroalimentaria	0,00 pct	0,02 pct
Químico–Textil	0,01 pct	0,01 pct
Minero	0,00 pct	0,01 pct
Metalúrgico	0,01 pct	0,02 pct
Elem. Transporte	0,00 pct	0,00 pct
Otros	0,11 pct	0,25 pct
Admón. Pública	0,00 pct	0,04 pct
Servicios	0,10 pct	0,52 pct

Fuente: Elaboración Propia

Se observa que en el caso del multiplicador MCS, el peso del resto de sectores sube al 0,88 por ciento con respecto al 0,23 por ciento que se obtiene por el análisis TIO. Esto quiere decir que el efecto que recoge el multiplicador MCS es un 282,61 por ciento mayor que el que se obtiene mediante el multiplicador TIO.

Resultados y Discusión

Ante la dificultad de conseguir los datos presupuestarios referentes a la prevención de incendios en la CFN en el año 1996, y puesto que la cifra destinada a la prevención de incendios en el año 1998 que aparece en el Plan Forestal de Navarra (Gobierno de Navarra 1998) se ha basado en datos reales de años anteriores, se considera que es bastante aproximada y se toma como válida para el año 1996.

Mediante la utilización del multiplicador Backward del modelo MCS, se obtiene el efecto global que las inversiones en protección contra incendios durante el año 1996 han tenido en la economía navarra. De este modo se obtiene estos fondos, que ascendieron a 1,827 millones de euros, produjeron un aumento en el PIB regional de 1,843 millones de euros, correspondiendo 0,016 millones de euros a los efectos indirectos e inducidos que el sector Selvícola provoca en la economía regional repercutiendo principalmente en el sector Servicios, 59,56 por ciento, y en el sector Otros, 28,15 por ciento.

El modesto valor alcanzado por el multiplicador del sector forestal de Navarra, está en consonancia con el valor que se obtiene a escala nacional, y pone de manifiesto su escaso desarrollo debido principalmente a que nos encontramos ante un

sector que tradicionalmente no está considerado como clave o estratégico en el desarrollo económico tanto a escala regional como nacional.

Para el cálculo de los efectos de estas inversiones sobre el empleo regional, se identificó la relación existente entre la Producción y los empleos para cada sector económico *(tabla 3)*.

Tabla 3—*Proporción entre Producción y empleos por sectores (millones de euros/empleo)*

Sectores	Multiplicador	Sectores	Multiplicador
Agricultura	0,03278	Metalúrgico	0,13550
Ganadería	0,03278	Elem. Transporte	0,20880
Selvicultura	0,03278	Otros	0,12993
I. Agroalimentaria	0,13277	Admón. Pública	0,04907
Químico–Textil	0,10980	Servicios	0,05732
Minero	0,09678		

Fuente: Elaboración Propia

De este modo se obtiene que los 1,827 millones de euros invertidos, generaron 56 puestos de trabajo directos (en el sector forestal). Del mismo modo, se obtiene que para la creación de empleo indirecto e inducido en otros sectores, serían necesarias inversiones superiores a los 10 millones de euros.

Conclusiones

Mediante la utilización de los multiplicadores del modelo MCS se obtiene el efecto global que las inversiones en protección contra incendios producen en la economía navarra. El presente análisis justifica, de un modo inequívoco, el respaldo económico y financiero a este tipo de políticas de gestión forestal, al poner de manifiesto que dichas inversiones provocan una dinamización de la economía regional, incremento del PIB regional, superior al importe de las inversiones realizadas.

Las inversiones destinadas a la prevención contra incendios, produjeron un aumento en el PIB regional de 1,843 millones de euros, correspondiendo 0,016 millones de euros a los efectos indirectos e inducidos que el sector selvícola provoca en las otras ramas de actividad de la economía regional.

Las inversiones en protección contra incendios forestales han sido responsables de la creación de aproximadamente el 50 por ciento de los empleos directos del sector forestal primario, generación de 56 empleos (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales 2000).

Aunque el sector forestal no contribuya con un porcentaje muy significativo al PIB regional, se debe considerar fundamental su vertiente productiva, dada la importancia estratégica que tiene, sobre todo en zonas de montaña o deprimidas, para la fijación de la población rural al territorio.

Debido a las funciones esenciales que cumplen los bosques, tanto desde el punto de vista económico (producción de madera), como ecológico (mantenimiento de la biodiversidad, sumidero de CO2, conservación del agua y suelos, etc.), las inversiones en prevención de incendios forestales y por ende el sector forestal, han de ser considerados como estratégicos ya que además de dinamizar la economía regional, garantizan la calidad de vida futura de los ciudadanos y constituyen uno de los principales pilares del desarrollo rural sostenible.

Referencias

ALWARD, G., SIVERTS, E., CAROL TAYLOR and WINTER, S. 1993. **Micro INPLAN User's guide**. Colorado. United Department of Agriculture. Fort Collins.

ATKINSON, G. 1996. **Sustainable Development, Theory, Measurement and Policy**. Madrid. Traducido en Recursos, Ambiente y Sociedad: Información Comercial Española, 751p.

FIELD, BARRY C. 1997. **Environmental Economics: An introduction**. New York. 2nd Edition. McGraw Hill Companies.

GOBIERNO DE NAVARRA, 1997. **Cuentas Regionales de Navarra. 1995. Tablas Input-Output**. Pamplona. Araldi S.L. y Servicio de Estadística del Gobierno de Navarra.

GOBIERNO DE NAVARRA, 1998. **Plan Forestal de Navarra.** Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Vivienda del Gobierno de Navarra.

KHAN, H., C. F. SENG y W. K. CHEONG. 1990. **Tourism Multiplier Effects on Singapore**. Annals of Tourism Research, 17, 408-418.

LEONTIEF, W. 1966. **Input-output economics**. New York. Oxford University Press.

LEONTIEF, W. 1970. **Environmental repercussions and the economic structure: An input-output approach**. The Review of Economics and Statistics 52: 3.

MARTÍNEZ DE ANGUITA, P. 1999. **Introducing the environment into a Social Accounting Matrix**. Syracuse. New York. Masther Thesis. SUNY- ESF.

MILLER, R.E., y P.D. BLAIR. 1985. **Input-Output analysis: Foundation and Extensions**. NJ .Englewood Cliffs. Prentice Hall.

MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES 2000. **Información sobre mercado de trabajo. Resumen anual de datos del Observatorio Ocupacional 1999**. Madrid. Instituto Nacional de Empleo.

PEARCE, DAVID W. and R. KERRY TURNER. 1990. **Economics of Natural Resource and the Environment**. Johns Hopkins Press.

PYATT. G, y J. J. ROUND eds. 1985. **Social Acounting Matrix: A basis for planning. Washington**. The World Bank.

THORBECKE, E. 1985. **The Social Accounting Matrix and Consistency - Type Planning Models. In Social Accounting Matrices: A basis for planning**. Washington. World Bank Symposium.

Sistema Integrado de Gestión para la Prevención de Incendios Forestales: Su Aplicación en la Comunidad Valenciana (España)[1]

Luis Velasco,[2] Jorge Suárez[2]

Resumen

La prevención de incendios forestales exige poder dar respuesta a una serie de preguntas básicas como son: ¿Dónde se puede producir un incendio?, ¿Cuándo se puede producir?, ¿Cómo será?. Para poder obtener sus respuestas es necesario un correcto conocimiento de las situaciones de riesgo en el tiempo y el espacio. Conocer esas situaciones de riesgo es necesario para "movilizar" unos recursos de prevención y extinción que permitan evitar que el incendio llegue a producirse o que sus efectos, de llegar a producirse, sean mínimos.

Las características del medio donde se pueden producir esos incendios son muy variadas, de manera especial en un ámbito mediterráneo como la Comunidad Valenciana, donde los factores de riesgo son cambiantes y en muchos casos debidos a una compleja interrelación de múltiples y diversos factores. Es necesario que los gestores, en la toma de decisiones, dispongan de herramientas de apoyo, las cuales deberán ser fiables y adecuadas a las características sociales, climáticas y del medio físico del territorio donde van a ser aplicadas.

El Sistema Integrado de Gestión, puesto en marcha en la Comunidad Valenciana, se ha diseñado como una herramienta dinámica, que si bien apoyada en un Sistema de Información Geográfica, es algo más amplio, al ser capaz de gestionar y generar información diversa, dando servicio y retroalimentándose de los programas de prevención de incendios forestales desarrollados por la Generalitat Valenciana

[1] Una versión abreviada de esta ponencia se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía de los programs de protección contra incendios forestales: una visión global, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] Conselleria de Territori i Habitatge. Generalitat Valenciana. C/Francisco Cubells 7.46011 Valencia España. velasco_lui@gva.es y suarez_jor@gva.es.

Introducción

La prevención de los incendios forestales exige el conocimiento tanto de los recursos disponibles como de las posibles situaciones de riesgo. La Comunidad Valenciana es un territorio con unas marcadas condiciones mediterráneas, donde las condiciones meteorológicas cambian de manera constante, condiciones que son además de especial relevancia en los valores diarios de riesgo de incendio forestal, todo ello unido a otros factores del medio origina que el número de variables que influyen en la toma de decisiones sea tan alto, que hace necesario disponer de herramientas de apoyo.

Conocer el escenario en el que puede desarrollarse el posible incendio es esencial para programar todas las actuaciones necesarias para evitar que llegue a producirse (Vélez 2002). Dicho conocimiento, el de los múltiples factores de riesgo y su evolución en el tiempo y en el espacio, permite "movilizar" recursos de prevención que si bien tal vez no sean suficientes para evitar que lleguen a producirse incendios, si podrán minimizar su incidencia tanto en número como intensidad.

El sistema que se describe fue desarrollado a partir del año 2002 de acuerdo con las directrices y dirección fijada por el departamento de medio ambiente del Gobierno Valenciano, siendo materializado por el departamento forestal de la empresa de capital público VAERSA. Nunca se ha considerado un sistema cerrado, por lo que se encuentra en un proceso de continua adaptación en función de las necesidades reales de sus usuarios, en un principio los responsables de la prevención, para en una segunda fase extenderse a otros cuerpos y agencias implicados a su vez en la extinción.

Características generales del sistema

En el momento de plantear las directrices para el diseño del sistema se consideró como primera premisa, que debía ser una herramienta dinámica, apoyada en un Sistema de Información Geográfica con capacidad para gestionar y generar información muy diversa, ya fuera cartográfica, gráfica, documental, o estadística. El uso de los mapas en situaciones de emergencia hace necesario que sean fáciles de entender, comparables, significativos y rápidamente accesibles (Nicolás, J.M, 2001), uno de los requisitos básicos fue pues que su uso fuera sencillo, y "amigable" para cualquier tipo de usuario con unos conocimientos informáticos básicos.

Se consideró también la necesidad de que el sistema funcionara mediante un sistema de módulos, de tal manera que aunque fuera una herramienta conjunta cada uno de los módulos pueda funcionar de manera independiente. Por último, se ha desarrollado el conjunto de la aplicación para que sea accesible y operativa a través de Internet; aunque esta condición no estuviera prevista inicialmente, su adopción lleva asociada numerosas ventajas que aumentan la operatividad del sistema. Sin embargo el sistema tiene un protocolo de accesos jerarquizado con diferentes grados y capacidades, tanto en el ámbito de consulta como de capacidad de actualización

Las directrices anteriores establecían las bases a seguir en su diseño, los contenidos quedaron establecidos en un primera fase por el Plan de Vigilancia frente al riesgo de incendios forestales de la Comunidad Valenciana, para en una segunda fase introducir en función ya de las demandas reales de los usuarios, otras aplicaciones generales de la prevención de incendios forestales. Los primeros módulos desarrollados fueron los de análisis meteorológico y de riesgo, un servidor

cartográfico, el módulo de apoyo a la localización de focos de incendio y un sistema de alerta ante rayos. A estos módulos se han añadido otras implementaciones como son gestores de bases de datos o el análisis de riesgos antrópicos puntuales.

Módulo de riesgo y análisis meteorológico

Introducción

El objetivo de este módulo es suministrar de manera diaria, una zonificación espacial del territorio, conforme con las prioridades de defensa frente a los incendios forestales. Para ello se ha integrado en varios mapas sintéticos las diferentes variables que influyen en la probabilidad de que se inicie un incendio, la peligrosidad potencial de dicho incendio y la calidad forestal del territorio. La aplicación se ha desarrollado sobre un sistema de información geográfica, aplicado a una malla de 95.000 polígonos en la Comunidad Valenciana. Cada variable calculada se interpola a esta malla, el resultado es la obtención de una serie de mapas probabilísticos y de índices de peligro, relacionados con la prevención de incendios forestales. La información que aportan, elaborada a partir de parámetros ecológicos y climatológicos, permite visualizar tanto el nivel de riesgo y peligro de incendio, como el origen de las causas que lo provocan; distinguiendo si es un origen físico, o bien debido a la presión que históricamente se ha ejercido sobre una determinada zona.

Como síntesis el Mapa de Prioridades de defensa indica las zonas con mayor demanda de defensa frente a incendios forestales; es decir, se evalúa qué territorios presentan las combinaciones más desfavorables y mayor calidad forestal, siendo éstas las prioritarias para vigilar. Como norma general, los Espacios Naturales Protegidos y las zonas forestales con fcc>25 %, se situarán siempre dentro de los umbrales más altos de prioridades de defensa. La información que suministra es una herramienta de apoyo a las decisiones diarias en lo referente a la planificación de los medios de vigilancia y prevención. En la decisión última de priorización de los medios dispuestos, la superposición de esta información junto con la generada a través de los módulos de alerta temprana ante rayos y riesgo antrópico es fundamental.

Metodología

La metodología empleada se base en un análisis multicriterio de diferentes variables de acuerdo con los pesos y formulaciones empleadas en el Plan de Selvicultura Preventiva de la Comunidad Valenciana (Generalitat Valenciana 1995) *(fig 1)*, siendo el resultado final una zonificación del territorio en función de su riesgo de incendio, de la peligrosidad potencial de dicho incendio y de la calidad o prioridad para su defensa.

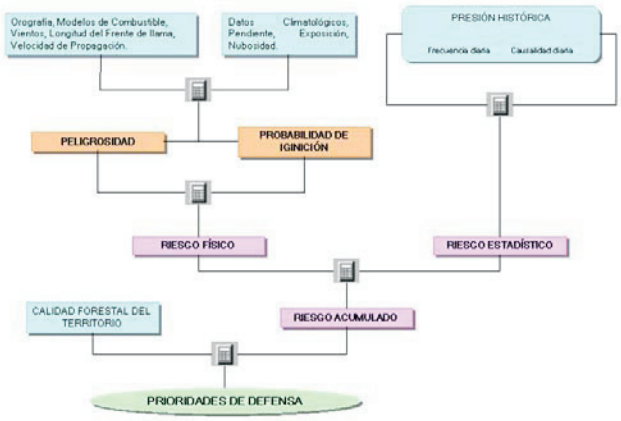


Figura 1—Esquema metodológico general aplicado en el proceso de cálculo

Dicha metodología fue diseñada para una aplicación estática, por lo que para su uso en un sistema dinámico en el que las diferentes formulaciones son calculadas de manera diaria ha sido necesario variar en parte los pesos y umbrales.

Servidor cartográfico

Para el cálculo diario de los diferentes índices ha sido necesario disponer de importante información cartográfica en soporte digital. El Sistema no está concebido como sustituto del proceso de toma de decisión que tiene que ser realizado por el Gestor por ello compagina Índices complejos, junto con la información básica, en este caso cartográfica que permita la toma de decisión de manera individualizada. El servidor se ha mostrado además especialmente útil para solucionar otro problema secular, la dificultad para introducir el uso de los Sistemas de Información Geográfica de manera general entre el personal técnico con responsabilidades en prevención de incendios forestales y gestión forestal en general, además de para facilitar el uso de una cartografía unificada por parte de los servicios de vigilancia, prevención y extinción. El Sistema dispone de un servidor cartográfico desarrollado sobre el paquete ArcIms ®, que cubre las necesidades básicas en un entorno de fácil uso. Entre las operaciones que puede realizar se incluye la elaboración de cartografía temática individualizada, localización de infraestructuras, el acceso a información alfanumérica individualizada, planificación de superficies, etc.

Gestor de medios de prevención

La Comunidad Valenciana dispone de un importante número de medios cuya función prioritaria y casi exclusiva es la realización de labores de vigilancia e información en materia de prevención de incendios forestales. Su gestión se ha abordado de una manera dual ya que es necesario gestionar tanto a los propios medios en si, localización, operatividad, rutas, etc., como la información que generan: datos meteorológicos, incidencias operativas, riesgos puntuales, etc.

En lo referente a los medios móviles el sistema incluye una base de datos territorializada en la que para cada municipio de la Comunidad Valenciana se

recogen los medios disponibles, sus características, ruta y periodo de actividad. Los medios fijos (observatorios forestales) están recogidos en una base territorializada, en la que se incluye la información completa de las características de la instalación, juntamente con una interfase que permite la introducción en tiempo real de los datos meteorológicos en tiempo real.

Infraestructuras de apoyo a la extinción

El Sistema es accesible a diversos organismos con funciones tanto en materia de prevención como de extinción, además de acuerdo con la actual organización de los medios públicos en la Comunidad Valenciana los organismos responsables del mantenimiento de las redes de áreas cortafuegos, depósitos de agua y red viaria forestal, y los responsables de extinción se encuentran enclavados en departamentos diferentes del Gobierno Valenciano. Se ha considerado por ello prioritario disponer de un inventario permanente de todas estas infraestructuras, en el caso de las redes de áreas cortafuegos y red viaria forestal únicamente accesible como información cartográfica a través del servidor, pero que en el caso de los depósitos y otros suministros de agua cuenta con una ficha con actualización periódica en la que se incluyan las características completas de la infraestructura incluyendo en el periodo veraniego su estado de llenado.

Módulo de apoyo a la localización de focos

Una función básica de la red de vigilancia fija es la detección de cualquier indicio de posible incendio y su transmisión vía radio o mediante telefonía móvil, de manera inmediata a la Central de Emergencias para su verificación y en su caso movilización inmediata de medios de extinción. Facilitar esta tarea es el objetivo de este módulo basado en la obtención de una fotografía panorámica desde cada observatorio simulando el punto de vista del observador, la fotografía se corrige, georreferenciando la proyección generada, de modo que cada píxel de la fotografía dispone de unas coordenadas sobre el plano

Resultados

Durante el año 2003 el sistema ha recibido 13.000 consultas, una media de 35 diarias y 209 usuarios registrados. Dentro de estos usuarios existe un abanico de profesionales distribuidos por diferentes administraciones en la totalidad del territorio de la Comunidad Valenciana, los cuales a pesar de sus diferentes conocimientos informáticos han acogido el Sistema con una gran naturalidad, participando desde sus primeras fases de manera activa en el mantenimiento de la información y en su estructura mediante sugerencias, correos electrónicos o de manera personal en las diferentes reuniones explicativas que han tenido lugar hasta la fecha.

Es pronto para presentar conclusiones que sean extrapolables a otras realidades se considera que el disponer de un equipo multidisciplinar formado por profesionales forestales e informáticos, en intimo contacto con los usuarios reales prácticamente real, y el que desde casi un primer momento hayan podido utilizar el sistema con la misma facilidad con la que realizan una consulta a través de la red han sido las claves de su buena aceptación.

Agradecimientos

Se resalta la labor realizada por el Departamento Forestal de la empresa VAERSA y en especial de Javier De Vicente cuya labor ha sido fundamental en los resultados obtenidos hasta la fecha

Bibliografía

Nicolas, J.M. 2001. **Mapa de demanda de defensa territorial frente a los incendios forestales.** Consejería de Medio Ambiente. Comunidad de Madrid. Madrid (España)

Vélez, Ricardo. 2002. **Nuevas tecnologías para un viejo enemigo, el fuego forestal.** I Jornada técnica sobre prevención de incendios forestales. El desarrollo tecnológico y la prevención de incendios forestales, Valencia (España)

Generalitat Valenciana. 1995. **Plan de Selvicultura Preventiva de la Comunidad Valenciana.** Valencia (España).

Fuego y Economía: el Arco de Fuego de la Región Amazónica[1]

Tatiana Schor,[2] Arnaldo Carneiro Filho,[3] Carlos de Almeida Toledo[4]

Resumen

Si se examinan imágenes por satélite de la región amazónica se puede apreciar un "arco de fuego" próximo al río Amazonas. Esta denominación de arco se debe al efecto visual que produce el área de deforestación que se va acercando al Amazonas desde el sudeste de Brasil y que está bajo vigilancia desde el año 1988. El estudio de las áreas deforestadas es, desde hace algunos años, un instrumento importante para la elaboración de las políticas de prevención de incendios y despierta cada vez un mayor interés en la opinión pública nacional e internacional. La extensión verificada de las áreas deforestadas en los años 2000-2001 ha sido 1,4 veces superior a las estimaciones iniciales. Este enorme incremento de los incendios y, en consecuencia, de las áreas deforestadas en la Amazonia es motivo de preocupación no sólo en Brasil, sino en todo el mundo. Expertos en medio ambiente y políticos quieren conocer las causas de este aumento de la superficie deforestada, por qué se ha producido un aumento de los incendios en algunas áreas y si el patrón de ocurrencia de incendios puede seguir considerándose una estructura dominante en la región amazónica.

El fuego se ha utilizado con frecuencia en la región amazónica, ya fuera por la población tradicionalmente asentada en ella o para la realización de actividades económicas como la apertura de zonas de pasto, la obtención de madera y la plantación de cereales. Lo cierto es que el fuego se considera la forma más barata de limpiar un área forestal para dedicarla a cualquier actividad económica. Pero, *¿puede el fuego registrado en las imágenes por satélite guardar relación directa con los factores económicos registrados en los indicadores macroeconómicos?*

En esta ponencia queremos plantear la cuestión relacionando de una manera analítica los diferentes índices de deforestación e imágenes de incendios captadas con los indicadores macroeconómicos locales, regionales y nacionales.

Tomando como referencia las imágenes por satélite de los incendios en la región amazónica, se seleccionarán para su estudio áreas en las que se ha producido recientemente un importante aumento de los incendios. El periodo de estudio elegido será el correspondiente al Plan Económico Real brasileño, de 1994 a 2002, debido a que en los años iniciales y finales de este plan se experimentó un fuerte crecimiento del número de incendios en la región amazónica.

Los objetos de estudio seleccionados serán analizados por medio de indicadores locales (correspondientes a los municipios que más incendios sufrieron), regionales y nacionales, y se

[1] Una versión abreviada de esta ponencia se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía de los programs de protección contra incendios forestales: una visión global, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] Economista, profesora de Economía Medioambiental y Metodología Científica en la Facultad de Educación Medioambiental SENAC-São Paulo y estudiante de doctorado en el Programa de Posgrado de la Universidad de Ciencias Medioambientales de São Paulo, Brasil. schortatiana@bol.com.br.

[3] Coordinador del Laboratorio de Geoprocesamiento del Instituto Nacional de Pesquisa Amazônica, Manaos, Brasil.

[4] Economista, profesor de Historia del Pensamiento Económico en la Universidad de Santanna y estudiante de doctorado del Departamento de Geografía de la Universidad de São Paulo, Brasil.

tratará de encontrar las posibles explicaciones a los patrones de ocurrencia de los incendios que causaron un importante aumento de la deforestación durante los años 2000 y 2001, examinando por último los posibles cambios futuros en el denominado "arco de fuego" de la Amazonia.

Introducción

Los planes de defensa contra los incendios forestales requieren la utilización de una gran variedad de herramientas analíticas y metodológicas. La teoría económica no se ha visto influida por el complicado debate surgido en torno a la necesidad actual de proteger del fuego las áreas forestales aún existentes. Sin embargo, los organismos dedicados a la lucha contra los incendios llevan tiempo prestando atención a los indicadores económicos y han apreciado numerosas relaciones entre las actividades económicas y los incendios. La naturaleza de estas relaciones es muy diversa, debido no sólo a los diferentes tipos de actividades económicas desarrolladas, sino también a los procesos históricos que han tenido lugar en la ocupación de los bosques. En esta ponencia se analiza el llamado "arco de fuego" de la región amazónica mediante la integración de la teoría económica y los procesos históricos locales relacionados con el fuego en Brasil y, más concretamente, en la frontera con el Amazonas. Este análisis exploratorio espera contribuir no sólo al conocimiento de los incendios en el Amazonas, sino también a la inclusión del estudio de los incendios forestales en la teoría económica y la gestión medioambiental.

El arco de fuego amazónico

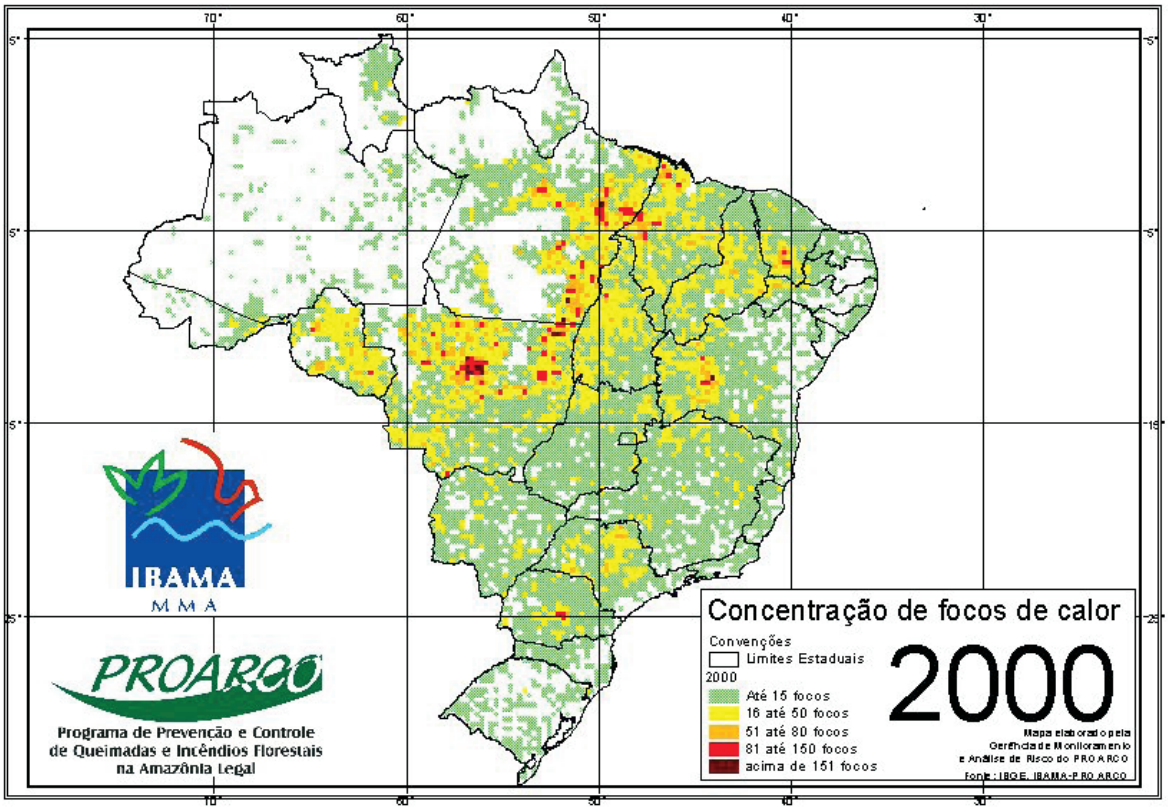
Si se examinan imágenes por satélite de la región amazónica se puede apreciar un *arco de fuego* próximo al río Amazonas. Esta denominación de arco se debe al efecto visual que produce el área de deforestación que va avanzando hacia el Amazonas *desde los extremos oriental y meridional de la selva* (Cochrane, M.A. y otros. 2002:288). En el área de deforestación, cuando se miran las imágenes por satélite, se puede ver una concentración de focos de calor que adopta la forma de un arco de calor o, en términos más específicos, un arco de fuego, que se va aproximando al río Amazonas desde el sudeste y cuyo avance, a pesar de todos los esfuerzos por controlar los incendios forestales por parte de los organismos oficiales brasileños (IBAMA y, más en concreto, PROARCO) ha aumento en los últimos años, como se puede ver en la *figura 1*.

El arco de fuego es objeto de control y seguimiento desde 1988 y los cálculos de las superficies deforestadas han sido un importante instrumento para las políticas de prevención de incendios y para la opinión pública nacional e internacional. Sin embargo, la extensión recientemente verificada de las áreas deforestadas en los años 2000 y 2001 ha resultado 1,4 veces mayor que la inicialmente calculada. Como se puede ver en la figura 1, la concentración de focos de calor ha aumentado considerablemente en 2002 frente a la de 2000.

Este enorme incremento de los incendios y, en consecuencia, de las áreas deforestadas en la Amazonia es motivo de preocupación no sólo en Brasil, sino en todo el mundo. Expertos en medio ambiente y políticos quieren conocer la razón de que la extensión real de la superficie deforestada sea

superior a la estimada, por qué se ha producido un aumento de los incendios en algunas áreas y si el patrón del arco de fuego puede considerarse todavía una estructura dominante en la región amazónica debido al incremento de importantes focos de fuego fuera del territorio comprendido en el arco (como los grandes incendios forestales de Roraima, al norte del Amazonas).

El fuego se ha utilizado con frecuencia en la región amazónica, ya fuera por la población tradicionalmente asentada en ella o para la realización de actividades económicas como la apertura de zonas de pasto, la obtención de madera y la plantación de cereales. Lo cierto es que el fuego se considera la forma más barata de limpiar un área forestal para dedicarla a cualquier actividad económica. Para poder abordar el debate del arco de fuego desde una perspectiva analítica, es necesario conocer la posición ocupada por la región amazónica en el contexto general de la actividad económica brasileña.



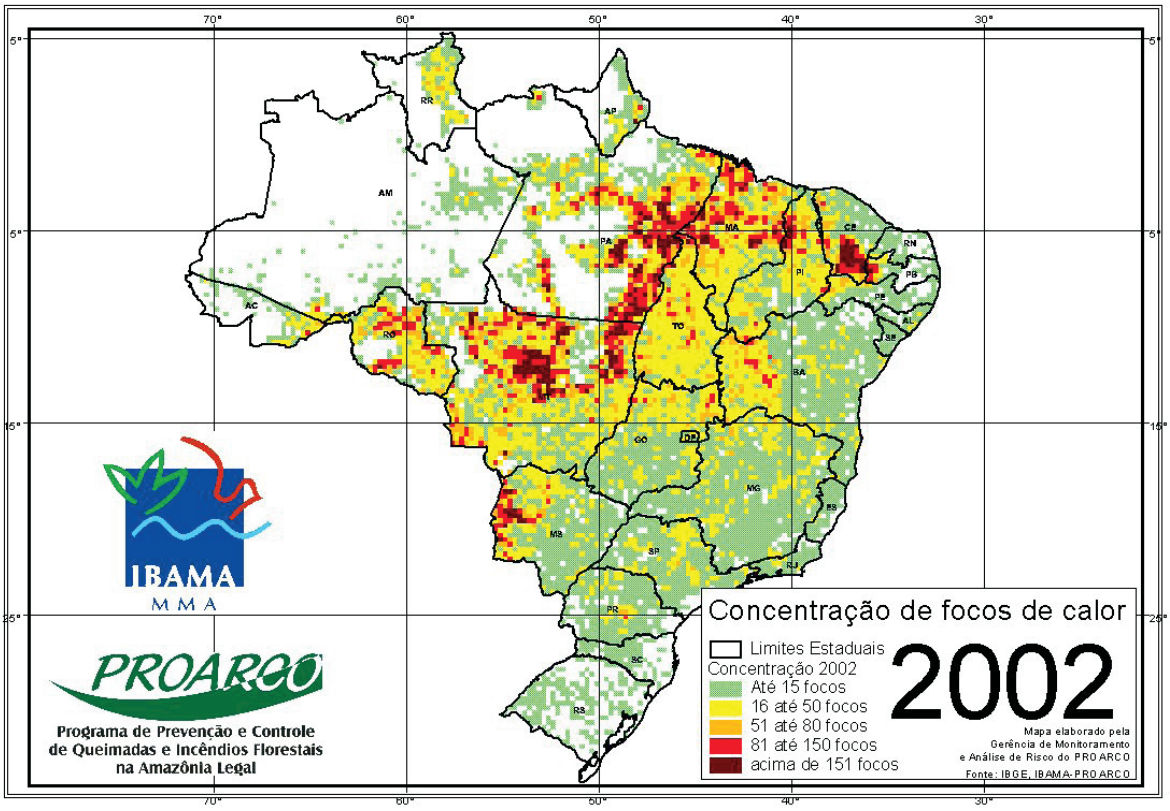


Figura 1—Concentración de focos de calor en Brasil en 2000 y 2002.

La Amazonia Legal: historia de la ocupación territorial.

Para conocer mejor el arco de fuego amazónico es necesario establecer lo que se entiende por Amazonia. El río Amazonas tiene una cuenca hidrográfica estimada de 6.600.000 km^2 (Wood, C.H. y Skole, D. 1998:72) que se extiende por una superficie que se reparten políticamente Brasil, Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Brasil se divide administrativamente en cinco regiones geográficas: sur, sudeste, nordeste, central y norte. Todos los estados del norte de Brasil – Roraima. Amazonas, Pará, Acre, Rondonia – ocupan lo que habitualmente recibe el nombre de Amazonia Clásica (Moreira, I.A.G. 1989; Vesentini, J.W.V. 1996). Estos estados no tienen en cuenta la cuenca del río Amazonas. Para reunir todos los estados relacionados físicamente con el río Amazonas con vistas a la planificación regional, el gobierno federal brasileño elaboró una ley (su primera versión es de 1953) que configuraba una región denominada Amazonia Legal formada por todos los estados septentrionales más el Mato Grosso, Tocantins y Maranhão, al oeste del meridiano 44.

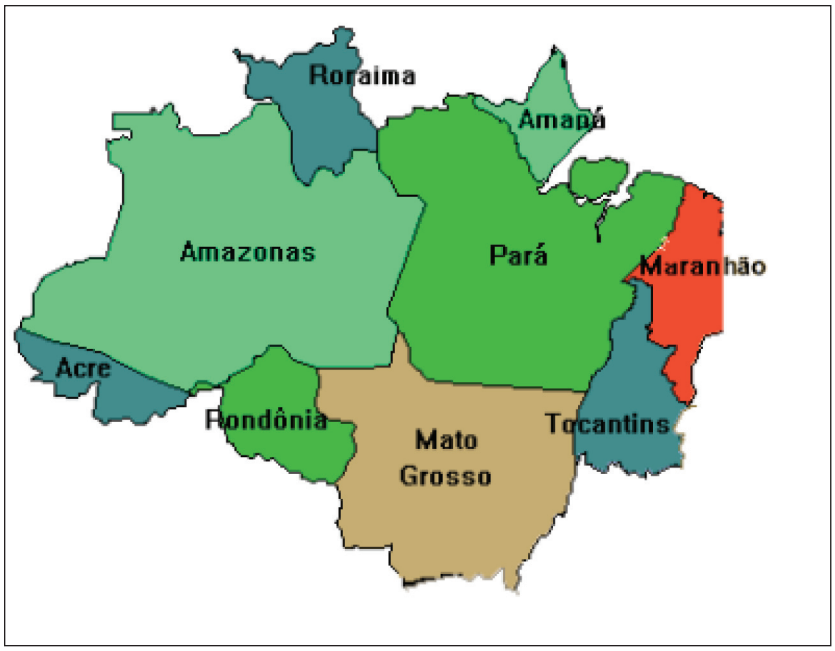


Figura 2— El norte de Brasil: Amazonia Legal

La ocupación de esta región comenzó en el siglo XVIII en el actual estado de Pará, principalmente para la extracción de productos forestales como la madera, el cacao, la vainilla y las resinas aromáticas, utilizando a la población indígena como mano de obra esclava (Prado, C. 1965:71). En el contexto del sistema colonial portugués, esta región era considerada periférica, por lo que la esclavitud que se originó fue indígena y no africana, como en el resto del país. Ya desde aquellos años, la importancia geopolítica del río y su sistema ha mantenido siempre a la región bajo constante vigilancia militar. En el siglo XIX se inició una importante actividad económica: el ciclo del caucho (1870-1910). Durante ese periodo la propiedad de la tierra se extendió hasta el mismo estado de Acre. Las actividades relacionadas con la extracción del caucho fueron un importante reclamo para grandes contingentes de personas, lo que produjo una verdadera explosión demográfica. Se crearon muchas granjas para la producción y extracción del caucho que modificaron totalmente el perfil forestal, especialmente en los estados de Pará, Amazonas y Acre. La crisis del caucho, originada por la plantación de árboles del caucho en Malasia a principios del siglo XX, llevó aparejada una crisis económica que dejó en el camino muchas explotaciones gomíferas abandonadas y a muchos recolectores de caucho que habían llegado procedentes del nordeste de Brasil para trabajar en el caucho (Fausto, B. 1999). Estos recolectores de caucho continuaron cultivando los árboles del caucho, pero incrementaron las actividades agrícolas de subsistencia (*roça*). Este tipo de agricultura tradicional normalmente se basa en el desmonte de una pequeña área mediante su quema con fuego para después plantar en ella diferentes tipos de mandioca y otros productos para consumo familiar. Una actividad que habían aprendido hacía tiempo de los indígenas. La economía familiar posterior a la crisis del caucho se basó en su mayor parte en el cultivo de la roça y, en menor medida, la

extracción de caucho y la recolección de productos forestales. Este modelo se sigue manteniendo en muchos lugares de la Amazonia Legal, especialmente en Acre y Amazonas.

Durante la Segunda Guerra Mundial el gobierno brasileño promovió una política migratoria en un intento por reactivar la producción de caucho. En respuesta a este llamamiento se movilizaron muchos trabajadores procedentes de los estados del nordeste, formando una especie de "ejército". Durante esos años se reactivaron muchas antiguas granjas de explotación gomífera y se crearon algunas nuevas. De nuevo, en un breve periodo de tiempo y debido a una importante presión demográfica y económica, se volvió a transformar el bosque, no sólo en su ecosistema, sino sobre todo en su estructura demográfica y de propiedad de la tierra. La región comenzó a vivir una creciente tensión social asociada a la gran cantidad de personas sin tierra y a la existencia de extensas fincas improductivas. La tensión social tuvo fundamentalmente su origen en la concentración de la tierra en las manos de unos pocos.

La cuestión geopolítica relativa a la región amazónica siempre ha estado fuertemente ligada a la idea de que la zona, aunque ocupada por pequeños propietarios de tierras, *sufre* un vacío demográfico y una falta de inversiones productivas que pudieran reactivar la región. Así pues, durante el periodo de 1964-1970 se realizaron importantes inversiones en infraestructuras, como la Autopista Transamazónica, utilizando créditos concedidos por el Banco Mundial y el Banco Interamericano. Estas inversiones también se dirigieron a las grandes fincas (entre 400.000 y 700.000 hectáreas), fomentando especialmente la creación de explotaciones pecuarias (Gremaud, A.P. y otros, 1997). En este contexto, los conflictos sociales ya existentes se acentuaron. Durante el periodo 1970-1974 la construcción de autopistas siguió motivando la ocupación de las áreas forestales que rodeaban estas infraestructuras, y con ellas se configuró un nuevo modelo de ocupación del territorio, en forma de espina de pescado (Moran E. y otros, 2002). Esta forma de ocupación, que recuerda a la espina de un pez, se debe a que la deforestación se produce en torno a la autopista principal y a las vías secundarias que dan acceso a las granjas y fincas que rodean la carretera principal. Estas granjas eran el fruto de proyectos oficiales de colonización que destinaban ayudas a pequeños granjeros para la adquisición de terrenos de 100 hectáreas a ambos lados de la Autopista Transamazónica (Wood, C.H. y Skole, D. 1998:73). Durante este periodo, estos proyectos de colonización fueron responsables de la mayor parte de los incendios y posterior deforestación en el Amazonas, especialmente en la parte oriental de la región, en el llamado arco de deforestación. El papel desempeñado por los pequeños granjeros en el proceso de deforestación del Amazonas es bien conocido y extremadamente complicado de solucionar:

Si bien gran parte, si no casi toda, de la deforestación que tuvo lugar en el Amazonas fue causada por rancheros propietarios de grandes fincas, los pequeños granjeros también participaron en el proceso, como prueba el típico ciclo de utilización de la tierra. Los pequeños granjeros normalmente limpian entre dos y tres hectáreas de tierra que cultivan mientras es lo bastante fértil. En muchas áreas, el suelo pierde su fertilidad en dos o tres años, por lo que se necesita el desmonte de una nueva zona para poder seguir cultivando. Dado que hay aproximadamente 500.000 pequeños agricultores en la región, estas cifras implican la necesidad de limpiar 500.000 hectáreas nuevas cada año (Homma y otros 1992:9). Aunque estas cifras puedan parecen exageradas, dan una idea clara de la magnitud de la demanda interna de suelo deforestado, aunque se detuviera completamente la llegada de nuevos pequeños agricultores a la Amazonia.(Wood, C.H. y Skole, D. 1998:74)

Durante la década de 1970 esta tendencia se acentuó con la concesión de créditos especiales para grandes fincas, proyectos oficiales de colonización y la construcción de autopistas que nunca se terminaron. Esta política se basaba en gran parte en una estrategia de fomento de la cría de ganado intensiva. Hasta 1995, la tierra destinada a la explotación pecuaria en comparación con el total del suelo agrícola en el Amazonas era del 81,5% (IBAMA, 2003). Con esta nueva modalidad de explotación, sin embargo, siguió aplicándose el ciclo de utilización del suelo.

El gobierno dejó de financiar estos proyectos así como la explotación pecuaria intensiva durante la década de 1990, pero la ocupación de la Amazonia Legal se hizo autónoma y la actividad de cría intensiva de ganado se hizo económicamente viable sin subvenciones oficiales (Margulis, S. 2003). La interrupción de las ayudas fiscales y financieras predominantes en los años 70 y 80, consideradas las causas principales de la deforestación de la Amazonia Legal, no produjo los resultados esperados. La labor de control de incendios y deforestación realizada por el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) no permitió la formulación de políticas públicas de prevención de incendios y la consiguiente deforestación. En este sentido, se necesita un mejor conocimiento de las causas de la ocupación y la deforestación de la Amazonia Legal durante la década de 1990. Margulis (2003), en un informe dirigido al Banco Mundial titulado *Causas de la deforestación en la Amazonia brasileña*, indica que en el proceso real de ocupación y deforestación se pueden encontrar los siguientes elementos: (1) los agentes de la deforestación tienen un horizonte de planificación a corto plazo y basan sus actividades en la explotación de los nutrientes forestales; (2) la cría de ganado en la Amazonia es poco rentable y su persistencia sólo puede explicarse por la concesión de subvenciones o créditos del gobierno que mantienen unas ganancias de tipo especulativo; (3) los pequeños productores son agentes importantes en el proceso de deforestación; (4) la tala de árboles es una de las principales causas de la deforestación; (5) las carreteras son también causa de la deforestación y no la consecuencia del alto potencial agrícola de la región; (6) la plantación de soja se ha extendido rápidamente en las zonas denominadas "cerrados", tradicionalmente improductivas, presionando para la expansión de la frontera agrícola hacia nuevas áreas. Estos elementos reúnen la herencia de la tendencia expansionista y las actividades económicas en la Amazonia y dejan claro que el patrón de utilización de la tierra, fuertemente influido por las actividades económicas desarrolladas en ella, es la causa principal de la persistencia del arco de deforestación y el impresionante arco de fuego.

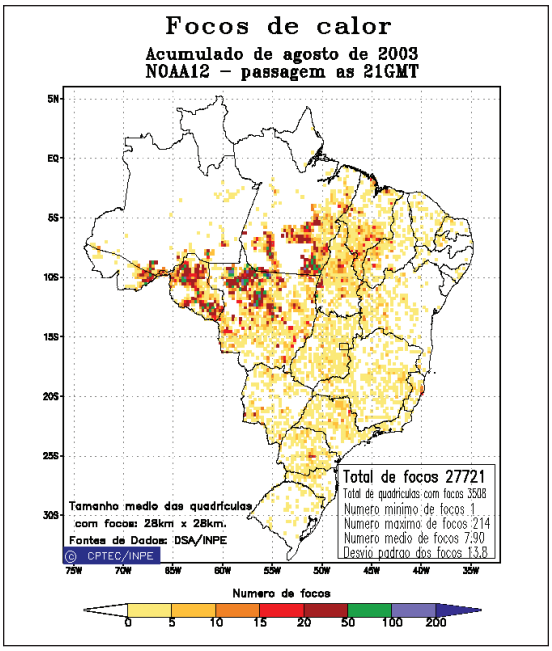


Figura 3— El arco amazónico de deforestación

La persistencia del arco de fuego

Para poder realizar un estudio adecuado de la Amazonia Legal, es necesario explicar los usos que se dan a las áreas quemadas. Se puede presumir, de acuerdo con los argumentos antes expresados, que el uso del fuego representa el avance de la frontera agrícola; en otras palabras, el aumento, en términos cuantitativos, de tierra utilizada en el país. La expansión del uso económico del suelo agrícola tiene una explicación clásica en la teoría económica, conocida como la teoría de la renta de la tierra de David Ricardo (Ricardo, D. 1996:Cáp. 2). Pese a que la teoría ricardiana de la renta parece ajustarse perfectamente a la argumentación planteada aquí, es necesario hacer algunos comentarios sobre este concepto y las críticas de las que ha sido objeto. De no hacerlo, la teoría de Ricardo podría parecer bastante ingenua dos siglos después.

David Ricardo entiende la renta como *la parte del producto de la tierra que se paga al propietario de la tierra por el uso de los dones originales e inagotables del suelo* (1996:45). Dada la innegable realidad de la degradación medioambiental a principios de este siglo XXI, hay que replantear el uso del término *inagotable*. Como alternativa al concepto de renta de Ricardo, podemos considerar la interesante formulación realizada por Karl Marx. Marx, en su crítica a los comentarios de Ricardo de que cuando se considera el punto de vista material, como valor de uso y no como forma social, la tierra es un *medio de producción no producido* (1981:964). Este planteamiento es interesante para entender el fenómeno de los incendios forestales y la deforestación en dos aspectos diferentes.

En primer lugar, considera que este *medio de producción no producido* no es sustituido por los ingresos obtenidos por el propietario de la tierra. De igual forma que el mercado cuya existencia (si no es resultado de una planificación) precede a las formulaciones de la ciencia económica (su conocimiento teórico), el uso de los recursos naturales (aquí identificados con la tierra) también precede a su interpretación teórica. La consecuencia de este conocimiento incompleto es la

posibilidad de que se produzca la destrucción de los recursos (naturales) necesarios para la reproducción de la sociedad, sin ninguna posibilidad de control. No hay ninguna duda de que, hablando de agricultura, la sustitución de los medios de producción no producidos por medios de producción producidos ha propiciado un rápido avance: la conversión del bosque en tierra agrícola mediante la utilización de recursos artificiales, como pesticidas y fertilizantes. En este sentido, nos encontramos con un problema. No se conocen con exactitud todas las cosas necesarias para la reproducción de los recursos no producidos utilizados por la sociedad. Este problema adquiere una importante dimensión especialmente cuando se trata del papel desempeñado por los bosques tropicales en el mantenimiento de los patrones climáticos, la biodiversidad y otros aspectos medioambientales. Este problema debe considerarse con la máxima seriedad.

Lo que nos lleva al segundo punto de interés de la formulación realizada por Marx: la forma social. El enfoque de Marx, considerado radical, pone en cuestión las posibilidades determinadas históricamente de la organización económica de la reproducción de la sociedad. Sin necesidad de quedarnos con la parte normativa de la exposición del autor, podemos decir que la sociedad debería reflexionar sobre el carácter de la organización económica y, en este sentido, su expansión dinámica territorial.

En su elaboración de la teoría de la renta absoluta, ampliando lo expuesto sobre la renta de la tierra por Ricardo (limitado a la renta que denomina diferencial), Marx (volviendo a Adam Smith) analiza el papel del monopolio sobre la tierra para la sociedad. Marx destaca especialmente, reflejando un carácter claramente político (revolucionario), las consecuencias de este monopolio en el valor de la reproducción de la fuerza de trabajo, asociado a la creación de un superávit estructural de trabajadores, una sobrepoblación relativa de asalariados (Capítulos 25 y 33 de *El Capital*, Libro 1).

En relación con el argumento expuesto en esta ponencia, es interesante observar de qué forma esta dinámica interactúa con la existencia del bosque tropical en un país subdesarrollado marcado por una fuerte herencia colonial. La dinámica descrita en el apartado *La Amazonia Legal* de esta ponencia contradice, *de una manera relativa*, la tesis defendida por Marx en el Capítulo 33 de *El Capital*, "Teoría Moderna de la Colonización". En ese capítulo, el autor afirma que la existencia de tierra disponible para el desarrollo de una agricultura de subsistencia hace inviable el uso de trabajo asalariado. Cuando hemos utilizado el término *relativo*, no ha sido sólo para recordar que ha existido la esclavitud en el pasado, sino, sobre todo, para recordar que todavía hoy se pueden encontrar esclavos en la Amazonia Legal. (Martins, J.S. 1997)

Es imposible comprender la expansión de la ocupación en la Amazonia sin examinar el papel desempeñado por la propiedad de la tierra. Ya hemos hablado sobre el ciclo de utilización del suelo; este mismo ciclo, además, tiene una expresión mucho más tensa y violenta: los conflictos sociales generados por la apropiación de las tierras de pequeños agricultores por parte de los *grileiros*, mediante la falsificación en muchos casos de los títulos de propiedad. Este sistema de apropiación de la tierra es, con seguridad, una de las causas del crecimiento del arco de deforestación en la Amazonia. Los *grileiros*, habitualmente respaldados por milicias armadas, expulsan a los pequeños agricultores, quienes, para poder sobrevivir, penetran en el bosque ocupando zonas que despejan, inicialmente, mediante su quema. Esta es una de las razones principales, no sólo en cuanto a los recursos naturales sino, especialmente, en cuanto a los conflictos sociales generados, de que el arco de fuego y deforestación se aproxime al río Amazonas. Esa es la imagen que ven los satélites: el *calor* de la Amazonia en llamas.

Conclusión

Parece que la tendencia predominante en la Amazonia Legal, como se ha expuesto más arriba, es la expansión de las explotaciones pecuarias y de las plantaciones de soja. El avance de estas actividades económicas en la Amazonia, y en Brasil, responde a una fuerte demanda interna y externa, especialmente desde la crisis de las "vacas locas".

Es importante recordar, como también se ha visto en esta ponencia, el papel desempeñado por el gobierno mediante la concesión de subvenciones y créditos para las grandes fincas de explotación agrícola destinadas al fomento de la cría de ganado intensiva. Si esta iniciativa está ahora en manos privadas, como sugiere Margulis, significa que el que manda ahora es el mercado. Si es así, deberá analizarse la lógica del avance de la frontera agrícola desde esta perspectiva.

Presentadas estas consideraciones, podemos ahora volver a la teoría de la renta de la tierra de Ricardo. La renta de la tierra sería, para el autor, el superávit proporcionado por los diferenciales en los costes generados por la ventaja de la fertilidad y la localización de la tierra utilizada en comparación con aquellos terrenos cuya producción agrícola sólo genera beneficios normales. Lo que determina la ocupación de una nueva franja de tierra es el incremento del precio debido al incremento de la demanda, por el cual resultan viables estas franjas que eran deficitarias.

En este sentido, la ocupación de áreas forestales vendría determinada por el superávit generado por su utilización. Si este superávit fuera superior al volumen normal de beneficios, se abandonaría el terreno explotado hasta ese momento. La consecuencia es que la ocupación de una franja adicional de tierra dependerá del superávit generado por el uso de una área determinada. Ricardo afirma que el incremento de la renta de la tierra se debe siempre al incremento de la riqueza de un país y al aumento de la dificultad para producir alimentos para la población creciente, generando ingresos en las tierras más productivas. En el periodo de incremento de los focos de calor, reflejado en la *figura 1* (durante los años 2000 a 2002), se produjo una subida a nivel regional del precio de la tierra debido no sólo a la crisis de las "vacas locas", que aumentó la demanda de actividades pecuarias, sino también debido a un aumento de las plantaciones de soja. También cabe preguntar si el incremento del arco de fuego es consecuencia directa de las elevadas inversiones de capital en la red productiva de ganado y soja o si ha sido un efecto indirecto de este proceso, como sugiere Margulis. La palabra "indirecto" hace referencia a la perpetuación del ciclo de uso de la tierra. Este ciclo, como dinámica de expropiación, significa que las personas que vivían en el área que se incorpora ahora a esta red productiva han sido empujadas hacia delante, pasando a ocupar la zona forestal por medio del fuego. En cualquier caso, el argumento de Ricardo ofrece una buena explicación al problema tratado en esta ponencia.

La existencia del arco de fuego que se corresponde con el arco de deforestación, incluso después de extinguido el estímulo oficial para la ocupación de la Amazonia, parece una función de demanda. Este estímulo, debido a la naturaleza de la economía de mercado, es difícil de controlar, especialmente cuando son escasos los estudios regionales sobre el área. Y nada se puede decir de la existencia de políticas coherentes para la región. Incluso la creación de un servicio eficaz de lucha contra los incendios como es el PROARCO, que vigila diariamente el arco de fuego en la Amazonia Legal, en una región tan extensa y de difícil acceso, acaba por servir de un simple paliativo. La solución al problema de la preservación de las áreas forestales y

sus recursos desconocidos debe ir unida al problema social oculto bajo los focos de calor que se muestran en las imágenes por satélite.

Por medio de este análisis exploratorio se pueden pensar en distintas soluciones para el problema de la planificación de la lucha contra los incendios. La necesidad de un enfoque teórico no se limita a las respuestas normativas sugeridas por los autores que hemos citado en este documento. También muestra la necesidad de reelaborar la teoría económica con el fin de incorporar nuevos problemas, como el de la dinámica de los incendios. Las respuestas teóricas dadas por Ricardo y utilizadas para comprender problemas contemporáneos no pueden ser del todo suficientes dado que la realidad analizada no es del todo clara, si bien es cierto que ofrecen un buen campo de reflexión sobre un debate incipiente que puede aprovechar la teoría para encontrar nuevas propuestas normativas.

En este sentido, el análisis del arco de fuego amazónico mediante la incorporación de la teoría económica clásica proporciona no sólo una perspectiva diferente para el conocimiento teórico y territorial de la región, sino también nuevos elementos para el debate sobre el control y la planificación de la lucha contra los incendios y la gestión medioambiental.

Bibliografía

Cochrane, Mark A. y otros autores. 2002. *Investigating positive feedbacks in the fire dynamic of closed canopy tropical forests.* In WOOD, Charles H. and PORRO, R. (eds) **Deforestations and Land use in the Amazon.** University Press of Florida, Florida, USA.

Fausto, Boris. 1999. **História do Brasil**. 7 edition. EDUSP, São Paulo, Brasil.

Gremaud, A. P. y otros autores. 1997. **Formação econômica do Brasil.** Editora Atlas. São Paulo, Brasil.

Prado Junior, Caio. 1965. **História econômica do Brasil**. Editora Brasiliense, 9ª edición, São Paulo, Brasil.

Margulis, Sergio. 2003. **Causas do desmatamento da Amazônia Brasileira.** Relatório ao Banco Mundial, Brasília, Brasil.

Martins, José de Souza. 1997. **Fronteira. A degradação do Outro nos confins do humano.** Editora Hucitec, São Paulo, Brasil.

Marx, Karl. **Capital. A critique of political economy.** Penguin Classics, Londres, Inglaterra.

Moran, Emilio F. y otros autores. 2002. *Trajectories of Land Use. Soils, succession, and crop choice.* In WOOD, Charles H. and PORRO, R. (eds) **Deforestations and Land use in the Amazon.** University Press of Florida, Florida, USA.

Moreira, Igor A. G. 1989. **O espaço geográfico. Geografia geral e do Brasil**. Editora Ática, São Paulo, Brasil.

Ricardo, David. 1996 (1817). **Principles of political economy and taxation.** Prometheus Books, New York, USA.

Vesentini, José W. 1996. **Brasil sociedade e espaço**. Editora Ática, São Paulo, Brasil.

Wood, Charles H.; David, Skole. 1998. *Linking satellite, census, and survey data to study deforestation in the Brazilian Amazon*. En LIVERMAN, Diana y otros autores. 1998 **People and Pixels. Linking remote sensing and social science**. National Academy Press, Washington, USA.

Esta página se deja en blanco intencionadamente.

La Influencia de la Etnicidad y el Lenguaje Sobre los Beneficios de la Prevención de Incendios Forestales Derivados de los Métodos de Quema Prescrita y de Reducción Mecánica de Combustible[1]

John Loomis,[2] Lindsey Ellingson,[2] Armando González-Cabán,[3] Hayley Hesseln[4]

Resumen

Esta ponencia compara los beneficios ajenos al mercado que se han derivado para varios grupos étnicos de programas de quema prescrita y de reducción mecánica de combustible en California. Para obtener las respuestas se utilizó un folleto enviado por correo. Blancos, afro-americanos y la mitad de los hispanos recibieron la encuesta en inglés y la otra mitad de la muestra hispana la recibió en español. Las estadísticas de prueba de una variable con la etnicidad y el lenguaje indicaban que había diferencias significativas en el índice de respuesta a la entrevista entre los blancos, afro-americanos e hispanos (utilizando las versiones en inglés y en español). No encontramos diferencia estadística en los coeficientes de regresión logística de la disposición a pagar por el programa de quema prescrita de los hispanos, blancos y afro-americanos, pero sí hallamos diferencias significativas entre los diferentes grupos en la disposición a pagar por el programa de reducción mecánica del combustible. La disposición a pagar media por la quema prescrita era de 100$ anuales menos en el caso de los blancos (400$) que en el de los afro-americanos (505$), pero esa diferencia no es significativa. La disposición a pagar de los blancos ($437) por el programa de reducción mecánica de combustible era la mitad de la de los hispanos a quienes se administró la encuesta en español (863$), pero el gran intervalo de confianza sugiere que las diferencias no son estadísticamente significativas. El coeficiente del precio propuesto para los afro-americanos era insignificante para el programa de reducción mecánica, mientras que para los hispanos era insignificante para el programa de quema prescrita. Es interesante que grupos étnicos distintos respondan de diferente modo a los dos modos de tratamiento del combustible. Aun así, en California existe un considerable respaldo y disposición a pagar por los programas de quema prescrita por parte de los blancos y afro-americanos y por la reducción mecánica de combustible por parte de los blancos y los hispanos.

---

[1] Una versión abreviada de esta ponencia se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas planificación y economía de los programas de protección contra los incendios forestales, 19-22 Abril 2004, Córdoba, España.

[2] Profesor e investigador (*Research Assistant*), Departamento de Economía agrícola y de recursos, (Department of Agricultural and Resource Economics), Colorado State University, Fort Collins, CO 80523.

[3] Economista, Forest Fire Lab, Pacific Southwest Research Station, USDA Forest Service, Riverside, CA 92507.

[4] Profesor, Departamento de economía agrícola (Department of Agricultural Economics), 51 Campus Drive, University of Saskatchewan , Saskatoon, Canada, SK S7K 5A8.

Introducción

El número creciente de incendios en zonas silvestres cada verano ha dado lugar a propuestas de ampliación de los programas de quema prescrita y de reducción mecánica de combustible. A la política de aumentar la cantidad de terreno al que se aplica el aclareo mecánico o la quema prescrita no le faltan opositores. La quema prescrita puede generar cantidades significativas de humo que afecta a la visibilidad y causa problemas de salud para las personas con problemas respiratorios. Los intentos ya realizados de aumentar la quema prescrita en estados como Florida y Washington se han visto limitados por la oposición de los ciudadanos debido al humo y a las consecuencias para la salud. El programa de quema prescrita además es caro, ya que puede llegar a costar hasta 250$ por acre, (0'405 hectáreas). Por eso es necesario saber si esta vez existirá respaldo público suficiente para llevar a cabo un programa activo de quema prescrita. Esta ponencia amplia nuestro trabajo anterior en Florida (Loomis y otros 2002) sobre el resultado del método de valoración contingente (MVC) para representar la opinión de los hispanos hispanohablantes y los hispanos angloparlantes residentes en Florida sobre la quema prescrita y la reducción mecánica de combustible en dos direcciones. En primer lugar añadimos una muestra objetivo, un tercer grupo minoritario (afro-americanos). En segundo lugar investigamos si hay diferencias en las respuestas MVC de los hispanos a quienes se pidió que contestaran la encuesta en inglés (como suele hacerse) frente al español, que suele ser un idioma más propio de los hispanos. Eso nos permite aislar mejor el efecto del lenguaje (español frente a inglés) de la etnicidad (hispanos, blancos y afro-americanos). Los resultados proporcionan la evaluación más exhaustiva del rendimiento del MVC en una sociedad multi-racial y multilingüe como es California.

La importancia de la comprensión de las diferencias étnicas y de idioma para la toma de decisiones en política es cada vez mayor. En muchos estados de Estados Unidos el bloque de las minorías está cerca de convertirse en el grupo mayoritario. Muchos de esos grupos minoritarios hablan idiomas diferentes del inglés. Los datos del Censo de Estados Unidos indican que en Estados Unidos hay 32 millones de adultos que hablan en su casa un idioma que no es el inglés. Los datos del censo de 1990 a 1999 mostraban que la media del crecimiento de la población hispana es del 39% en Estados Unidos, y hay estados como Arizona, California, Florida, Nuevo Méjico y Tejas que tienen un crecimiento de la población hispana todavía más rápido. En la zona de nuestro estudio en California, casi un tercio de la población (11 millones de personas) son hispanas o de origen latino. Otro grupo racial o étnico en California son los negros o afro-americanos, que representan el 7,5% de la población de California (2,5 millones de personas).

La metodología de las encuestas se guía por el "supuesto" de que la similaridad entre los encuestadores y los encuestados influye algo sobre las respuestas de la encuesta (Reese y otros 1986), y dicha similaridad puede aumentar la validez de las respuestas de la encuesta (Hurtado 1994). Sin embargo, no se ha investigado mucho el efecto de la raza/etnia del encuestador en encuestas telefónicas (Cotter y otros 1982). Nosotros sospechamos que también habría diferencias de índice de respuesta a las encuestas por correo y teléfono debidas a la raza y a la etnicidad. Además de las dificultades obvias con el idioma, muchas culturas minoritarias se sienten marginadas por las instituciones públicas dominantes tales como los organismos del gobierno y

las universidades. Por esa razón suelen tener una participación baja en las elecciones. Es plausible que ese desinterés afecte también a la respuesta de encuestas de valoración contingente de formato tipo referéndum, especialmente si las patrocinan instituciones de la cultura dominante como la administración o las universidades.

La omisión de quienes no hablan inglés de la muestra, ya sea de modo explícito, o de modo implícito debido a los efectos del idioma elegido, podría dar lugar a muestras no representativas que limitan la posibilidad de generalizar los resultados empíricos o subestiman los beneficios al omitir los beneficios recibidos por hogares en los que no se hable inglés. Hasta la fecha no hay ningún estudio que haya comparado concretamente las respuestas MVC de hogares blancos, afro-americano e hispanos.

El objetivo de este estudio es determinar si existen diferencias en los índices de repuesta de las encuestas, en las repuestas consideradas "protesta" a la pregunta sobre disposición a pagar (DAP) y diferencias en la estimación de DAP entre hogares blancos, afro-americanos e hispanos (la mitad de los cuales contestó la encuesta en español, su lengua materna). Los dos programas de reducción de combustible considerados son bastante importantes para quienes viven en California debido a la frecuencia de incendios forestales que se producen en el estado. La característica exclusiva del diseño de este experimento, es decir el hecho de que la mitad de los hispanos realice la encuesta en inglés y la otra mitad en español ayudará a comprender cómo puede influir el uso de la lengua materna del encuestado en su participación y respuesta en encuestas MVC. Si se encuentran diferencias culturales, habría que plantearse la necesidad de adaptar el material de la encuesta MVC para comunicar mejor con cada cultura. Esta investigación nos permitirá además evaluar el funcionamiento de métodos tradicionales de valoración contingente de bienes ajenos al mercado tales como el MVC con distintos grupos étnicos. La metodología aplicada aquí puede tiene un amplio ámbito de aplicación en otros estados propensos a los incendios con una gran población hispana, tales como Arizona y Nuevo Méjico.

Prueba de hipótesis

Índice de respuestas y rechazo del pago

Para realizar nuestra encuesta hacemos una primera llamada telefónica mediante marcación aleatoria de dígitos y una primera entrevista breve (5 minutos). Seguidamente solicitamos el nombre y la dirección para enviar un folleto de encuesta y acordar una cita para una entrevista más larga (20 minutos). Así, la primera comparación que establecemos es si los tres grupos: población afro-americana, hispana y blanca responden igualmente a la llamada telefónica inicial y pasan a la segunda entrevista más larga. Como los encuestadores se identifican diciendo que están con una universidad de California, existe la hipótesis de que esos tres grupos podrían reaccionar de modo distinto a una petición de una universidad. Por lo tanto pueden no ser igual de receptivos a la petición de una entrevista inicial y a una entrevista de seguimiento más amplia. Una diferencia de ese tipo en el índice de respuesta dificultaría la generalización de los valores/precios económicos de la muestra de la encuesta a la población. La hipótesis nula es que el índice de respuesta global (R) a la encuesta MVC es independiente del idioma o de la etnicidad:

$$\text{Ho: } R_{\text{Afro-americanos}} = R_{\text{Hispano-español}} = R_{\text{Hispano-Inglés}} = R_{\text{blancos}}$$

Dicha hipótesis se comprobará utilizando tablas de contingencia separadas cuatro por dos y una pruebo χ^2 para la primera y la segunda entrevistas.

Analizaremos principalmente las respuestas a las preguntas sobre la DAP obtenidas en la entrevista más larga. En primer lugar se comparan las razones de los cuatro grupos para negarse a pagar. Algunos rechazos del pago son expresión válida de DAP cero, ya que reflejan falta de valor del bien o ingresos escasos (es decir, incapacidad de pagar). Las repuestas de otros encuestados que dan una valoración cero o se niegan a pagar porque rechazan el escenario o el razonamiento de que los ciudadanos deban pagar este programa suelen denominarse respuestas protesta (Mitchell y Carson; Halstead y otros). Esos encuestados no suelen aceptar la premisa de que es responsabilidad suya pagar por la solución, o no están convencidos de que la solución funcione de verdad, o creen que la administración no gastará el dinero recaudado en ese programa concreto. También en este caso las diferencias culturales entre la cultura mayoritaria y una cultura minoritaria puede producir respuestas sistemáticamente diferentes, con más respuestas protesta en la cultura minoritaria más desconfiada.

Para determinar qué podría ser potencialmente una respuesta protesta se recurrió a la siguiente estrategia en la secuencia de la pregunta MVC formato referéndum. En primer lugar si la persona encuestada indicaba que votaría contra el programa con el precio que se le había asignado inicialmente, se les preguntaba si pagarían 1$. Si decían que no pagarían 1$ se les hacía una pregunta abierta "¿Por qué votó eso?". El encuestador tenía instrucciones de escribir las palabras exactas del encuestado. Una vez terminadas todas las encuestas, se analizaron las razones según su contenido para clasificarlas en grupos de razones similares ofrecidas por el encuestado. Este método de respuesta abierta evita que los encuestados tengan que encajarse en alguna de las categorías previamente definidas, o que el entrevistador tenga que encajarles en alguna de las categorías predefinidas.

Comparando el conjunto de las razones de las respuestas consideradas protesta, probaremos la hipótesis nula de que no hay diferencia entre los cuatro grupos en lo que atañe a la aceptación de la premisa y la credibilidad de la encuesta MVC. La hipótesis nula es que la distribución de rechazos del pago y las respuestas protesta a la encuesta MVC son independientes de la etnicidad y del idioma:

Ho: $\text{Protesta}_{\text{Afro-americanos}} = \text{Protesta}_{\text{Hispano-inglés}} = \text{Protesta}_{\text{Hispano-español}} = \text{Protesta}_{\text{blanco}}$

Comprobaremos la hipótesis utilizando una tabla de contingente de cuatro por dos. La prueba de significación se realizará mediante la prueba de χ^2.

Modelo DAP y prueba de hipótesis relacionadas

Tal y como sugirió el panel de NOAA en relación con la valoración contingente, se utilizó el formato de pregunta en un referéndum a los votantes sobre la disposición a pagar (Arrow, et al., 1993). Hanemann (1984) sugiere cómo puede responder un encuestado una pregunta MVC de elección dicótoma. Hanemann considera que el encuestado evalúa la diferencia de utilidad asociada al status quo frente al pago de un precio (X$) para que se aplique el programa. Si la diferencia de utilidad es positiva para el programa, la persona responderá "Si". Si la diferencia de utilidad se distribuye logísticamente, puede utilizarse un modelo logit para estimar los parámetros y

poder calcular la DAP. El efecto del idioma y de la etnicidad se comprobarán utilizando un modelo logit principalmente de dos modos. En primer lugar podemos comprobar si la etnicidad o el idioma desplazan sin más la función logit hacia arriba o hacia abajo mediante un modificador de la ordenada en origen (o modificador del *intercept*)(por ejemplo., B2, B4, B6) o si afecta a la pendiente del precio (*bid*) de la función logit (por ejemplo, B3, B5, B7) en ecuación (1): ln(Pi/1-Pi)=B0+B1Precio+B2 Afro-americanos

+B3 Precio*(Afro-americanos) + B4 Hispano-españoles

+ B5 Precio*(Hispano-español) + B6 Hispano-inglés

+ B7 Precio*(Hispano-inglés) +..BnXn

donde: Precio es importe en dólares que se le pide al encuestado que abone, Afro-americano es uno para afro-americanos, y cero para blancos e hispanos, Hispano-español es uno para los hispanos contestando la encuesta en español, Hispano-inglés es uno para los hispanos contestando la encuesta en inglés

Las hipótesis nulas son:

Ho: B2 = 0; Ho: B3 = 0; Ho: B4 = 0; Ho: B5 = 0; Ho: B6 = 0; Ho: B7 = 0

Las hipótesis se comprueban mediante la evaluación de la estadística-t con los coeficientes respectivos.

Una prueba más general consiste en evaluar si todos los coeficientes en la ecuación logit variarían con la etnicidad y el idioma. Se calculan así cuatro ecuaciones logit separadas, una para blancos (B), otra para afro-americanos (AA), otra para hispano-españoles (HE) y otra para hispano-ingleses (HI), con la forma:

(2a) ln(Pi/1-Pi) = B0 + B1 Precio + B2 X2 +B3 X3 + ...+BnXn

(2b) ln(Pi/1-Pi) = AA0 + AA1 Precio + AA2 X2 +AA3 X3 +...+AAnXn

(2c) ln(Pi/1-Pi)=HE0+HE1Precio+HE2X2+HE3X3 +...+HEnXn

(2d) ln(Pi/1-Pi)=HI0+HI1Precio+HI2X2+HI3X3+...+HInXn

La hipótesis nula es de igualdad de coeficiente en los cuatro grupos:

Ho :B0=AA0 =HE0=HI0; B1=AA1=HE1=HI1;...Bn=AAn= HEn = HIn

La hipótesis nula se comprueba utilizando una prueba de razón de verosimilitud comparando las ecuaciones logit separadas con una ecuación logit conjunta para los cuatro grupos. La prueba de significación se realiza evaluando la estadística ji-cuadrado. Si se rechaza la hipótesis nula, entonces es razonable investigar que tratamientos de etnicidad e idioma son estadísticamente diferentes de los demás, y cuales, si los hay, no muestran una diferencia estadística con los demás. Así, y en caso de ser necesario, realizaremos una serie de pruebas por pares.

Las comparaciones de las estimaciones de DAP media entre los grupos étnicos y de idioma se utilizarán para establecer si existen diferencias en los beneficios del programa público para cada grupo. La hipótesis nula comprueba si la estimación de DAP por etnia e idioma es igual:

Ho:DAPBlanco-inglés =DAPHispano-español =DAPAfro-americano

Los resultados dependen de si se solapan o no los intervalos de confianza.

Diseño de la encuesta

El folleto de la encuesta se preparó en colaboración con personal forestal de California. Describe la superficie quemada anualmente por incendios forestales, así como la media de casas que sucumben a los incendios forestales cada año. A continuación se describía un programa que aumentaba el uso de la quema prescrita o quema controlada en California. Concretamente se indicaba a los encuestados que el programa de reducción de combustible mediante quema prescrita reduciría los combustibles potenciales de incendios forestales mediante quemas controladas periódicas. Se reconocía que las quemas controladas generan algo de humo, aunque mucho menos que un incendio destructivo. Seguidamente el folleto de la encuesta proporcionaba información adicional y dibujos que contrastaban los incendios descontrolados con las quemas controladas. En lo relativo a la financiación se describía el programa de quema controlada como un programa de costes compartidos entre el Estado de California y el condado en que vivía la persona.

La redacción del párrafo con que se trataba de averiguar la DAP era la siguiente:

" California está considerando utilizar parte de los ingresos del estado como aportación que iguale la que hagan los condados para ayudarles a financiar programas de prevención. Si la mayoría de los residentes votan a favor de pagar la parte del condado de este programa, su condado aplicaría el Programa ampliado de quema prescrita de California en bosques y praderas federales, estatales y privados. La financiación del Programa requeriría que todos los usuarios del bosque y las praderas de California abonaran los costes adicionales de este programa. ...Si se aplicara el Programa se prevé reducir la superficie quemada por incendios forestales de la media anual actual de 362.000 acres (unas 146.610 hectáreas) a unos 272.500 acres, (110.360 hectáreas), una reducción del 25%. Se calcula que el número de casas destruidas por incendios forestales se reduciría de la media anual actual de 30 a unas 12. Su aportación al Programa ampliado de quema prescrita sería de _$ al año por su vivienda. Si se incluyera el Programa ampliado de quema prescrita en las próximas elecciones, ¿votaría usted__ a favor__ en contra? "

El programa de reducción mecánica de combustible se definió en el folleto del siguiente modo: *Otro método para reducir la acumulación de combustible en los bosques es segar o triturar mecánicamente los arbustos y los árboles pequeños y medianos hasta convertirlos en mantillo. Este método es especialmente eficaz en la reducción de la altura de la vegetación, lo que reduce la capacidad del fuego de trepar desde el suelo hasta las copas de los árboles. Además, la "siega" ralentiza el crecimiento de nueva vegetación, ya que el matillo actúa como barrera.*

Se especificaba que el programa de reducción mecánica de combustible, a diferencia del método de quema prescrita, no producía humo alguno, para no deteriorar la calidad del aire. El folleto de la encuesta detallaba las hectáreas de superficie y las casas que se queman anualmente en California a causa de los incendios forestales y especificaba que sólo se aplicaría uno de los dos programas. La pregunta de elección dicótoma sobre la disposición a pagar por un programa de reducción mecánica de combustible de incendios se redactó del siguiente modo:

...Si se aplicara el Programa de reducción mecánica de combustible en lugar del programa ampliado de quema prescrita, se prevé reducir la superficie de incendios

forestales de la media anual actual de 362.000 acres (unas 146.610 hectáreas) a unos 272.500 acres, (110.360 hectáreas), una reducción del 25%. Se calcula que el número de casas destruidas por incendios forestales se reduciría de la media anual actual de 30 a unas 12. Su aportación al Programa de reducción mecánica de combustible sería de _$ al año por su vivienda. Si se incluyera el Programa ampliado de quema prescrita en las próximas elecciones, ¿votaría usted__ a favor__ en contra?“

Se explicaba que la financiación de ambos programas de tratamiento de combustible se realiza condado por condado, de manera que si la mayoría de los residentes votaban a favor del programa, el estado de California aportaría una suma equivalente a la recaudada por el condado en que se hubiera aprobado el programa y todos los habitantes del condado tendrían que abonar por su condado el precio adicional indicado. El precio, expresado en dólares, variaba entre los encuestados y presentaba los siguientes valores: 15$, 25$, 45$, 65$, 95$, 125$, 175$, 260$, 360$, y 480$.

Recopilación de datos y modo de realización de la encuesta

La encuesta se realizó mediante un proceso telefónico y por correo. Para obtener una muestra representativa de viviendas, se realizó una marcación aleatoria de dígitos de entre los hogares de una muestra de los condados de California. Se seleccionaron los condados de manera que hubiera una mezcla de condados que experimentan incendios con frecuencia, condados que experimentan incendios de vez en cuando y condados que casi nunca experimentan incendios. Una vez establecido el contacto inicial, se verificaba el idioma al tiempo que se obtenía la actitud inicial y el conocimiento inicial sobre los incendios destructivos y de los incendios controlados. Seguidamente se concretaba una cita con esas personas para una entrevista más larga tras la recepción del folleto a color de la encuesta que se procedía a enviar por correo. Las entrevistas se realizaron con la ayuda de dicho folleto a color. El folleto se envió en inglés a los blancos, afro-americanos y aproximadamente a la mitad de los hogares hispanos. La otra mitad de los hogares hispanos recibieron el folleto en español. Se pidió a los participantes que leyeran el folleto antes de la entrevista telefónica. Las entrevistas telefónicas se realizaron en inglés o en español según el idioma del folleto recibido.

Resultados

Comparación de los índices de respuesta

Como la encuesta se realizó en dos fases, en la tabla 1 se comparan por separado los índices de respuesta de los grupos étnicos a la llamada telefónica inicial mediante marcación aleatoria de dígitos y a la entrevista de seguimiento más larga. Aunque los índices de respuesta a las llamadas iniciales fueron todos superiores al 40%, hay una diferencia estadísticamente significativa de respuesta a la primera llamada entre los cuatro grupos. El mayor índice de respuesta (75,5%) es el de hispanos a quienes telefoneó un encuestador de habla española. El esfuerzo adicional para ponerse en contacto con los encuestados en su lengua materna mereció claramente la pena en la entrevista inicial. Concretamente se obtuvo un índice de respuesta significativamente

superior (según la estadística de ji-cuadrado de 9,98) realizando la entrevista inicial con los hispanos en español en lugar de en inglés.

Tabla 1—*Comparación de índices de respuesta por etnicidad e idioma*

Primera fase - Cribador	**Caucásico**	**Afro americano**	**Hispano inglés**	**Hispano español**	**Total**
Muestra inicial contactada total	794	708	733	620	2855
Inicial terminada	328	308	421	468	1525
Índice respuesta 1ª fase	41,3%	43,5%	57,4%	75,5%	53,4%
Ji-cuadrado total					**58,61****
Ji-cuadrado (AA contra C)					0,298
Ji-cuadrado (HI contra HE)					**9,98****
Segunda fase- entrevista más larga					
Se negaron a dar la dirección	4	4	9	1	18
Teléfono desconectado, trasladado, no disponible	16	25	37	47	125
No se les llamó	51	3	0	0	54
Muestra neta para la 2ª fase	257	276	375	420	1328
Entrevistas terminadas	187	126	170	139	622
Índice respuesta 2ª fase	72,8%	45,7%	45,3%	33,1%	46,8%
Ji-cuadrado total					**34,25****
Ji-cuadrado (AA contra C)					**10,51****
Ji-Cuadrado (HI contra HE)					**5,48***

*Significación del 5%

**Significación del 1%

Desgraciadamente en las entrevistas más amplias se produce el efecto contrario. Tras el envío del folleto en español a los hogares hispanos, en esta segunda fase se obtuvo un índice relativamente bajo, del 33%, significativamente/considerablemente menor que el de los hispanos a quienes se envió el folleto en inglés. Inicialmente parecía poco lógico, ya que podía esperarse que el hecho de que la llamada se realizara en español hubiera dado lugar a un índice de respuesta más elevado en la fase de la entrevista más larga. Sin embargo, el uso del español en la llamada inicial produjo un índice de respuesta tan elevado, (75%), que puede que hayamos reclutado personas que normalmente no contestarían encuestas. Cuando recibieron el folleto y vieron que era largo (7 páginas), declinaron participar en la entrevista. Por otra parte en las llamadas iniciales a hispanos en inglés, el índice de respuesta inicial fue menor

(57%) pero es posible que se tratara de personas que estaban más dispuestas a terminar todo el proceso de la encuesta. El índice de respuesta de los blancos en las entrevistas más amplias fue el más elevado. En conjunto la estadística ji-cuadrado sugiere que hay una diferencia estadísticamente significativa en los índices de respuesta a la entrevista inicial entre las cuatro muestras (ji-cuadrado = 58,61) y a la entrevista telefónica larga (ji-cuadrado 34,25). Sin embargo, en las entrevistas largas los blancos tienen un índice de respuesta más elevado que los afro-americanos, a pesar de que no presentaban diferencias en la entrevista inicial.

Razones por las que los hogares rechazaban pagar por el programa

La tabla 2 presenta la categorización de los rechazos del pago, es decir, las personas que indicaron que estaban a favor del programa de quema prescrita o de reducción mecánica de combustible si no les costaba nada, pero sin embargo ni abonarían el precio que se les había propuesto inicialmente ni pagarían 1 $ en la siguiente pregunta sobre disposición a pagar. Estas personas parecen a favor del programa pero básicamente tienen una DAP de cero. La tabla 2 enumera las razones por las que los encuestados no pagarían 1$ por el programa de quema prescrita. Las primeras tres razones en la tabla 2 no se han considerado respuestas protesta porque no apreciar ningún valor en el programa o no beneficiarse del programa, así como el no poder pagar, son razones válidas para una DAP de cero. Sin embargo, las otras tres categorías de respuestas se consideran respuestas protesta porque con frecuencia empiezan diciendo "estoy a favor del programa" o "lo apoyo totalmente, pero creo que deberían pagarlo quienes viven en el bosque o con los impuestos ya existentes."

Tabla 2—Razones por las que los encuestados no pagarían 1$ por la quema prescrita

Razón	Afro americanos	Hispano-ingleses	Hispano-españoles	Blancos	Total
Respuestas No Protesta					
No Valor/No Beneficios	0	3	0	1	4
No me lo puedo permitir	1	1	0	3	5
Ya demasiados impuest.	0	0	0	2	2
Total no protesta	**1**	**4**	**0**	**6**	**11**
Respuestas protesta					
Debería pagarse con los impuestos existentes	2	0	0	4	6
Deberían pagar quienes viven en el bosque	1	0	0	0	1
Otros	1	3	0	1	5
Total protesta	**4**	**3**	**0**	**5**	**12**

Debido a la frecuencia de celdas vacías para algunos grupos étnicos en respuestas protesta concretas, sólo puede computarse un ji-cuadrado global de repuestas protesta frente a repuestas no protesta. El valor calculado de ji-cuadrado de 1,994 indica que noy hay una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos étnicos en el patrón de razones protesta y no protesta para rechazar el pago. Sin embargo, merece la pena señalar que no hubo ningún rechazo del pago en los hogares dónde se realizó la encuesta en español. En los cuatro grupos hay un respaldo global considerable de la quema prescrita como medio de reducir los incendios forestales. Hubo únicamente 23 hogares de 622 (3,7%) que no pagarían 1$, y sólo 12 de ellos fueron considerados respuestas protesta. Hubo 116 personas que dijeron NO al precio propuesto inicial, pero 92 de ellas dijeron SÍ al pago de 1$.

Tabla 3--*Razones por las que el encuestado no pagaría 1$ por el programa de reducción mecánica de combustible*

Razón	blancos	afro americanos	hispano-inglés	hispano-español	Total
Respuestas no protesta					
No Valor/Beneficio donde yo vivo	1	2	2	1	6
No se lo puede permitir	1	2	0	0	3
Reduce alimento/Vegetación para la vida silvestre	4	7	4	1	16
Método antinatural / Dejemos en paz a la naturaleza	3	6	2	0	11
No le gusta el programa de reducción mecánica combusti.	3	4	3	1	11
Total repuestas no protesta	**12**	**21**	**11**	**3**	**47**
Respuestas protesta					
Prefiere método quema prescrita	5	2	2	0	9
Deberían pagarlo otros	1	3	1	0	5
No hace falta financiación adicional	2	2	0	0	4
Quiere más información sobre el programa	1	1	0	0	2
No confía en el estado	0	1	0	0	1
Perjudica a sus negocios	0	1	0	0	1
Otros	1	4	1	1	7
Total Protesta	**10**	**14**	**4**	**1**	**29**
Total	**22**	**35**	**15**	**4**	**76**

La tabla 3 presenta el resultado de rechazos del pago por la reducción mecánica de combustible. La mitad superior de la tabla refleja rechazos del pago sin protesta, mientras que la mitad inferior refleja protestas o rechazos de la premisa del mercado construido con el MVC. Los hispanos fueron los que menos respuestas protesta tuvieron (5), y los afro-americanos los que tuvieron más (14). Se utilizó una prueba de ji-cuadrado para determinar si hay diferencias en las razones para el rechazo del pago entre etnias. Para tres grados de libertad, el valor calculado de ji-cuadrado era de 1,68 y el valor crítico de ji-cuadrado 7,815. Como el valor calculado de ji-cuadrado era inferior al ji-cuadrado crítico, aceptamos nuestra hipótesis nula de que no había diferencia estadística entre etnicidades en las razones protesta o sin protesta para no pagar por lo menos 1$ por el programa de reducción mecánica de combustible.

Resultados de las regresiones logit

La tabla 4 muestra los resultados del modelo logit "completo" que incluye no sólo las variables de etnicidad e idioma, sino también otras variables demográficas (edad, nivel de estudios, valor de la vivienda, sexo, renta, número de personas en la vivienda y si son propietarios de la misma), actitudes (la quema prescrita causa problemas de salud- problemas de salud causados por la quema prescrita), si han visto personalmente un incendio forestal (testigo de incendio) y si han visto quemarse la casa de algún vecino (casavecinoquemada). En el análisis de la quema prescrita, incluimos también una variable (población incendio) que refleja si los habitantes de ese hogar viven en una población que haya tenido un incendio en el pasado reciente (por ejemplo, Oakland) o próxima a bosques que se incendien con frecuencia. Esas otras variables no étnicas se incluyeron para tratar de controlar tantos factores de esa naturaleza como fuera posible, e impedir que la comprobación de nuestra hipótesis sobre la etnicidad y el idioma se viera influida por sesgos de variables omitidas.

En conjunto el coeficiente del precio es negativo y estadísticamente significativo para ambos programas, el de quema prescrita y el de reducción mecánica de combustible. El nivel de estudios y si los encuestados consideraban que la quema prescrita causaba problemas de salud debido al humo eran variables significativas al nivel del 0.05 (at the 0.05) level para el programa de quema prescrita. En cuanto a nuestra hipótesis relativa a la etnicidad y al lenguaje, la tabla 4 indica que ninguna de las variables modificadoras de la ordenada en origen (*intercept*) logit o términos de interacción con la pendiente del precio de la etnicidad o del idioma son estadísticamente significativas para niveles convencionales en cuanto al programa de quema prescrita. Sin embargo, para el programa de reducción mecánica de combustible, el término de interacción con la pendiente hispano-inglés (precio HI) y el intercept shifter hispano-español (HE) fueron significativamente diferentes de cero al nivel de 10% y 2% respectivamente. Eso sugiere una demanda menos sensible al precio del programa de reducción mecánica de combustible entre los hispanos a quienes se administró la encuesta en inglés, y un respaldo general mayor por parte de los hispanos a quienes se administró la encuesta en español.

En conjunto, los resultados de la tabla 4 sugieren que si hay otras diferencias en etnicidad e idioma, pueden no tener una explicación adecuada únicamente con un simple término modificador de ordenada en origen y de interacción de pendiente del precio. En ese caso las diferencias podrían ser más generales, y afectar a diferencias en todos los coeficientes. Utilizando una especificación centrada únicamente en las

variables de la tabla 4 con estadística t mayor que uno, estimamos un modelo para cada uno de los cuatro grupos por separado, por supuesto sin las variables de etnicidad e idioma. Por cuestión de espacio no se explican aquí. (Véase Ellingson, 2003 para obtener los detalles de los modelos logit de reducción mecánica de combustible).

Tabla 4--*Función logit con intercept de etnicidad e interacciones de pendiente del precio*

	Quema prescrita			Reducción mecánica de combustible		
Variable	Coeficiente	Estadís. t	Prob.	Coeficiente	Estadís. t	Prob.
Constante	2,5123	3,030	0,002	1,0525	1,24	0,212
Precio	-0,0052	-3,523	0,000	-0,0024	-1,93	0,052
afro-americano (AA)	-0,0489	-0,089	0,928	-0,0984	-0,251	0,801
Precio AA	0,0010	0,464	0,642	0,0015	0,808	0,418
hispano-inglés (HI)	-0,0995	-0,186	0,852	-0,1124	-0,291	0,771
Precio HI	0,0029	1,387	0,165	0,0027	1,641	0,100
hispano-español (HE)	0,4861	0,717	0,473	1,1234	2,272	0,023
Precio HE	0,0029	1,154	0,248	-0,0008	-0,424	0,671
Sexo	-0,3114	-1,211	0,225	-0,3284	-1,694	0,090
Valor vivienda	4,17E-07	0,767	0,442			
Problemas de salud por quema prescrita	-0,8459	-2,572	0,010	-0,2540	-1,038	0,299
Testigo d. incendio	0,1649	0,585	0,558			
Casa vecino quemada	0,5292	1,057	0,290			
Renta	-5,08E-06	-1,383	0,166	-1,50E-05	-1,571	0,116
$Renta^2$				1,07E-10	1,943	0,052
edad	-0,0022	-0,245	0,806	0,0099	1,361	0,173
Personas en el hogar	0,1115	1,262	0,206	0,0447	0,687	0,491
Estudios	-0,0982	-2,033	0,042	-0,0329	-0,712	0,475
Experiencia humo				-0,0296	-0,147	0,883
Vivienda en propiedad				-0,1228	-0,537	0,591
Población incendio	0,2375	0,690	0,489			
Variable dependiente media	0,79					,63
McFadden R^2	0,096					,060
estadística RV (17 df)	45,787					42,14
Probabilidad (estat RV)	0,0001					0,0004
Tamaño muestra	474					536

Antes de informar de los resultados de la prueba de la razón de verosimilitud a igualdad de coeficientes resumimos los resultados de las ecuaciones logit individuales. Para el programa de quema prescrita los coeficientes de pendiente de precio son estadísticamente diferentes de cero al 1% para los blancos y los afro-americanos, pero no para ninguno de los grupos hispanos. Anima comprobar que el signo es negativo en ambas regresiones de hispanos, pero es infrecuente que el coeficiente del precio sea insignificante en respuestas de MVC de elección dicótoma. Esto es contrario a lo que encontraron Loomis y otros (2002) para hispanos residentes en Florida para un programa de quema prescrita allí, una diferencia puede ser que los hispanos que viven en Florida proceden sobretodo del área caribeña, mientras que los hispanos en California proceden de Méjico y Centroamérica. Para el programa de reducción mecánica el precio es estadísticamente significativo al nivel del 5% para los blancos y los hispanos a quienes se administró la encuesta en español, pero no para los hispanos a quienes se administró en inglés o para los afro-americanos.

Para comprobar si los coeficientes de disposición a pagar logit son diferentes entre los cuatro tratamientos, se realizaron pruebas de razón de verosimilitud, que se muestran en la tabla 5. Para el programa de quema prescrita no parece haber diferencia estadística en el conjunto de coeficientes entre los cuatro modelos (valor calculado del ji-cuadrado =33,34 siendo el valor crítico de 36,15 al nivel del .05) Estos resultados coinciden con los hallazgos de Loomis y otros (2002) en Florida cuando compararon también modelos logit de muestras españolas e inglesas. Sin embargo, para los modelos de reducción mecánica, esta misma prueba indica que hay una diferencia estadísticamente significativa al nivel del 5% entre los coeficientes de la disposición a pagar de los cuatro grupos logit. En la conclusión presentamos nuestra hipótesis de por qué son diferentes los resultados para los dos programas.

Tabla 5.--*Pruebas de razón de verosimilitud de igualdad de coeficiente entre los distintos grupos étnicos*

	Quema prescrita	**Reducción mecánica de combustible**
Grupos	Verosimilitud Log	Verosimilitud Log
Blanco	-70,91	-103,95
Afro-americanos	-46,35	-71,70
Hispano-ingleses	-62,19	-101,51
Hispano-españoles	-33,48	-54,79
Suma de sin restric.	-212.93	-331,95
Conjunto-con restric.	-229.61	-349,13
Valor cal. ji-cuadr.	33,34	34,36
Ji-cuadr. crít. @5%	36.15	28,87
Significativamente diferente?	No	Si

Resultados de disposición a pagar

La tabla 6 muestra la disposición a pagar media de los blancos, afro-americanos e hispanos a quienes se administró la encuesta en español con los intervalos de confianza correspondientes. Utilizamos las siguientes fórmulas (Hanneman 1989) para calcular la disposición a pagar media:

$$\text{DAP media} = (\ln (1 + \exp (\alpha))) / \beta$$

Donde α representa el producto del coeficiente y los valores medios de todas las variables independientes excluyendo el coeficiente del precio, β es el valor absoluto del coeficiente del precio (Park y otros 1991).

La disposición a pagar media por la quema prescrita era 100$ anuales menos para los blancos (400$) que para los afro-americanos (505$), pero esas diferencias no son significativas. Es interesante que si utilizamos los coeficientes logit de los afro-americanos con la demografía de los blancos, la diferencia de la DAP se reduce a la mitad, lo cual sugiere que las diferencias demográficas tienen una influencia considerable en la diferencia de DAP. En cuanto al programa de reducción mecánica de combustible, la disposición a pagar de los blancos (437$) es la mitad que la de los hispanos a quienes se administró la encuesta en español (863$), pero el tamaño de los intervalos de confianza sugiere que esas diferencias no son estadísticamente significativas. El coeficiente del precio de los afro-americanos era insignificante para el programa de reducción mecánica de combustible, mientras que para los hispanos era insignificante para el programa de quema prescrita, con lo que se descartaba el cálculo de estimaciones estadísticamente significativas de DAP media. Es interesante el hecho de que los distintos grupos étnicos respondan de un modo diferente a la quema prescrita y a la reducción mecánica de combustible. Sin embargo hay un respaldo considerable y una disposición a pagar en California por parte de los blancos y de los afro-americanos para el uso de la quema prescrita , y por parte de los blancos y los hispanos para el uso de la reducción mecánica de combustible. La disposición a pagar media de los blancos es similar para el programa de quema prescrita y para el de reducción mecánica de combustible.

Tabla 6—DAP media e intervalos de confianza de 90% para el programa de quema prescrita y para la reducción mecánica de combustible en California

	Media	**Intervalo de confianza 90%**
Quema prescrita		
Blancos	$400	$312 - $ 608
Afro-americanos	$505	$363 - $1,126
Reducción mecánica combustible		
Blancos	$437	$278 - $1,813
Hispano-españoles	$863	$494 - $2,124

Conclusiones

Esta ponencia trataba de averiguar si había diferencias en los índices de respuesta de las encuestas, en las razones para negarse a pagar, y en la disposición a pagar por políticas de gestión de incendios forestales. Utilizando una prueba de una variable

(ji-cuadrado), hallamos una diferencia estadística en los índices de respuesta entre afro-americanos, blancos e hispanos tanto para las entrevistas iniciales mediante marcación aleatoria de dígitos como para las entrevistas telefónicas de MVC de seguimiento. El uso de la lengua materna de los hispanos (español) mejoró el índice de respuesta de las entrevistas iniciales, pero esta mejora no se transfirió a las entrevistas de MVC de seguimiento con el folleto de la encuesta. Las razones para no estar dispuesto a pagar ni un dólar por los programas de quema prescrita y los de reducción mecánica de combustible eran similares entre los afro-americanos, los blancos y los hispanos a quienes se administró la encuesta en inglés o en español. Una regresión logit que reunió las respuestas de los cuatro grupos al programa de quema prescrita, limitándose a controlar la etnicidad y el idioma utilizando una variable modificadora de la ordenada en origen y un término de interacción de pendiente de precio no indicó ninguna diferencia estadística entre los cuatro grupos. Una prueba de razón de verosimilitud para los cuatro modelos logit de idioma y etnicidad confirmó que los coeficientes en las ecuaciones logit no son estadísticamente diferentes para el programa de quema prescrita.

Los hispanos tenían un coeficiente insignificante sobre el precio para el programa de quema prescrita, un hallazgo robusto independiente de si la encuesta se había administrado en inglés o en español. Por otra parte, los blancos y los afro-americanos tenían un coeficiente negativo y estadísticamente significativo en el precio para la quema prescrita, lo que nos permitió calcular la media de su disposición a pagar pro este programa. La disposición a pagar por el programa de quema prescrita de los blancos era de 400$ mientras en los afro-americanos era de 505$, pero esas diferencias no son significativamente distintas. Si utilizamos los coeficientes logit de los afro-americanos con la demografía de los blancos, la diferencia de DAP se reduce a la mitad, lo que sugiere que las diferencias demográficas desempeñan una importante función en la DAP.

Para el programa de reducción mecánica de combustible encontramos diferencias significativas en el coeficiente de la pendiente del precio para los hispanos a quienes se administró la encuesta en inglés, siendo este grupo menos sensible al precio del coste del programa que los blancos y los afro-americanos. Los hispanos a quienes se administró la encuesta en español también votaron en mayor proporción que cualquiera de los otros tres grupos a favor del programa de reducción mecánica del combustible. Los hispanos a quienes se administró la encuesta en español tenían una disposición anual a pagar de 863$, el doble que los blancos (437$). Una posible razón para diferencias estadísticamente significativas en el coeficiente logit de disposición a pagar de los hispanos y para una mayor disposición a pagar de los hispanos es que el programa de reducción mecánica requiere bastante más mano de obra que la quema prescrita. Siendo eso así, los hispanos pueden pensar que el programa de reducción mecánica de combustible les proporcionará más oportunidades de empleo, lo que provocaría ese mayor respaldo de este programa.

En conjunto nuestros resultados indican una disposición a pagar considerable en los hogares de California por un programa de quema prescrita o reducción mecánica de combustible que redujera en un 25% la superficie quemada por los incendios y lograra que se quemaran 18 casas menos al año. Los afro-americanos parecen inclinarse más a favor de la quema prescrita, y los hispanos parecen preferir la reducción mecánica de combustible. Los blancos tienen una disposición a pagar equivalente en ambos programas.

Con una disposición a pagar media de por lo menos 400$, y más de 12 millones

de hogares en California, la disposición a pagar por cualquiera de los programas es de unos 5.000 millones de dólares. Nótese que la encuesta indicaba de forma explícita que sólo se aplicaría uno de los programas, de modo que sería incorrecto sumar los valores de los dos programas de reducción de combustible. Por último, esta encuesta se realizó antes de los grandes incendios que azotaron el sur de California durante el otoño de 2003. Es de suponer que los valores de disposición a pagar habrían aumentado considerablemente si hubiéramos realizado la encuesta después de aquellos incendios. Una comparación de los valores posteriores al otoño de 2003 con los valores previos produciría información muy interesante sobre la sensibilidad de la disposición a pagar a esos incendios recientes en el sur de California.

Referencias

Arrow, K., Solow, R., Portney, P., Leamer, E., Radner, R. and Schuman, H. 1993. Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation. U.S. Department of Commerce, Federal Register 58(10): 4602-4614.

Cotter, P., Cohen, J. and Coulter, P. 1982. **Race-of-Interviewer effects in telephone interviews**. Public Opinion Quarterly, 46(2): 278-284.

Ellingson, Lindsey. 2003. **The Role of Ethnicity and Language in Contingent Valuation Analysis.** Fort Collins: Colorado State University. 58p. Tesina de Máster en Ciencias.

Halstead, J., Luloff, A., and Stevens, T. 1992. **Protest bidders in contingent valuation.** Northeastern Journal of Agricultural and Resource Economics 21:160-169.

Hanemann, M. 1984. **Welfare evaluations in contingent valuation experiments with discrete responses**. American Journal of Agricultural Economics 67(3): 332-341

Hurtado, A. 1994. **Does similarity breed respect: interviewer evaluations of Mexican-Descent respondents in a bilingual survey**. Public Opinion Quarterly 58(1): 77-95.

Lenski, G. and, Leggett, J. 1960. **Caste, class, and deference in the research interview**. American Journal of Sociology 65(5): 463-467.

Loomis, John, Bair, Lucas, and Gonzalez-Caban, Armando. 2002. **Language related differences in a contingent valuation study: English versus Spanish**. American Journal of Agricultural Economics. 84(4): 1091-1102.

Mitchell, R., and Carson, R. 1989. **Using surveys to value public goods: the contingent valuation method**. Washington D.C.: Resources for the Future. 463 p.

Park, T., Loomis, J., and Creel, M. 1991. **Confidence intervals for evaluating benefit estimates from dichotomous choice contingent valuation studies.** Land Economics 67(1): 64-73.

Reese, S., Danielson, W., Shoemaker, P., Chang, T., Hsu, H. 1986. **Ethnicity of interviewer effects among Mexican-Americans and Anglos**. Public Opinion Quarterly 50(4): 563-572.

Tindigarukayao, J. 2001. **Challenges in Conducting Sample Surveys in the Caribbean.** Social and Economics Studies 50(2): 167-178.

Weeks, M. and Moore, P. 1981. **Ethnicity-of-interviewer effects on ethnic respondents.** Public Opinion Quarterly 45(2): 245-249.

Marcos Legales para la Lucha contra los Incendios Forestales: Acuerdos Internacionales y Legislación Nacional[1]

Mike Jurvélius[2]

Resumen

Esta ponencia se centra en algunos aspectos legales de la lucha contra los incendios forestales, a saber: los acuerdos internacionales y las legislaciones nacionales que tratan de dichos incendios. Está basada en la puesta al día del trabajo del jurisconsulto Frédéric St-Martin, realizada en marzo de 2004.

Los principales objetivos de esta actualización fueron: (i) identificar las recientes legislaciones nacionales y regionales sobre la lucha contra los incendios forestales; (ii) actualizar el repertorio de los acuerdos internacionales sobre incendios forestales llevado por la FAO; y (iii) preparar un modelo básico para desarrollar acuerdos globales basados en el modelo acordado en la Cumbre Internacional sobre Incendios Forestales de Sidney, celebrada en octubre de 2003.

La puesta al día de la legislación nacional que trata sobre los incendios forestales se llevó a cabo mediante un búsqueda sistemática en FAOLEX, la base de datos legislativa de la FAO.

Los acuerdos internacionales y la legislación nacional indicadas en esta actualización han sido agrupadas en dos categorías de documentos legales sobre incendios forestales: (i) acuerdos internacionales, incluidos los acuerdos de intervención en situaciones de emergencia, y otros acuerdos; y (ii) las legislaciones nacionales que, o tratan específicamente y, más o menos, de forma extensa sobre los incendios forestales, o que se ocupan, en parte, de algunos aspectos de la gestión de dichos incendios, entre otros asuntos de la silvicultura.

Los documentos legales que se localizaron durante el transcurso de este trabajo incluyen: (i) 20 acuerdos de intervención en situaciones de emergencia internacionales; (ii) 9 acuerdos internacionales que no tratan de la intervención en situaciones de emergencia, pero que cubren otros aspectos de la cooperación sobre incendios forestales; y (iii) 204 documentos sobre legislación nacional, 95 de los cuales están relacionados directamente con dichos incendios, además de otros que versan sobre silvicultura en general y que cubren, hasta cierto punto, los incendios forestales.

Introducción

De acuerdo con un informe previo de Bob Mutch y Maresa Bors, titulado *Informe de seguimiento a la FAO/ITTO de la reunión internacional de expertos en la lucha contra los incendios forestales, marzo de 2001* (Roma, octubre, 2001), esta ponencia se centra en algunos aspectos legales de dicha lucha, a saber: los acuerdos internacionales y la legislación nacional que trata de los incendios forestales.

En julio de 2001, se requirió a los representantes de los países miembros de la FAO que localizaran los acuerdos internacionales sobre incendios forestales, con vistas a poner al día la lista disponible existente en la propia FAO. En enero de 2002, se hizo una nueva petición de ayuda a dichos representantes para que encontraran nuevos acuerdos que pudiesen haberse firmado, o

[1] Una versión abreviada de esta ponencia se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía en los programas de protección contra los incendios forestales, 19–22 Abril 2004, Córdoba, España.

[2]Mike Jurvélius, Forestry Officer (Forest Fire Management), Forest Resources Development Services, Forest Resources Division, Forestry Department, FAO. Viale Delle Terme di Caracalla, 00100, Roma (Italia). mike.jurvelius@fao.org.

borradores, desde la anterior solicitud, así como cualesquiera acuerdos internos sobre incendios que pudieran existir dentro de un país.

Los acuerdos internos son los firmados dentro de un país, o entre estados, provincias y otras entidades de gobierno locales, o los celebrados entre instituciones y organismos dentro de un gobierno nacional.

Durante 2002, se recibieron más de treinta contestaciones de los siguientes países: Bolivia, Brasil, Burkina Faso (Alto Volta), Burundi, Chile, Colombia, Chipre, El Salvador, Ecuador, Eritrea, Etiopía, Haití, Honduras, Indonesia, Laos, Líbano, Lesoto, Mauricio, Marruecos, Perú, Ruanda, Seychelles, Sierra Leona, Sri Lanka (Ceilán), Siria, Tailandia, Togo, Túnez, Uruguay y Venezuela (Anexo 2). La mayoría de las respuestas proporcionadas por los representantes de la FAO fueron negativas (p. ej., no había acuerdos en vigor). Sin embargo, existían una serie de acuerdos de cooperación, y se recomendó que esta lista se actualizase periódicamente, a medida que llegaran las contestaciones de dichos representantes, y que la nueva información estuviese disponible.

Los textos completos de los documentos legales arriba mencionados, junto con los resúmenes de los acuerdos internacionales, se han introducido en una base de datos y están disponibles en línea en la página web de la FAO.

En 2001, se hicieron cuatro recomendaciones con vistas a una futura actuación de la FAO en relación a los aspectos legales de la lucha contra los incendios forestales: (i) actualización periódica de la información sobre acuerdos internacionales y legislaciones nacionales; (ii) elaboración posterior de un esquema para desarrollar acuerdos internacionales (Modelo de acuerdo, Anexo 1), y desarrollo de nuevos esquemas para las directrices operacionales y planes de operación relacionados; (iii) revisión ulterior y valoración de la legislación nacional sobre incendios forestales, incluida la logística en caso de incendio; y (iv) desarrollar las pautas generales para los proyectos de leyes nacionales sobre dichos incendios forestales.

Los acuerdos internacionales y la legislación nacional recogidos se agruparon en dos categorías de documentos legales sobre incendios forestales:

(i) acuerdos internacionales, compuestos por:

  (a) acuerdos de intervención en situaciones de emergencia;

  (b) otros acuerdos; y,

(ii) legislación nacional compuesta por los documentos legales que:

  (a) traten específicamente o extensamente, más o menos, sobre incendios forestales;

  (b) traten, en parte, de algunos aspectos de la lucha contra los incendios forestales.

Esta ponencia se centra en algunos aspectos legales de la lucha contra los incendios forestales, a saber: los acuerdos internacionales y las legislaciones nacionales que tratan de dichos incendios. Está basada en la puesta al día del trabajo del jurisconsulto Frédéric St-Martin, realizada en marzo de 2004.

En conjunto, los documentos legales sobre incendios forestales que se localizaron en el transcurso de esta actualización consisten en:

(i) 20 acuerdos internacionales de intervención en situaciones de emergencia (más uno que está en negociación);

(ii) 9 acuerdos internacionales sobre otros asuntos; y,

(iii) 204 documentos que se refieren a las legislaciones nacionales, 95 de los cuales están directamente relacionados con los incendios forestales, y los otros tratan de silvicultura en general y se ocupan, hasta cierto punto, de los incendios forestales.

1. Acuerdos internacionales

1.1 Acuerdos de intervención en situaciones de emergencia

Hasta la fecha, la FAO ha recibido los ejemplares de los acuerdos internacionales de intervención en situaciones de emergencia. Estos acuerdos se enumeran abajo, indicando: partes signatarias del acuerdo, nombre y fecha del acuerdo, y un breve esquema de los propósitos del acuerdo. Desde la página web del Departamento de Montes de la FAO, se puede acceder a los textos completos:

(http://www.fao.org/forestry/foris/index.jsp?start_id=5288).

Algunos de dichos acuerdos internacionales sobre incendios forestales disponen de directrices operacionales y planes de operación anuales, que incluyen los detalles de procedimiento para la ejecución de dichos acuerdos. Estos documentos, por lo general, se revisan con asiduidad todos los años, para ajustar la puesta en práctica de estos acuerdos a las circunstancias concretas de las partes involucradas. A través de FAOLEX (http://www.fao.org/Legal/default.htm) se puede acceder a ejemplos de dichas directrices operacionales, como las que han desarrollado México/EE.UU., o Canadá/EE.UU., de conformidad con dichos acuerdos

Ejemplos de acuerdos internacionales de intervención en situaciones de emergencia

Partes signatarias del acuerdo	Nombre y fecha del acuerdo	Propósito del acuerdo
España / Portugal	Protocolo entre el Reino de España y la República de Portugal en relación a la cooperación técnica y la asistencia mutua en protección civil, 1993.	Preparación y ejecución de proyectos de cooperación científica y técnica en relación a la protección civil (Artículo 1).
Francia / España	Acuerdo de asistencia mutua entre Francia y España para la lucha contra incendios y servicios de asistencia, 1960.	Facilitar la asistencia mutua y el envío rápido de ayuda en caso de emergencia en la zonas fronterizas.
Marruecos / España	Acuerdo sobre cooperación técnica y asistencia mutua en protección civil, 28 de diciembre de 1992.	Mejorar la investigación técnica y científica, y proporcionar ayuda mutua en caso de catástrofe o emergencias.
Argentina / Chile	Acuerdo entre la República de Argentina y la República de Chile sobre cooperación en caso de catástrofe, 1997.	Las partes cooperarán en los siguientes campos: 1. intercambio de información con el fin de prevenir las catástrofes y sus efectos. 2. Intercambio de información y experiencias en relación a la actuación en caso de emergencia. 3. Intercambio de información tecnológica de utilidad, que se aplique en casos de emergencia. 4. Elaboración y desarrollo de programas, proyectos y planes conjuntos para emergencias. 5. Desarrollo de planes para

		mitigar los riesgos comunes y la coordinación operativa para enfrentarse a dichos riesgos. 6. Colaboración en casos de emergencia mediante: a) recursos humanos y medios de asistencia; b) utilización de medios técnicos y logística; c) aportación de ayuda médica y alimentos para mitigar los efectos de las emergencias (Artículo 2).
Argentina / Chile	Acuerdo sobre protección de las zonas forestales fronterizas contra incendios, 1967.	Establecer un sistema efectivo de cooperación para la protección de las superficies forestales comunes de las zonas fronterizas contempladas en el acuerdo, incluido un programa de prevención, verificación y extinción de incendios (Artículo 1).
Finlandia / Federación Rusa	Acuerdo por y entre el Gobierno de la República de Finlandia y el Gobierno de la Federación Rusa sobre cooperación para la prevención de desastres y evitar sus consecuencias, 1994.	Fomentar la cooperación en las siguientes áreas: 1. desarrollo de actuaciones y métodos que aumenten las posibilidades de las partes signataria para la prevención de desastres, para notificarlos, y evitar sus consecuencias; 2. notificación de los desastres que tengan efectos adversos en las fronteras estatales; y 3. asistencia mutua para evitar las consecuencias de dichos desastres (Artículo 2)
México / Estados Unidos de América	Acuerdo para protección contra incendios forestales entre el Departamento de Interior y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, y la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesquerías de los Estados Unidos Mexicanos en la frontera común.	El propósito de este acuerdo es: 1. permitir el cruce de la frontera EE.UU./México de las brigadas de lucha contra incendios forestales, que se inicien en uno de los territorios de cualquiera de estos países, con el fin de extinguir dichos incendios al otro lado de la frontera, dentro de la zona de asistencia mutua y en las circunstancias oportunas; 2. autorizar a las partes para cooperar en otras actividades de lucha contra incendios fuera de la zona de asistencia mutua (Artículo I).
Nueva Zelanda / Estados Unidos de América	Acuerdo sobre incendios forestales entre el Departamento de Interior y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, y el Servicio Nacional contra Incendios Forestales de Nueva	Fijar un marco dentro del cual uno de las partes pueda requerir y recibir recursos para la extinción de incendios forestales de la otra parte, y fomentar la cooperación en otras actividades de prevención de

	Zelanda, 2001.	incendios (Artículo I.1).
China / Rusia	Acuerdo sobre control conjunto de incendios forestales entre el Gobierno de la República Popular de China y el Gobierno de la Federación Rusa, 1995.	Mejorar la lucha contra los incendios forestales en las zonas fronterizas, compartir conocimientos sobre dichos incendios, ayuda mutua en la prevención de los mismos, y reducir las pérdidas que provocan.
Estados Unidos de América / Australia-Nueva Zelanda	Acuerdo internacional entre el Departamento de Interior, la Oficina de Ordenación Territorial, el Departamento de Agricultura, y el Servicio Forestal para el grupo de coordinación nacional entre organismos, por y en nombre del Gobierno de los Estados Unidos de América, y la Secretaría del Departamento de Recursos Naturales y de Medio Ambiente, por sí misma y como representante de la Corona en nombre de todos los Estados y Territorios Australianos, y de la Corona en nombre de Nueva Zelanda, 2000.	Facilitar la asistencia mutua en la extinción de incendios entre Australia, Nueva Zelanda y los Estados Unidos (Artículo I).
Canadá / Estados Unidos de América	Acuerdo de protección contra incendios forestales en los territorios del noroeste, 1998.	Promover la prevención eficaz, las actividades previas a la extinción, y el control de los incendios forestales en la región del noroeste de los Estados Unidos y zonas adyacentes de Canadá, proporcionando ayuda mutua en la prevención, actividades previas a la extinción, y la lucha contra dichos incendios, y establecer los procedimientos de los planes de trabajo que facilitarán dicha ayuda (Artículo I).
Canadá / Estados Unidos de América	Ley parlamentaria sobre el convenio entre estados (#129 – Período de Sesiones 81º del Congreso de los EE.UU), para la protección contra los incendios forestales en el nordeste.	Fomento de la prevención efectiva y la lucha contra los incendios forestales en la región del nordeste de los Estados Unidos y las zonas adyacentes de Canadá, mediante el mantenimiento de los servicios adecuados para la extinción de incendios forestales, y la ayuda mutua en la extinción de dichos incendios entre los estados y provincias de la región (Articulo 1).
Mongolia / Rusia	Borrador de acuerdo sobre cooperación en la protección contra incendios forestales y en la estepa, entre la Federación Rusa y Mongolia.	Mejorar la protección contra incendios en las regiones forestales y esteparias a lo largo de la frontera entre Rusia y Mongolia (20 km. a ambos lados de la frontera), compartiendo medios para la extinción de incendios, evitándolos, y reduciendo las pérdidas ocasionadas por dichos incendios.
Bulgaria / Grecia	Protocolo de cooperación entre el Servicio Nacional de Protección de	Ambas partes se prestarán asistencia mutua en la extinción de

	Incendios de la República de Bulgaria y el Servicio Nacional de Protección de Incendios de la República de Grecia, 1993.	incendios, accidentes, y en la mitigación de sus consecuencias peligrosas.
Francia / Italia	Acuerdo en relación a la intervención de aviones cisterna contra incendios en caso de asistencia mutua durante incendios forestales.	Este acuerdo establece, cuando se precise asistencia mutua, los procedimientos para pedir dicha asistencia, y la duración de la misma.
Italia / Suiza	Acuerdo entre la República de Italia y la Confederación Helvética sobre cooperación en el campo de la prevención del riesgo de incendios y la ayuda mutua en caso de desastres naturales o actividades humanas, 1995.	Este acuerdo define las condiciones bajo las que las partes se prestarán, dentro de los límites de sus posibilidades, asistencia en caso de desastre natural, o debido a actividades humanas que amenacen la vida, los bienes o el medio ambiente.
Grecia / Malta	Acuerdo entre el Gobierno de la República Griega y el Gobierno de Malta sobre protección civil, 2001.	Este acuerdo favorece la cooperación técnica y científica entres estos estados en la gestión de emergencias, así como la colaboración a la hora de aprobar políticas en el campo de la prevención y protección contra desastres naturales, además de la lucha contra las emergencias que se extiendan más allá de las fronteras estatales, o que no puedan ser eliminadas con los medios de una sola de las partes.
Grecia / Chipre	Acuerdo entre el Ministerio de Orden Público de la República de Grecia, y el Ministerio de Justicia y Orden Público de la República de Chipre sobre cooperación de sus respectivos Cuerpos de Bomberos, dentro de sus competencias.	La traducción del griego no estaba disponible cuando se actualizó este informe en agosto de 2003.
Finlandia / Estonia	Acuerdo de Operaciones entre el Grupo de Emergencias de la República de Estonia y el Ministerio del Interior de la República de Finlandia, 1995.	Este acuerdo fija un marco para el intercambio de información, petición de ayuda y asistencia mutua.
España / Portugal	Protocolo adicional sobre asistencia mutua en el caso de incendio forestal en las zonas fronterizas, incluido dentro del Protocolo entre el Reino de España y la República de Portugal sobre cooperación técnica y asistencia mutua en asuntos de protección civil, acordado en Évora el 9 de marzo de 1992, Figueira da Foz, 2003.	Este protocolo facilita la intervención de ambas partes en el caso de incendio forestal, que tenga lugar dentro de un franja de 5 km. a ambos lados de la frontera. Tiene como objetivo reducir el período de tiempo entre el inicio del incendio y la respuesta de los cuerpos de combate contra el fuego.

1.2 Otros acuerdos

Se han recibido nueve acuerdos internacionales, y otros cuatro documentos de la Comunidad Europa que no tratan sobre las intervenciones en situaciones de emergencia,

pero que afectan a otros aspectos de la cooperación sobre incendios forestales. Son los siguientes:

- Ghana / Provincia de la Columbia Británica (Canadá). Memorándum de Entendimiento entre el Gobierno de la República de Ghana y el Gobierno de la Provincia de la Columbia Británica, 1999 (Sobre formación y consultas sobre extinción de incendios).
- Finlandia / Burkina Faso. Acuerdo entre el Gobierno de la República de Finlandia y el Gobierno de la República de Burkina Faso, en relación a la ayuda finesa para la lucha contra los incendios de matorral, 1998.
- Indonesia / Malasia. Modelo de procedimientos del Memorándum de Entendimiento sobre Desastres Naturales entre Indonesia y Malasia. Este es el documento que fija los procedimientos para poner en práctica dicho memorándum.
- Brasil / Estados Unidos de América. *Acordo de cooperação entre o Serviço Florestal do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis do Ministério do Meio Ambiente para cooperação em fogo e mudanças ambientais nos ecossistemas tropicais*.
- Grecia / China. Acuerdo entre el Ministerio de Agricultura de la República de Grecia y la Administración del Estado de la República Popular de China sobre cooperación en silvicultura, junio de 2002.
- Turquía / Uzbekistán. Protocolo sobre Silvicultura entre el Ministerio de Montes de la República de Turquía y el Ministerio de Montes de Uzbekistán, 1997.
- Nicaragua / Costa Rica. Acuerdo Internacional sobre Colaboración en el Campo de los Incendios Forestales, 1996.
- Chipre – Líbano – Marruecos – Siria – Túnez. Borrador del acuerdo internacional de cooperación para compartir información sobre incendios forestales y la prevención de los mismos en el área mediterránea, 1996.
- Líbano / Francia. Borrador del acuerdo para la protección de los bosques contra los incendios forestales dentro del Marco de Cooperación con Francia, 1997.
- Decisión de la Unión Europea de 2 de octubre de 2001, que establece un mecanismo comunitario para facilitar los refuerzos de la cooperación en protección civil.
- Reglamento Nº 2158/92 de 23 de julio de 1992, sobre protección de los bosques comunitarios contra los incendios forestales.
- Reglamento de la Comisión Nº 804/94 de 11 de abril de 1994, que fija ciertas normas detalladas para la aplicación del Reglamento del Consejo Nº 2158/92, en lo que respecta a los sistemas de información sobre incendios forestales.
- Reglamento de la Comisión Nº 1727/1999 de 28 de julio de 1999, que fija ciertas normas detalladas para la aplicación de la Norma del Consejo No. 2157/92 sobre la protección de los bosques comunitarios contra los incendios forestales.
- Reglamento del Consejo y del Parlamento Europeo (CE) Nº 2152/2003 de 17 de noviembre de 2003, relativo al seguimiento de las interacciones medioambientales y forestales de la Comunidad (Enfoque forestal).

Estos acuerdos están disponibles a través de FAOLEX, la base de datos legislativa de la FAO.

1.3 Legislación nacional

Mediante una búsqueda sistemática en FAOLEX, se localizaron 204 documentos sobre legislaciones nacionales, que fueron agrupados en dos categorías:

- legislación especifica sobre incendios forestales; y
- legislación sobre silvicultura que trata de los incendios forestales.

1.3.1 Legislación especifica sobre incendios forestales

La categoría "legislación especifica sobre incendios forestales" se refiere claramente y, más o menos extensamente, a los incendios forestales. Se encontraron noventa y ocho documentos de este tipo, que se enumeran en el Anexo 5.

Con este tipo de legislación se encontraron treinta y ocho países, a saber: Albania, Antigua y Barbuda, Argentina, Belice, Bolivia, Brasil, Canadá, República Centroafricana, China, Colombia, Comores, Costa Rica, Croacia, Dominica, Fiji, Francia, Granada, Hungría, Indonesia, Israel, Italia, Madagascar, Mali, México, Marruecos, Namibia, Nueva Zelanda, Nicaragua, Níger, Filipinas, Portugal, Federación Rusa, Sudáfrica, España, Siria, Tanzania, Togo, Uruguay y Vietnam.

1.3.2 Legislación sobre silvicultura que trata de los incendios forestales

Dentro de la categoría "legislación sobre silvicultura que trata de los incendios forestales", se encontraron 109 documentos con disposiciones legales que tratan de alguno de los aspectos de la lucha contra los incendios forestales. Dichos documentos están enumerados en el Anexo 6, con una indicación de las disposiciones legales referidas a los temas sobre dichos incendios.

A toda la legislación mencionada anteriormente se puede acceder a través de la página web del Departamento de Montes de la FAO:

(http://www.fao.org/forestry/foris/index.jsp?start_id=5288);

o a través de FAOLEX:

(http://www.fao.org/Legal/default.htm).

2. Recomendaciones

A la luz de los hallazgos de este informe, se establecen las siguientes recomendaciones para la futura actuación de la FAO en relación con los aspectos legales de la lucha contra los incendios forestales:

2.1 Actualización de la información legal: la información de la que dispone la FAO sobre acuerdos internacionales y legislación nacional sobre la lucha contra incendios forestales deberá actualizarse periódicamente, con vistas a mantener una base de datos completa y fidedigna de los marcos jurídicos sobre dichos incendios.

2.2 Elaboración de las orientaciones para acuerdos internacionales: (i) el esquema para la elaboración que se incluye en este informe deberá ser ampliado posteriormente con orientaciones precisas; (ii) también, deberán prepararse las directrices operacionales y los planes de operación que detallaran, periódicamente, el procedimiento para ejecutar dichos acuerdos.

2.3 Evaluación de la legislación nacional: la legislación nacional indicada en este informe, y que versa sobre incendios forestales deberá ser revisada y evaluada posteriormente con vistas a analizar su eficacia, con el fin de aconsejar mejor a los países miembros en las enmiendas, o en la redacción de las leyes nacionales sobre incendios forestales.

2.4 Elaboración de análisis comparativos a la hora de la redacción de las leyes nacionales sobre incendios forestales: se exhorta a los países que tienen problemas repetidos con los incendios forestales, y que no han planeado estrategias, leyes y reglamentos, a que los elaboren. Se ofrecen algunos de estos análisis comparativos utilizados por otros países para apoyar la promulgación de dichas leyes, con el fin de mejorar la lucha contra los incendios forestales.

3. Actividades de seguimiento

El Gobierno español, de acuerdo con las recomendaciones expresadas en 2001 para la elaboración de acuerdos internacionales, organizó en Zaragoza (España), en el año 2003, un Seminario sobre Asistencia Multilateral en la Lucha contra Incendios Forestales en la Cuenca Mediterránea con el fin de promover este causa.

La Cumbre Internacional sobre Incendios Forestales, celebrada en Sidney (Australia), en octubre de 2003, donde los participantes debatieron y acordaron en principio, o en lo esencial, una serie de estrategias:

- Acordaron que los organismos que deseen establecer acuerdos de asistencia mutua, o de cooperación, con uno o más países puedan utilizar un ***modelo de acuerdo internacional*** que se propone en el Anexo 1.
- Acordaron que un ***Sistema de Comunicación de Incidentes*** (***Incident Command System*** o ***ICS***) deberá convertirse en el estándar internacional de los acuerdos e intercambios internacionales, y entre organismos para todos los que participan en la gestión de los incidentes relacionados con los incendios forestales.

Actuaciones requeridas por los participantes en la Cumbre:

1. Acuerdo para celebrar durante los próximos cuatro años una serie de conferencias, cumbres y mesas redondas.
2. Acuerdo para conseguir recursos y financiación para albergar las sesiones regionales, y poner en práctica las conclusiones de la Cumbre.
3. Acuerdo para que las conclusiones de la Cumbre se comuniquen a los organismos internacionales pertinentes.
4. Acuerdo para requerir la ayuda de Naciones Unidas en la dirección de la puesta en práctica de los resultados de esta estrategia.

Anexo 1.

Departamento de Montes

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

Papeles de trabajo sobre protección forestal

Modelo de Acuerdo Internacional de Lucha contra los Incendios Forestales

Preparado por el Comité Internacional de Enlace
para
la Tercera Cumbre Internacional sobre Incendios Forestales 2003

Tom Frey & Ricardo Vélez-Muñoz

Diciembre 2003

Servicio de Desarrollo de Recursos Forestales
División de Recursos Forestales
Departamento de Montes

Documento de trabajo FFM/4/E
FAO, Roma (Italia)

Descargo de responsabilidad

Los papeles de trabajo sobre protección forestal informan sobre asuntos relacionados con los programas de trabajo de la FAO. Dichos papeles no reflejan postura oficial alguna de la FAO. Por favor, consulten la página web de la FAO (www.fao.org/forestry) para encontrar la información autorizada.

El propósito de estos papeles es proporcionar, por adelantado, información de las actividades y programas en curso, y estimular el intercambio de ideas.

Agradecemos los comentarios y sugerencias.

Para más información:
Mr. Mike Jurvélius, Forestry Officer (Forest Fire Management)
Mr. Peter Holmgren, Chief
Forest Resources Development Service
Forest Resources Division, Forestry Department
FAO
Viale delle Terme di Caracalla
I-00100 Roma (Italia)
e-mail: mike.jurvelius@fao.org, peter.holmgren@fao.org

o: Coordinador de información y publicaciones de la FAO:
andrea.perlis@fao.org

Referencias:

ILC (2003). Legal International Wildland Fire Management Agreements Template. El modelo se preparó para la International Wildland Fire Summit celebrada en Sidney (Australia), en octubre de 2003, por el International Liaison Committee. Este documento se publicará bajo la rúbrica de FAOs Forest Protection Working Papers, Working Paper FFM/4/E. Forest Resources Development Service, Forest Resources Division, FAO, Roma (*sin publicar*).

© FAO 2003

Modelo de acuerdo internacional de lucha contra los incendios forestales

(Preparado por el Comité Internacional de Enlace para la Cumbre Internacional sobre Incendios Forestales de 2003)

AUTORES:
Tom Frey, International Program Coordinator, Bureau of Land Management, Department of Interior, USA
Ricardo Vélez-Muñoz, Jefe del Área de Defensa contra Incendios Forestales, Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Medio Ambiente, España.

INTRODUCCIÓN

En la 3ª Conferencia Internacional sobre Incendios Forestales celebrada en Sidney (Australia), del 4 al 6 de octubre de 2003, y la posterior Cumbre de 8 de octubre de 2003, hubo foros importantes para debatir sobre cómo gestionar el futuro de la lucha contra los incendios forestales y compartir las soluciones a los problemas globales. Esta ponencia propone un modelo, además de información, para la cooperación en la lucha contra dichos incendios, a los países interesados en celebrar acuerdos y establecer relaciones formales con otras naciones que se enfrentan a temas parecidos.

Esta ponencia busca aumentar la coordinación actual y la cooperación internacionales, proporcionando información sobre lo siguiente:

- un modelo que esboza los asuntos que hay que estudiar a la hora de desarrollar acuerdos internacionales de cooperación;
- un listado de los tipos de cooperación y asistencia que se puedan dar entre países;
- las responsabilidades de los países que envían la asistencia y las de aquellos que la reciben;
- páginas web que contengan información y ejemplos de los acuerdos, y convenios de cooperación existentes.

Modelo de acuerdo de cooperación internacional

Lo que se expone a continuación es el esquema de un modelo de los asuntos que necesitan estudiarse cuando los países desarrollan acuerdos de cooperación internacionales. Y puede que haya otros temas que necesiten definición y examen, además de los enumerados más adelante. Este modelo está tomado de un anexo del documento de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO): *Marcos legales para la lucha contra los incendios forestales: acuerdos internacionales y legislación nacional*. Este documento de la FAO proporciona excelentes materiales de referencia, que deberán repasarse antes de celebrar cualquier acuerdo internacional.
Los países en vías de desarrollo necesitan una atención especial, porque pueden no poder corresponder de la misma forma cuando celebran un acuerdo con un país desarrollado.

El papel importante que desempeñan las organizaciones no gubernamentales (ONG) debería tenerse en cuenta en cualquier convenio de asistencia regional o bilateral.

Se recomienda encarecidamente a la partes que convengan en un acuerdo de asistencia mutua que lo pongan en práctica mediante intercambios, ejercicios de campo y asistencia, antes de activarlo en momentos de crisis.

Esquema para un acuerdo de cooperación internacional

1. Partes del acuerdo
   - Incluye los organismos y organizaciones gubernamentales y no gubernamentales en diferentes niveles.

2. Propósito
   - Define las áreas y las formas de cooperación.
   - Define el ámbito de la cooperación.

3. Definición de los términos
   - Define los términos usados en el acuerdo para asegurar que no hay confusiones o malas interpretaciones sobre el significado del contenido del acuerdo.

4. Gastos y costes
   - Personal - Define cómo se fijarán los costes del personal: por persona, por brigadas, por día o por tarea.
   - Equipo - Define cómo se fijará el coste del uso del equipo: por día o por tarea.
   - Reembolso de los costes – Fija los procedimientos, cantidades y criterios para dicho reembolso. Algunos acuerdos solo exigen el reembolso después de traspasar cierto tiempo, o cantidad de ayuda prestada.
   - A fondo perdido – Bajo ciertos convenios todas las partes pueden acordar ayudarse mutuamente sin exigir reembolso alguno.

5. Información y coordinación
   - Canales de comunicación – Define los protocolos y métodos para coordinar el intercambio de información.
   - Intercambio de información – Define los tipos, cantidad y tiempo de intercambio de información.
   - Notificaciones – Establece los procedimientos de notificación para emergencias y otros hechos importantes.
   - Coordinación del trabajo – Define cómo y bajo qué estructura de organización se desarrollará la coordinación del trabajo.

6. Responsabilidades, demandas e indemnizaciones
   - Renuncia recíproca a las demandas/ exención de responsabilidad – Enumera y define cómo, y cuándo, están vigentes dichas renuncias y exenciones para el personal que se intercambia.
   - Exenciones a la renuncia recíproca a las demandas – Enumera y define aquellos aspectos o circunstancias donde las exenciones no incumben al personal que se intercambia.
   - Daños a terceros – Esboza las soluciones jurídicas y las limitaciones para remediar los daños a terceros.
   - Asistencia médica del personal herido – Define los protocolos y procedimientos de asistencia y posible evacuación del personal herido.
   - Indemnizaciones en caso de daños físicos o muerte – Define el plazo, la cuantía y limitaciones de las indemnizaciones por daños físicos y muerte. Este asunto también puede incluirse en el apartado anterior sobre renuncias recíprocas y exenciones.
   - Privilegios e inmunidad del personal de ayuda – Describe y define el ámbito y limitaciones de los privilegios e inmunidad que el país receptor otorga al personal del país que presta la asistencia.

7. Planes de operación/directrices operacionales
   - Condiciones de los planes de operación/directrices operacionales – Los planes de operación/directrices operacionales son una pieza fundamental de todos los acuerdos

de cooperación, y que todas las partes del acuerdo deberán establecer y revisar cuidadosamente. Dichos planes y directrices esbozan y definen las áreas de operaciones concretas para asegurar que el acuerdo puede ponerse en práctica a tiempo, y de forma eficaz. Incluyen asuntos como puntos de contacto, procedimientos para la petición de recursos, procedimientos de entrada, actualización anual de costes, reembolsos y renuncias reciprocas a las demandas, y actualiza los requisitos de los modelos de formación o capacitación. También indica con qué frecuencia y quién revisará los planes y las directrices, y actualizará los métodos para revalidar los contenidos de dichos planes y directrices.

8. Cruce de fronteras
   - Establece los protocolos y procedimientos para abreviar los trámites a la hora del cruce de fronteras, teniendo en cuenta los asuntos relacionados con la soberanía nacional, incluidos los siguientes:
     - Apertura de puntos alternativos para el cruce de fronteras en el momento de facilitar la asistencia.
     - Disposiciones aduaneras:
       - Sobre el personal
       - Sobre equipo y materiales
       - Sobre el funcionario responsable del equipo
       - Sobre aeronaves

   Parte de esta información deberá incluirse, también, en los planes de operación y directrices operacionales.

9. Enlace con el plan de gestión de desastres del país receptor.
   - Explica cómo el plan de asistencia de lucha contra incendios encaja dentro del más amplio plan de gestión de desastres del país receptor, incluida la legislación que otorga los poderes necesarios.

10. Disposiciones generales
    - Entrada en vigor del acuerdo – Define cuándo se activa el plan.
    - Duración – Concreta durante cuánto tiempo estará en vigor el acuerdo.
    - Retirada – Define cómo pueden retirarse del acuerdo los países y las organizaciones.
    - Terminación – Define bajo que circunstancias terminará el acuerdo.
    - Interpretación – Estipula las interpretaciones para que los países y organizaciones entiendan bajo qué circunstancias y limitaciones cada parte celebra el acuerdo.
    - Resolución de conflictos – Define el método para resolver conflictos.
    - Enmiendas – Define cómo y cuándo el acuerdo puede enmendarse, revisarse y modificarse.

11. Procedimientos de Operación Estándares (SOP, en sus siglas inglesas)

    - Estos procedimientos describen detalladamente la metodología que debe seguirse cuando se activa el acuerdo, sobre todo en relación con el mando y el control, los procedimientos que deben observarse en caso extinción de incendios forestales, y los sistemas de comunicación y los procedimientos de seguridad que deben utilizarse.
    - Los SOP deberán ser comprobados y perfeccionados mediante ejercicios teóricos, de campo y operaciones de entrenamiento, antes de desplegarlos durante una emergencia real.

12. Otras disposiciones

- Que establecen el momento para que cualquier país, agencia u organización firmante del acuerdo defina otras áreas de cooperación que quiera incluir en el acuerdo tales como:

    - Actividades conjuntas de formación, incluidos materiales.
    - Viajes de estudio, intercambios técnicos y ejercicios conjuntos.
    - Relación de este acuerdo con otros convenios.
    - Estándares para el personal.
    - Equipo de seguridad.
    - Limitaciones sobre el tipo y utilización del equipo de telecomunicaciones.
    - Procedimiento de petición de brigadas de lucha contra incendios.

13. Página de firmas de los países participantes, agencias y organizaciones

    - Es importante que todos los posibles participantes revisen y confirmen con sus autoridades la firma de tal acuerdo.

Tipos de cooperación y asistencia

La asistencia y cooperación internacionales se dan de diferentes maneras. Algunos acuerdos son a fondo perdido, mientras que otros exigen un reembolso. Algunos tipos de asistencia ofrecen ayuda técnica a fondo perdido, y otros se ofrecen o solicitan en momentos de emergencia. Cuando los países desarrollan acuerdos de cooperación internacional, el fin y métodos de dicha cooperación deben indicarse y entenderse claramente entre todas las partes. Lo que viene a continuación, describe diferentes tipos de cooperación y asistencia que existen en la actualidad.

Asistencia mutua:

Los acuerdos de asistencia mutua tratan, a menudo, de asuntos sobre la lucha contra incendios forestales a lo largo de las fronteras comunes. La asistencia de un país a otro es, habitualmente, a fondo perdido, en el entendimiento de que ambos países pueden beneficiares en momentos diferentes de dicha asistencia a lo largo de las fronteras comunes.

Asistencia para la cooperación:

Estos son acuerdos para la asistencia y la cooperación en todo el territorio de los países o estados que hayan firmado el acuerdo, y no solo para las zonas fronterizas. Estos acuerdos se celebran habitualmente sobre una base reembolsable.

También, pueden incluir intercambios de expertos a fondo perdido. Dichos intercambios pueden abarcar áreas como extinción y prevención de incendios forestales, quema prescrita, intercambios de personal, y viajes de estudios para un estudio extenso de los programas de lucha contra los incendios forestales.

Intercambios técnicos:

Las actividades que se llevan a cabo bajo los acuerdos de intercambios técnicos son parecidas a los de asistencia para la cooperación, pero son mucho más informales, y dichos intercambios no están siempre ligados a un acuerdo en curso. Dichas actividades son habitualmente a fondo perdido, las

financian los organismos participantes, y tienen lugar cuando se necesitan o se desean. Permanecen en el ámbito de intercambio técnico y de información, y no incluyen los intercambios de recursos que ayudan directamente en tareas de extinción de incendios.

Asistencia técnica:

Una oferta, o una solicitud de asistencia técnica, puede o no, formar parte de un acuerdo formal. Este tipo de asistencia proporciona expertos de un país a otro que necesite dicha asistencia, con el fin de mejorar y fortalecer las capacidades y experiencias del país receptor en la lucha contra los incendios forestales. El objetivo de esta asistencia técnica debe ser la disminución de la necesidad de asistencia externa en el futuro. Este tipo de asistencia es habitualmente a fondo perdido, y la paga el país que ofrece dicha asistencia.

Ayuda en caso de desastre:

Cuando los incendios forestales implican problemas transfronterizos, desde un punto de vista humanitario, ecológico, médico, económico o diplomático, algunos gobiernos ofrecerán inmediatamente asistencia a fondo perdido, en caso de desastre, a los países afectados. Dicha asistencia significa ayudar al país afectado durante un período crítico de tiempo y puede, o no, estar basada en algún acuerdo de cooperación existente. Este tipo de asistencia puede ser el origen de futuros acuerdos de cooperación o de programas de asistencia técnica.

Responsabilidades de los países que proporcionan asistencia y de los que la reciben.

Los países que envían o reciben asistencia mediante los métodos y acuerdos indicados arriba necesitan entender que existen ciertas responsabilidades inherentes a esta relación. Lo que viene a continuación trata sobre las responsabilidades de todos los países, agencias u organizaciones implicadas. Es verdad que existen más asuntos que los que se enumeran más abajo, y que deberían debatirse antes de enviar o recibir asistencia, pero la información que se expone intenta advertir sobre algunos elementos fundamentales de las responsabilidades que suponen este tipo de acuerdos.

Países que proporcionan asistencia:

Es importante advertir que cuando los países celebran acuerdos formales de cooperación, el éxito o fracaso de dichos acuerdos descansa tanto en la conducta personal de los representantes del país que proporciona la asistencia, como en la eficacia de su capacidad en la lucha contra los incendios forestales. Es fundamental enviar siempre al personal más cualificado e idóneo del país, ya que el país receptor advertirá rápidamente si está recibiendo la ayuda que necesita, o que el personal ha sido seleccionado en función de su rango o antigüedad, en vez de su competencia y preparación. En los acuerdos reembolsables lo anterior es particularmente importante. Es fundamental respetar la cultura de los habitantes del país receptor. Las personas que se envíen serán vistas como embajadores de su país de origen, y las características propias de este cargo debe incluirse en los criterios de selección.

Los equipos y los individuos deben también estar advertidos de los asuntos locales relacionados con las leyes, costumbres, lengua, indumentaria, alimentación, etc. Además, deben ser informados sobre los arreglos convenidos sobre control y comunicación, y sus labores y responsabilidades dentro del sistema de lucha contra incendios forestales del país receptor.

Los países que proporcionan la asistencia deberán confeccionar listas de recursos, financiación, materiales y fuerza de trabajo que puedan poner a disposición de los países receptores.

Tanto los países que proporcionan la asistencia, como los receptores deberán mantener e intercambiar datos sobre la naturaleza, extensión y frecuencia de incendios forestales con el fin de que el nivel de asistencia requerida y disponible pueda preverse en cualquier momento concreto.

Países receptores:

De la misma forma que los países que proporcionan la asistencia tienen ciertas responsabilidades, los países receptores deben también aceptar las responsabilidades que entraña albergar al personal de otros países. Estos últimos deben estar preparados para informar a las brigadas y a los representantes del país que proporciona la asistencia sobre los asuntos mencionados arriba, así como de los relacionados con el incendio, tales como: combustibles, clima, topografía, seguridad, estructura, técnicas y equipo de lucha contra incendios, clase y duración de las misiones, etc. Tiene importancia especial informar sobre asuntos legales y de comunicación dentro de la lucha contra incendios forestales, así como sobre las diferencias sociales y políticas dentro de una comunidad más amplia. Dichos países receptores deben estar también preparados para proveer apoyo logístico y operativo, incluido el médico si se requiere.

Páginas web con ejemplos de acuerdos y convenios de cooperación

Alentamos a las autoridades nacionales a contribuir con casos prácticos concisos, basados en su propia experiencia, para ilustrar los diferentes tipos de acuerdos de cooperación y asistencia que existan en la actualidad, o estén en preparación. Estos casos prácticos pueden remitirse al Forestry Officer mike.jurvelius@fao.org. Forest Fire Management, en las oficinas principales de la FAO (FAO HQ), en Roma (Italia).

Páginas web:

Las siguientes páginas web proporcionan gran cantidad de información y datos de referencia sobre los actuales acuerdos y convenios de cooperación existentes.

http://www.fao.org
http://www.fire.uni-freobirg/de/emergency/int_agree.htm

Conclusión

El tema de la lucha contra los incendios forestales, tratado y debatido en la 3ª Conferencia Internacional sobre Incendios Forestales, destaca las relaciones y preocupaciones comunes de la comunidad mundial sobre este tipo de incendios. Esta Cumbre representa la ampliación del trabajo realizado en la Conferencia y proporciona un método para indicar los medios para continuar en esta dirección. Esta ponencia identifica los temas y proporciona un modelo para alentar a los países en la cooperación en la lucha contra los incendios forestales.

Esta página se deja en blanco intencionadamente.

Propuesta Metodológica para el Análisis de la Vulnerabilidad y de la Gravedad Potencial de los Incendios Forestales en el Marco de la Protección Civil[1]

Carmen Aragoneses,[2] José Mª Rábade[2]

Resumen

Las circunstancias que concurren en los incendios originan situaciones de grave riesgo, catástrofe o calamidad pública, configurando a los incendios en su conjunto como un riesgo que debe ser materia de planificación de protección civil, y así se considera en la Norma Básica de Protección Civil española, que determina que el riesgo de incendios forestales debe ser objeto de planes especiales en aquellos ámbitos territoriales que lo requieran.

Considerando los términos en los que la Directriz Básica define los elementos básicos para la planificación, se presenta una propuesta de metodología que permite evaluar la vulnerabilidad, o lo que es lo mismo, el grado de pérdidas o daños que pueden sufrir, ante un incendio forestal, la población, los bienes y el medio ambiente y realizar una asignación del nivel de gravedad potencial que se alcanzaría en caso de darse un incendio para cada punto del territorio en función de los elementos intrínsecos y extrínsecos del ecosistema forestal, en relación a los efectivos disponibles.

El análisis de la distribución territorial de la vulnerabilidad y del nivel de gravedad potencial de incendios y los elementos que las conforman, permitirá tomar las medidas adecuadas en materia de prevención -vialidad, manejo de combustibles y otras infraestructuras y equipamientos- de forma que sea posible llevar aquellas zonas con nivel de gravedad alto a menores niveles de gravedad potencial de incendios forestales.

Introducción

Los incendios forestales constituyen una de las principales amenazas para nuestros montes, tanto por las pérdidas anuales de superficie forestal y de los consiguientes valores ambientales, recreativos y productivos que van emparejados, como por los daños que ocasionan de modo inmediato en las personas y bienes.

Las circunstancias que concurren en los incendios forestales, como factores capaces de originar situaciones de grave riesgo, catástrofe o calamidad pública a que se refiere en España la Ley 2/1985, sobre Protección Civil, configuran a los incendios forestales en su conjunto como un riesgo que deberá ser materia de planificación de

[1] Una versión abreviada de esta ponencia se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía de los programs de protección contra incendios forestales: una visión global, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] Área de Servicios Forestales. Subdirección de Planificación Ambiental. Tecnologías y Servicios Agrarios, S.A. (TRAGSATEC). Julián Camarillo, 6. Madrid. CP 28037.

protección civil y así se considera en la Norma Básica de Protección Civil, que en su Capítulo II, artículo seis, determina que el riesgo de incendios forestales será motivo de planes especiales en aquellos ámbitos territoriales que lo requieran. Estos planes especiales se deben elaborar de acuerdo con la Directriz Básica de Protección Civil de emergencia por Incendios Forestales, aprobada por Acuerdo de Consejo de Ministros, el 18 de marzo de 1993 (BOE de 15 de abril de 1993).

Los Planes que se elaboren con arreglo a esta Directriz se referirán a las medidas de Protección Civil que permitan reducir los riesgos de situaciones catastróficas para personas y bienes ya que el principio básico de esta Directriz es que la protección de la vida y la seguridad de las personas ha de prevalecer frente a cualquier otro valor.

La vulnerabilidad y gravedad potencial como elementos básicos para la planificación de protección civil de emergencia por incendios forestales

La Directriz Básica señala como elementos **básicos para la planificación de Protección Civil** de emergencia por incendios forestales, **el riesgo de incendio**, la **vulnerabilidad**, las **épocas de peligro** y la clasificación de los incendios forestales según su **nivel de gravedad potencial**.

Si bien el riesgo de incendios y las épocas de peligro son aspectos que se incluían habitualmente en la planificación de protección contra incendios y se determinan con criterios definidos en diferentes metodologías, la **vulnerabilidad y el nivel de gravedad potencial** son conceptos que había que incorporar a la planificación desde el punto de vista de Protección Civil y en los términos definidos en la Directriz Básica, por lo que en el año 1993 hubo que concretar una **metodología a aplicar** para la obtención de estos elementos teniendo en cuenta todos los factores que los determinan.

El conocimiento de los **factores** que definen la **vulnerabilidad y la gravedad potencial** y su interpretación a través de diferentes **indicadores**, permite obtener estos elementos en el marco de los sistemas de información geográfica al integrar los datos que caracterizan el objeto o el espacio estudiado y los conocimientos de las relaciones internas y externas del objeto a través de reglas y modelos.

El análisis de la **distribución territorial** de la **vulnerabilidad** y del **nivel de gravedad potencial de incendios** permitirá tomar las **medidas adecuadas en materia de prevención** de forma que sea posible llevar aquellas zonas con nivel de gravedad alto a **menores niveles de gravedad potencial de incendios forestales**.

La vulnerabilidad

Las consecuencias de los incendios **desde la perspectiva de Protección Civil** requieren un análisis cuantitativo en función de los elementos vulnerables expuestos al fenómeno de incendios forestales: **personas, bienes** y **medio ambiente**.

La Directriz Básica define la **vulnerabilidad** como el **grado de pérdidas o daños que pueden sufrir, ante un incendio forestal, la población, los bienes y el medio ambiente**, y en este sentido, la Planificación de la Protección contra Incendios de los sistemas forestales debe recoger este enfoque como complementario al tradicional del valor intrínseco de los montes.

La **vida y seguridad de las personas**, las **infraestructuras, instalaciones y núcleos habitados**, el **valor económico integral de los sistemas forestales** y el **patrimonio histórico-artístico**, son los tipos genéricos de valores a proteger.

Al realizar la Planificación en el marco de un sistema de información geográfica, GIS, la información sobre los diferentes elementos se debe referir a una cuadrícula, de forma que se evalúan independientemente cada uno de ellos, agrupándolos, posteriormente, a través de una matriz de decisión, para generar la **vulnerabilidad global**.

Población

La vulnerabilidad de la población se puede interpretar a partir de los tres indicadores siguientes: ***Ocupación***, ***Colindancia*** y ***Dispersión*** que por integración determinan la **vulnerabilidad poblacional.**

Con el fin de establecer los intervalos donde agrupar los valores obtenidos de dichos indicadores se analiza el rango de valores determinados, es decir, la diferencia entre el valor máximo y el mínimo. La mediana constituye el segundo parámetro estadístico de referencia ya que indica el valor intermedio de dicho rango, aquel que deja, inferior y superiormente, el 50 por ciento de los valores. Apoyándonos en estos dos parámetros, rango y mediana, se establecen tres intervalos de clasificación para cada uno de los indicadores, de manera que dichos intervalos contengan un número homogéneo de valores.

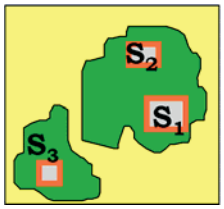
Ocupación

El grado de presencia de la población dentro del sistema forestal determina el mayor o menor grado de vulnerabilidad que puede darse en un determinado territorio.

Al disponerse de las edificaciones digitalizadas en un GIS, es posible obtener para cada cuadrícula el área ocupada por las mismas en superficie forestal, de tal forma que se pueden clasificar las diferentes cuadrículas según su grado de ocupación.

$$\textbf{Ocupación} = \sum \text{Área de los edificios en superficie forestal.}$$

Interpreta la extensión del poblamiento en los sistemas forestales, a mayor ocupación mayor presencia de lo urbanizado por el hombre (*fig.1) (tabla 1)*.



$$S_{ocupación} = S_1 + S_2 + S_3$$

Figura 1—Ocupación.

Tabla 1—*Asignación del índice de ocupación.*

Ocupación	Valor (m^2)	Indice
Poco ocupada	0-25.000	1
Medianamente ocupada	25.001-50.000	2
Muy ocupada	50.001-205.000	3

Colindancia

Desde la perspectiva de Protección Civil es importante tener localizadas aquellas áreas urbanizadas que contactan con áreas forestales. La planificación interpreta esta proximidad a través de la colindancia o perímetro común entre sistemas forestales y urbanos. El GIS, a partir del mapa de usos del suelo reforzado con la capa de información correspondiente a las edificaciones permite efectuar este análisis.

$$\textbf{Colindancia} = \sum \text{ perímetro común forestal/urbano.}$$

Interpreta la cercanía o contacto entre los recintos urbanos y los sistemas forestales, a mayor colindancia mayor vulnerabilidad *(tabla 2)*.

Tabla 2—*Asignación del índice de colindancia.*

Colindancia	Valor (Km)	Indice
Poco colindante	< 5	1
Medianamente colindante	5,1-25	2
Muy colindante	25,1-115	3

Al objeto de fijar las directrices y prioridades de protección, el SIG puede localizar, analizar y clasificar los poblamientos, en función del porcentaje de su perímetro colindante con superficie forestal. Este perímetro de colindancia forestal/urbano proporciona información muy útil para fijar las prioridades de actuación en materia de prevención y fundamentalmente, apoyará el tipo y urgencia de planes de rango inferior -comarcales, locales y de autoprotección-.

El SIG puede clasificar las colindancias de la siguiente forma:

Tipo 1 o longitud del perímetro correspondiente a superficie urbana rodeada completamente (75-100 por ciento) por superficie forestal.

Tipo 2 o longitud del perímetro correspondiente a superficie urbana rodeada entre un 50-75 por ciento por superficie forestal.

Tipo 3 o longitud del perímetro correspondiente a superficie urbana rodeada en menos del 50 por ciento por superficie forestal.

Dispersión

La proximidad o lejanía, dispersión, entre los diferentes poblamientos presentes en los sistemas forestales influye igualmente en la vulnerabilidad y marcará el grado de concentración de las medidas preventivas.

El SIG permite determinar la distancia que existe entre los centros de gravedad de los diferentes polígonos correspondientes a las edificaciones asentadas sobre superficie forestal (*fig.2)*.

$$\textbf{Dispersión} = \frac{\sum \text{distancia entre centros de gravedad en superficie forestal}}{\text{Número de polígonos}}$$



Figura 2—Dispersión.

Interpreta el grado de proximidad o lejanía del poblamiento en superficie forestal, a mayor dispersión mayor separación entre la población *(tabla 3)*.

Tabla 3—*Asignación del índice de dispersión.*

Dispersión	Valor (km/número de polígonos)	Indice
Poco disperso	0-50	1
Medianamente disperso	50,1-500	2
Muy disperso	500,1-2.100	3

La **vulnerabilidad poblacional** se establece según una matriz de decisión considerando estos tres factores, clasificándola como **Alta, Media y Baja**.

Infraestructuras e instalaciones

El impacto que un incendio forestal puede provocar sobre infraestructuras e instalaciones tales como **viales**, **líneas eléctricas**, **antenas de telefonía móvil**, **vías férreas**, **aeropuertos**, **helipuertos**, **áreas recreativas**, **campings**, entre otras, aconseja su incorporación a la planificación de la protección contra incendios.

La presencia o no de estos elementos determinará la **vulnerabilidad de infraestructuras e instalaciones**, que se clasificará como **Alta, Media y Baja**.

El SIG permite intersectar la infraestructura correspondiente con la superficie forestal y asignar a cada cuadrícula el índice de vulnerabilidad mayor que se obtiene al clasificar a cada categoría de infraestructura en función del daño o pérdida que originaría en caso de ser afectada por un incendio.

Así, por ejemplo, en referencia a los viales, se asignan los Índices siguientes: tres autopistas y autovías, 2 a carreteras comarcales o locales y 1 a pistas.

En el caso de campings, áreas recreativas, hospitales y colegios presentes, siempre se considerará la cuadrícula con vulnerabilidad de infraestructuras e instalaciones Alta.

La **vulnerabilidad de infraestructuras e instalaciones** queda definida a través de una matriz de decisión teniendo en cuenta, para cada cuadrícula, todas las infraestructuras presentes y su índice de vulnerabilidad.

Valor económico integral de los sistemas forestales

El Plan de Protección interpreta la vulnerabilidad del valor integral de los sistemas forestales a partir de los tres indicadores siguientes: Valor productivo, valor de reposición y valor ambiental que por integración determinan la **vulnerabilidad del valor económico integral**, clasificándola en **Alta, Media y Baja**.

El *valor productivo* es un estimador del precio de la superficie forestal. Se corresponde con el que se calcula en el "parte de incendios".

El *valor de reposición* estima el coste que para la sociedad tendría recuperar el sistema forestal quemado -valor al final del turno del coste de repoblación afectado con la probabilidad y supervivencia-.

El *valor ambiental* integra el valor ecológico y el recreativo. Es el valor que asigna la sociedad a sus ecosistemas -valor contingente de los mismos distribuido superficialmente por un índice basado en la opinión de expertos-.

Para determinar la vulnerabilidad de los valores: productor, de reposición y ambiental correspondiente a cada una de las cuadrículas se tiene en cuenta este valor medio y la superficie forestal que presente.

Patrimonio histórico-artístico

El patrimonio histórico- artístico que presentan determinados territorios constituye un importante tipo genérico de valor a proteger.

El SIG interpreta dicho patrimonio a partir de la presencia o no de monumentos y restos arqueológicos, que permite obtener la **vulnerabilidad del Patrimonio Histórico-Artístico** y que se clasifica como **Alta o Baja**.

Vulnerabilidad global

La **vulnerabilidad global** queda definida mediante el SIG, a través de la integración de los cuatro indicadores definidos anteriormente, clasificando el territorio forestal como **Extremadamente vulnerable**, **Muy vulnerable**, **Medianamente vulnerable** y **Poco vulnerable**.

Clasificación de los incendios forestales en función de su nivel de gravedad potencial

La evaluación de los medios humanos y materiales necesarios para la extinción y, en todo caso, la protección de personas y bienes, en relación con los efectivos disponibles, permite realizar una previsión de la gravedad que la situación soporta y

clasificar los incendios que pudieran darse en función de su **nivel de gravedad potencial**.

Tomando como fundamento esta valoración, se realiza una previsión de la gravedad que la situación comporta, de acuerdo con la siguiente escala:

Nivel 0: Referido a aquellos incendios que pueden ser controlados con los medios de extinción previstos y que, aún en su evolución más desfavorable, no suponen peligro para personas no relacionadas con las labores de extinción, ni para bienes distintos a los de naturaleza forestal.

Nivel 1: Referido a aquellos incendios que pudiendo ser controlados con los medios de extinción previstos en el Plan a escala local, se prevé por su posible evolución, la necesidad de la puesta en práctica de medidas para la protección de las personas y de los bienes que puedan verse amenazados por el fuego.

Nivel 2: Referido a aquellos incendios para cuya extinción se prevé la necesidad de que, a solicitud del órgano competente de la Administración local, sean incorporados medios estatales no asignados al Plan local, o puedan comportar situaciones de emergencia que deriven hacia el interés nacional.

Nivel 3: Referido a aquellos incendios en que habiéndose considerado que está en juego el interés nacional, así sean declarados por la Administración Estatall.

Es importante resaltar que la clasificación de los incendios se realiza considerando los elementos que intervienen en el **comportamiento de los sistemas forestales frente al incendio**, **reacción y resistencia**, de una forma estática, es decir, en un momento determinado y tal como están recogidos en la base de datos a partir de su inventariación.

Desde la perspectiva de **Protección Civil**, la evaluación de los recursos humanos y materiales necesarios, se obtiene a partir de las **condiciones topográficas** de la zona en donde se desarrolle el incendio o los incendios simultáneos, la **extensión y características de los sistemas forestales** que se encuentren amenazados, las **condiciones de las infraestructuras** -áreas cortafuegos, red viaria, reservas y puntos de agua,..- así como las **condiciones meteorológicas reinantes** y los **posibles peligros o vulnerabilidades** para **personas no relacionadas con las labores de extinción.**

Al realizarse la planificación en el marco de un SIG, la información sobre los diferentes elementos se refiere a una cuadrícula de forma que se evalúan independientemente cada uno de ellos, agrupándolos, posteriormente, con el fin de establecer para cada una de ellas el **nivel de gravedad potencial**.

Condiciones topográficas

Las condiciones topográficas influyen directamente en el comportamiento de los sistemas forestales frente al incendio y, por tanto, la pendiente influye en el nivel de gravedad potencial que puede alcanzar un incendio.

La Planificación interpreta las condiciones topográficas a través de la **pendiente en superficie forestal**. Para ello, a partir del modelo digital del terreno se establecen cuatro grupos de pendientes, codificados de la forma siguiente *(tabla 4)*:

Tabla 4—*Asignación de gravedad por grupo de pendiente.*

Grupo de pendiente	Gravedad por pendiente
0-3 %	1
3-12 %	2
12-35 %	3
>35 %	4

A cada cuadrícula se le asigna la máxima pendiente que presente en superficie forestal

Extensión y Características de los sistemas forestales

La extensión y características de los sistemas forestales se interpretan a través de los siguientes indicadores: **Modelos de combustible**, **Inflamabilidad, Superficie forestal continua** y **Presencia de áreas cortafuegos**.

Modelos de combustibles

El modelo de combustible determina la mayor o menor facilidad de propagación de un incendio forestal. A cada una de las cuadrículas se le asigna el modelo más peligroso que presenten, con su correspondiente gravedad asociada, estableciéndose los modelos de matorral alto y denso, como los más peligrosos.

Inflamabilidad

La inflamabilidad, o lo que es lo mismo, la facilidad con la que las especies vegetales entran en ignición en contacto con una fuente de calor, influirá en la gravedad potencial que puede alcanzar un incendio forestal. A partir del mapa forestal, se asigna a cada tesela de vegetación la inflamabilidad de la especie presente más inflamable y a cada cuadrícula su correspondiente gravedad por inflamabilidad asociada.

Superficie forestal continua

La superficie forestal continua interpreta la extensión de los sistemas forestales, importante factor a tener en cuenta ya que a mayor superficie forestal continua mayor gravedad puede alcanzar el incendio.

El SIG permite determinar a partir del mapa forestal, la continuidad forestal y su superficie *(fig.3)*.



Figura 3—Superficie forestal continua.

Estableciendo unos determinados rangos de superficie continua, se asigna a cada cuadrícula la gravedad por superficie forestal continua en función del valor que se alcanza en ella

Presencia de áreas cortafuegos

El grado de presencia de áreas cortafuegos es otro factor a tener en cuenta ya que a mayor presencia de discontinuidad del combustible, menor será la gravedad de los incendios forestales.

Este factor se interpreta analizando los kilómetros de cortafuegos que aparecen por cada kilómetro cuadrado de superficie forestal, pudiéndose establecer unos rangos del resultado, a los que se asigna una gravedad determinada *(fig.4)*.



Figura 4—Presencia de áreas cortafuegos.

A cada cuadrícula se le asigna una gravedad según la presencia de áreas cortafuegos.

Condiciones del medio físico e infraestructuras

Las condiciones del medio físico e infraestructuras que influyen en el nivel de gravedad de los incendios forestales se interpretan a través de la ***red viaria,*** los ***puntos de agua,*** los ***focos previsibles de incendios,*** *las* ***isocronas terrestres y aéreas,*** *la* ***visibilidad*** y las ***zonas de accesibilidad.***

Red viaria

La red viaria se interpreta a través del indicador **densidad de viales**, kilómetros de viales que aparecen por cada kilómetro cuadrado de superficie forestal. A menor densidad de viales, mayor gravedad potencial

A cada cuadrícula se le asigna la gravedad por densidad de viales obtenida a partir de la infraestructura viaria que cae en su superficie forestal.

Puntos de agua

El agua disponible para la extinción, interpretada en volumen disponible o en puntos clasificados según la toma del agua, permite asignar menor gravedad potencial ya que es un elemento que interviene en la resistencia al incendio.

A cada cuadrícula se le asigna una gravedad potencial según el agua existente. A mayor cantidad de agua disponible, menor gravedad potencial de incendios.

Focos previsibles de incendios

La Planificación debe considerar todos aquellos puntos que son potenciales focos de incendios: vertederos, industrias con material combustible...., asignando a cada cuadrícula una **gravedad muy alta** en caso de contener al menos un foco.

Isocronas terrestres y aéreas

Desde el punto de vista de la gravedad potencial de los incendios forestales, un parámetro importante a tener en cuenta es el **tiempo de llegada**. Los mapas de isocronas terrestres y aéreas, que dan para cada punto del territorio el tiempo de llegada de los medios terrestres y aéreos, respectivamente, permiten asignar a cada cuadrícula la gravedad por tiempo de llegada *(fig.5)*.



Figura 5—Isocronas terrestres y aéreas.

Visibilidad

Otro parámetro muy importante relacionado con la gravedad de los incendios es el **tiempo de detección**. El mapa de visibilidad clasifica la superficie forestal en visible y no visible desde, por lo menos, un punto de fijo de la red de vigilancia, de tal forma que para establecer la gravedad potencial de este indicador se puede utilizar la superficie forestal no visible

Para cada una de las cuadrículas se obtiene la superficie forestal no visible que permite establecer intervalos a los que se aplica la gravedad potencial por no visibilidad.

Accesibilidad

Definimos la *superficie forestal accesible* como aquella a la que llega el agua. Mediante el SIG, se puede obtener dando una anchura de 300 metros a cada lado del vial y a partir del perímetro urbano –300 metros, longitud a la que llega la manguera- *(fig.6)*.



Figura 6—Superficie forestal accesible.

A cada cuadrícula se le asigna una gravedad potencial según su superficie accesible.

Condiciones meteorológicas

Las condiciones meteorológicas influyen directamente en el nivel de gravedad potencial que puede llegar a alcanzar un incendio forestal. Estas condiciones se interpretan a través del riesgo meteorológico, asignando a cada cuadrícula el mayor riesgo meteorológico que presente.

Posibles peligros para personas no relacionadas con la extinción

Desde el punto de vista de la gravedad potencial de incendios, Protección Civil presta gran atención a los posibles peligros para las personas no relacionadas con las labores de extinción. Por esta razón el Plan interpreta este factor a través de indicadores tales como: **Ocupación**, **Edificaciones de difícil evacuación**, **Presencia de áreas recreativas y campings y su dificultad de evacuación**.

Ocupación

Interpretada de la misma forma que en la Vulnerabilidad, a cada cuadrícula se le asigna una gravedad por ocupación en función del área ocupada por las edificaciones en superficie forestal.

Edificaciones, áreas recreativas y campings de difícil evacuación.

Especial atención requiere la evacuación de la población en caso de darse un incendio. Es necesario tener perfectamente ubicadas aquellas edificaciones, ya sean casas aisladas o urbanizaciones, en las que en caso de darse un incendio, existan grandes problemas para su evacuación. Al igual que ocurre con áreas recreativas y campings. En estas zonas es necesario desarrollar **planes de autoprotección**.

La **dificultad de evacuación** se interpreta a partir del indicador *número de edificaciones rodeadas al 100 por ciento por superficie forestal, con dificultad de evacuación*, considerando como tal:

- Casas aisladas en el monte en las que se supone que existirá una vía de acceso pero que no está representada cartográficamente.

- Casas con una sola vía de salida.

- Casas con una vía de salida y una o más vías que se pierden en el monte.

- Urbanizaciones con una sola vía de salida.

Las áreas recreativas y campings se clasifican en función de su dificultad de evacuación en *peligrosos*, que tienen una sola vía de salida o varias que se pierden en el monte, o *no peligrosos*, que tienen más de una vía de salida, se encuentran próximos a un núcleo de población o a una zona agrícola *(fig.7)*.



Figura 7—Lugares habitados de difícil evacuación.

Obtención del Nivel de Gravedad Potencial de los Incendios Forestales

A partir de un **modelo paramétrico** que integra todas las variables anteriormente analizadas, se obtiene el **nivel de gravedad potencial** que puede llegar a alcanzar un incendio forestal en cada una de las cuadrículas.

$$\text{GRAVEDAD POTENCIAL} = \sum_{i=1}^{i=18} k_i \times V_i$$

Cada una de las variables se ve afectada por un coeficiente que varía en función de su importancia en el territorio considerado y suma o resta gravedad según haga relación al elemento que aporta reacción o resistencia al incendio.

El análisis de la distribución territorial del nivel de gravedad potencial de incendios permitirá tomar las medidas adecuadas en materia de **prevención** de forma que sea posible llevar aquellas zonas con **nivel de gravedad alto** a **menores niveles de gravedad potencial de incendios forestales**.

Referencias

Boletín Oficial del Estado. **Ley 2/1985, de 21 de enero, sobre Protección Civil.**

Boletín Oficial del Estado. **Real Decreto 407/1992, de 24 de abril, por el que se aprueba la Norma Básica de Protección Civil.**

Boletín Oficial del Estado. **Orden de 2 de abril de 1993. Directriz Básica de Planificación de Protección Civil de Emergencia por Incendios Forestales**.

CEMAGREF, Aix-en-Provence, 1989. **Guide technique du forestier méditerranéen français**. CEMAGREF-DICOVA

Moldes, F.J. 1995. **Tecnología de los sistemas de información geográfica**. RA-MA editorial. Madrid.

Trabaud, Louis, 1992. Les **feux de forêts. Mécanismes, comportament et environnement**. Éditions France-Selection.

TRAGSATEC, 1993. **Plan de protección contra incendios de los ecosistemas forestales de la Comunidad de Madrid**.

TRAGSATEC, 1996. **Plan de protección contra incendios de los ecosistemas forestales de la Región de Murcia**.

TRAGSATEC, 1998. **Plan de protección contra incendios de los ecosistemas forestales de la Comunidad Autónoma de las Islas Baleares**.

TRAGSATEC, 1998. **Plan General de Defensa contra Incendios Forestales de la Isla de Tenerife**. Cabildo Insular de Tenerife.

TRAGSATEC, 1999. **Plan de protección contra incendios de los ecosistemas forestales de la Isla de la Palma**. Cabildo Insular de la Palma.

Vélez, R. 1982. Manual de prevención de incendios mediante tratamiento de combustible forestal. ICONA. Madrid.

Análisis Económico Aplicado al Control de la Carga de Combustibles en Ecosistemas Forestales Mediterráneos: Quemas Prescritas, una Alternativa Frente a los Métodos Mecánicos[1]

Francisco Rodríguez y Silva[2]

Resumen

La ordenación del combustible forestal se constituye como una actividad de vital importancia en los programas de prevención de incendios en ecosistemas forestales mediterráneos. Su estudio, análisis, planificación y gestión operativa en el territorio se confirma como una necesidad permanente tanto en el tiempo como en el espacio. El control de la carga de combustible permite disminuir de forma espacializada, la intensidad energética de los incendios potenciales que se puedan desarrollar allí donde hayan sido realizadas operaciones de control y mantenimiento, permitiendo por otra parte una movilidad de los recursos de extinción bajo criterio de seguridad y eficacia.

Tradicionalmente los métodos de control basados en la extracción mecanizada y posterior eliminación de los residuos han representado y representan en la actualidad la herramienta de mayor uso y aplicación en la gestión forestal. La incorporación progresiva al mundo de la gestión de resultados derivados de la investigación científica en temas como el comportamiento del fuego y los efectos derivados en el medio natural, abren la posibilidad de ir incorporando progresivamente el empleo del fuego en áreas mediterráneas y dentro del concepto de quema prescrita como herramienta de gran eficiencia en los programas de control de la carga de combustible. El conocimiento de los modelos forestales de gestión de quemas prescritas, permite la aplicación segura, ecológica, económica y eficaz del fuego como herramienta de gran utilidad en la preparación de los ecosistemas forestales para la prevención de los incendios.

En la actualidad se dispone de información técnica desarrollada en el marco de un proyecto de gestión y experimentación financiado por la Unión Europea y la Junta de Andalucía (1997–2000), sobre métodos para la

[1] Una versión más corta de este trabajo fue presentado en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía de los programas de protección contra incendios forestales, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] Catedrático, Defensa Contra Incendios Forestales, Universidad de Córdoba, Avda. Menéndez Pidal, s/n Apdo 3048, 14080 Córdoba, España, Email: ir1rosif@uco.es.

aplicación de quemas prescritas en ecosistemas mediterráneos. La fase posterior ha de ir dirigida a conseguir la implantación progresiva de la metodología desarrollada en los programas de gestión que desde las administraciones responsables de la prevención de los incendios forestales, se aplican con cargo a los presupuestos anuales. El estudio analítico que aporte información de costes de forma comparada entre los sistemas mecánicos y el uso de quemas prescritas, con especial detenimiento en la caracterización de las diferentes unidades de gestión bajo los criterios de la modelización de la combustibilidad, facilitará la inclusión y por consiguiente aplicabilidad de la herramienta "fuego" en los trabajos de eliminación de los excesos de cargas de combustibles. En el presente trabajo se aborda el estudio de los costes entre ambos sistemas, aportando una matriz de decisión como herramienta de consulta para realizar la planificación de las actuaciones de tratamiento de los combustibles forestales en ecosistemas mediterráneos.

Previamente al enfoque de costes de referencia entre ambos sistemas de control de la carga de combustibles, es necesario mostrar la metodología empleada para diseñar las condiciones técnicas de carácter fundamental que deben ser tenidas en cuenta, cuando se aborda la elaboración de un plan regional con visión de permanencia en el tiempo. Es decir la incorporación de un sistema planificado y dirigido a unidades concretas del territorio que se sustenta en los procedimientos administrativos y presupuestarios requeridos para la gestión ordenada y anual de los programas de quemas. La concreción del plan regional de quemas en la ejecución de las quemas prescritas con criterios de aceptación ecológica del sistema y distribución espacio-temporal, representa la transición de los estudios y experiencias acumulados desde el campo de la investigación a la materialización de la gestión operativa, como herramienta de uso preventivo y regular en los programas de defensa contra los incendios forestales.

Introducción, material y métodos.

Antecedentes y fundamentos.

Es objeto del proyecto**,** la definición de las actividades, procedimientos y fases operativas requeridas para la ejecución y experimentación de quemas prescritas. La elaboración de un plan regional se puede estructurar en cinco bloques diferenciados.

- **Un primer bloque** definido para la realización de toma de datos, mediciones y reconocimiento del territorio con el fin de proceder a elegir las áreas forestales que son adecuadas para la incorporación del método de quemas prescritas como herramienta de control de la carga de combustibles. En dichas áreas se definirán las parcelas representativas con el fin de experimentar en ellas la prescripción y posterior ejecución de la quema. Toda la información de áreas forestales y parcelas seleccionadas serán registradas y referenciadas mediante sistemas de información geográfica. El primer bloque se concluye con el diseño metodológico de la planificación y la evaluación posterior de la quema.

- **Un segundo bloque** definido para el desarrollo de los procedimientos a seguir en la ejecución de las quemas**,** dependiendo fundamentalmente de las condiciones locales tales como topografía, tipos de vegetación, distribución espacial y carga de los modelos de combustibles, actividades y usos del suelo por los habitantes, meteorología y condiciones de los suelos. En función de la caracterización de las áreas forestales y de las particularidades individualizadas de las diferentes parcelas seleccionadas, se elaborarán los distintos procedimientos para realizar la quema bajo criterios de seguridad y de compatibilidad ecológica. Así pues en este bloque se realizarán las quemas de las parcelas seleccionadas, comprobándose los métodos existentes para el encendido, propagación y control de la quema.

- **Un tercer bloque** definido para la elaboración y edición de la documentación técnica y manuales metodológicos necesarios para acometer el Plan Regional de Quemas Prescritas. En dicha documentación se incluirán los procedimientos a seguir y los formularios técnicos a cumplimentar para poder realizar las distintas fases de la quema requerida desde la planificación preventiva (evaluación y reconocimiento de las áreas a quemar, la planificación de la quema**,** la prescripción de la quema) hasta la ejecución de la quema y su posterior evaluación.

Con la conclusión del proyecto de gestión y experimentación para la definición de un Plan Regional de Quemas Prescritas, se llega a definir el mapa regional de zonas aptas para el empleo del sistema de quemas prescritas, como herramienta de bajo costo para la eliminación de los excesos de carga de combustibles. La determinación de los procedimientos a seguir para ejecutar las quemas, permitirá incluso exportar hacia la gestión de quemas controladas (quemas de matorrales, restos y despojos procedentes de los tratamientos y actividades forestales), las mejores, seguras y eficaces técnicas para quemar en el espacio idóneo, en el tiempo oportuno y bajo las condiciones meteorológicas que garanticen el control permanente de la quema.

Reconocimiento y evaluación del territorio. Toma de datos, mediciones, elección de áreas y parcelas, planes y evaluaciones de quemas.

Con el objeto de conocer las posibilidades de acometer la aplicación de quemas prescritas en las comarcas forestales y parques naturales se determina en cada uno de ellos las "Áreas de Gestión de Quemas Prescritas"(AGQP). Para el estudio de análisis y reconocimiento de estas áreas se ha de tener en cuenta de una parte, criterios naturales, en los que se estudian las condiciones existentes dadas por el relieve topográfico, distribución espacial de la vegetación forestal, distribución espacial de la modelización de los combustibles forestales**,** efectos de la meteorología local, presencia de barreras naturales, niveles de cobertura del suelo e hidrología, con carácter general, de otra parte criterios antrópicos, en los que se analiza la influencia humana en los regímenes de fuegos, es decir el riesgo histórico definido por la frecuencia y la causalidad de los incendios acaecidos, así como los usos y coberturas del suelo. Para tal fin se utiliza la base de datos estadísticos de incendios. Las Áreas de Gestión de Quemas Prescritas (AGQP), se definen como zonas en las que una vez realizado el reconocimiento territorial y el análisis de parámetros vinculados con el desarrollo de la propagación del fuego, bajo criterios de compatibilidad ecológica,

rentabilidad preventiva, seguridad, control dinámico y energético, se ha comprobado que presentan aptitud para el desarrollo de programas espacio-temporales de control de la carga de combustibles forestales, mediante el uso ordenado y planificado de las quemas prescritas. Tras la aplicación de los criterios naturales y antrópicos**,** se consideran como fines a tener en cuenta para la delimitación de las áreas aptas para el uso de quemas prescritas, los siguientes:

- Disminución de la carga energética y dinámica de los incendios que puedan surgir.
- Optimización de los efectos suelos y agua en la productividad y rentabilidad de los balances de los procesos naturales.
- Protección de los valores intrínsecos de carácter natural tanto florístico como faunístico.
- Reducción de los incendios por efectos de quemas descontroladas de matorrales.
- Reducción de los incendios por efectos de quemas descontroladas de pastizales**.**
- Mantenimiento de las infraestructuras de preventivas de defensa, existentes en las comarcas.
- Reducción del riesgo de origen de incendios forestales en áreas de uso público.
- Protección de elementos de interés.
- Protección de áreas colindantes con zonas sometidas a explotaciones forestales.
- Protección de áreas colindantes con fincas dedicadas a cultivos forestales.
- Protección de áreas forestales colindantes con fincas dedicadas a cultivos agrícolas.
- Protección de áreas forestales colindantes con vertederos de residuos.
- Gestión ordenada de la competencia de la vegetación.
- Mejora de hábitat para la vida silvestre.
- Mejora silvopastoral.
- Renovación vital de la vegetación.

Dentro de las Áreas de Gestión de Quemas Prescritas (AGQP) seleccionadas, se determinan las llamadas "Unidades de Gestión de Quemas Prescritas"(UQP). Estas superficies tendrán la consideración de prioritarias en cuanto a la ejecución de quemas y en su interior albergarán los distintos "Bloques de Quemas Prescritas"(BQP) a definir de acuerdo a la planificación realizada los objetivos previstos en el correspondiente plan. Las Unidades no deberán superar la superficie de 500 has. Los fines perseguidos con la ejecución de las quemas en los diferentes bloques podrán responder a distintos objetivos. En la definición de las Unidades (UQP) se tendrá en cuenta la incidencia de los incendios forestales, el peligro potencial asociado a la combustibilidad de la vegetación forestal, éste se determinará en función de los índices de ignición, comportamientos dinámico y energético, (Rodríguez y Silva, 1995)

La definición de los diferentes Bloques de Quemas Prescritas (BQP), se realiza una vez reconocida la aptitud y compatibilidad ecológica del sistema forestal frente al desarrollo de fuegos caracterizados por desarrollos energéticos de intensidad moderada. En tal sentido en todas las "Unidades de Gestión de Quemas Prescritas"(UQP**),** se ha de disponer de un completo estudio de comportamiento del fuego a fin de establecer las prescripciones que deberán ser tenidas en cuenta a la hora de planificar las quemas en función de las condiciones ecológicas del sistema forestal, entendiéndose que la ejecución de la quema sólo será realizable en tanto se mantengan las condiciones determinadas y tabuladas para cada "Modelo Forestal de Quema Prescrita"(MFQP) a determinar a través del proyecto**.** Se entiende por Modelo Forestal de Quema Prescrita (MFQP), la definición, tipificación y normalización de las coberturas vegetales que se localizan en las "Unidades de Gestión de Quemas Prescritas"(UQP**)**, desde el punto de vista de las condiciones específicas que son requeridas para proceder bajo criterios de seguridad, eficiencia y compatibilidad ecológica a la aplicación de quemas ordenadas. Cada modelo ha de incluir la descripción estructural y combustibilidad que presenta la comunidad vegetal existente**,** las condiciones meteorológicas locales bajo las que resulta viable la ejecución de la quema, la propagación dinámica con la que deberá evolucionar espacialmente el proceso de combustión, época del año en la que se podrá realizar la quema, tamaño de la quema, frecuencia temporal de la quema, metodología a seguir en el encendido y control de la quema, medios humanos y materiales requeridos y recomendaciones específicas**.**

Los procedimientos técnicos y de planificación indicados anteriormente, han sido definidos para su aplicación a todas y cada una de las comarcas de acciones prioritarias existentes. Los resultados ofrecerán la ubicación de cada una de las categorías zonales trazadas para la aplicación de los programas anuales de quemas prescritas. En la planificación regional se dispondrá del conjunto de áreas de gestión de quemas prescritas que requieren de esta herramienta como procedimiento para controlar las cargas de combustibles y reducir el peligro de incendios forestales. En cada una de ellas, mediante los tipos de "modelos forestales de quemas prescritas" se dispondrá a partir del conocimiento obtenido con las quemas de experimentación realizadas a lo largo del proyecto, del conjunto de normas y protocolos de actuación para la oportuna y eficaz aplicación de las quemas.

Resultados y discusión

Como resultados se presentan los modelos forestales de gestión de quemas prescritas específicamente definidos para Andalucía. Los modelos forestales de quemas prescritas han sido obtenidos a partir del desglose de la clasificación Behave de modelos de combustibles. En su definición se han considerado los siguientes factores: la existencia de dosel arbóreo, la continuidad horizontal del combustible, el diámetro de los combustibles y la continuidad vertical entre los distintos estratos de vegetación. La clave final obtenida para efectuar la identificación de modelos forestales de quema prescrita se muestra a continuación.

A.- Sin dosel arbóreo a proteger.

MFQP	Descripción
I	Pastizal desarbolado o arbolado muy disperso, con poca o nula continuidad horizontal del combustible.
V	Matorral alto (1,5-2m) desarbolado con continuidad horizontal.
VII	Matorral de medio porte (1-1,5m)con discontinuidad horizontal
VIII	Matorral de medio porte (1-1,5m)con continuidad horizontal
XIV	Restos acompañados de herbáceas o matorral de distintos portes.

B.- Bajo dosel arbóreo a proteger.

MFQP	Descripción
II	Pasto (<60cm)con escasa presencia de matorral
III	Pasto (<60cm)con escasa presencia de matorral, existe continuidad vertical con el arbolado.
IV	Pasto más alto (>60cm) con continuidad vertical sobre con el arbolado.
VI	Matorral de gran porte (1,5-2m)con discontinuidad vertical. La viabilidad de la quema vendrá marcada por la diferencia de cotas entre ambos estratos.
IX	Matorral de asimilable al modelo 5 del sistema Behave.
X	Matorral asimilable al modelo 6 del sistema Behave.
XI	Matorral tipo modelo 5 con cierta continuidad vertical con el arbolado.
XII	Matorral tipo modelo 6 con cierta continuidad vertical
XIII	Hojarasca
XV	Restos

Por cada uno de los 15 modelos forestal de quemas prescritas (MFQP), se ha elaborado una ficha de consulta para orientar en la ejecución de la quema, dichas fichas incluyen la siguiente información: características generales de la vegetación, épocas de quema, condiciones ambientales de la quema, factores fisiográficos, métodos de ignición, costes económicos, y clave fotográfica. A título de ejemplo se incluye la ficha del MFQP tipo X.

MODELO FORESTAL DE QUEMA PRESCRITA X:

Descripción del modelo:

Matorral característico del modelo 7 del sistema Behave, bajo estrato arbóreo. Existe una clara discontinuidad entre los estratos arbustivo y arbóreo con los que las posibilidades provocar daños al arbolado son bajas aunque mayores que en el MFQP IX. Este es el caso ideal de la quema prescrita por su facilidad de realización y bajo costo. El combustible existente en superficie está compuesto por:

- Matorral de medio porte (1 a 1,5 m), con una cobertura del 50 al 75% de la superficie.
- Herbáceas con una cobertura en superficie, que en algunos casos pude cubrir hasta más del 50% del área.
- Acículas u hojarasca procedente del arbolado, que aportan elementos finos y muertos al complejo de combustible.

La cobertura total del suelo es mayor del 75%.

La carga de combustible de este modelo varía de 15 a 20 Tm/Ha de materia seca.

Composición de diamétrica de la carga de combustible encontrada en las parcelas de experimentación para el modelo MFQP X.

Tiempo de retardo	**% sobre la carga total**
1 HR	**50**
10HR	5 – 10
100 HR	0 - 5
1000 HR	0 - 5
Vivos	40

Composición especifica:

La composición especifica en las zonas donde se ha observado la presencia de este modelo es:**Estrato arbóreo**: Pinus pinaster. **Estrato arbustivo**: Ulex Baeticus, Erica arborea, Phlomix purpurea, Cistus sp. **Estrato herbáceo**: Brachypodium officinalis.

Épocas de quema:

La quema en este modelo es viable tanto en otoño como en primavera. Todas las quemas realizadas en las parcelas de experimentación se han realizado en los meses de Marzo y Abril con resultados aceptables, pero probablemente con quemas en los meses de otoño se obtengan mejores resultados en cuanto a la cantidad de combustible eliminado. El porcentaje de reducción media del combustible con respecto al inicial en los meses de primavera ha sido del 50%. La presencia de cistáceas en casi todas las parcelas ha influido de forma negativa en el nivel de eliminación del combustible.

Condiciones ambientales:

Condiciones ideales de quema para el MFQP X

Temperatura	15 –25ºC
Humedad relativa	50-75%
HCFM	8-14%
Velocidad del viento	0-10 Km/h
Humedad del combustible vivo	75 -125%

Métodos de ignición:

En este modelo el método de ignición vendrá marcado por los factores ambientales o fisiográficos. En terrenos con pendientes mayores del 15% es recomendable la quema en retroceso con el fin de reducir la longitud de llama.

Costes económicos:

De acuerdo a los datos obtenidos en las parcelas de experimentación de este modelo se recomienda que la planificación de este tipo de quemas se organice en parcelas

con una superficie igual o mayor a 0.65 Has. de esta forma está garantizada la rentabilidad frente a cualquier otro tipo de tratamiento selvícola para la reducción del combustible.

Siguiendo la estructura de la ficha correspondiente al MFGQP X, se presentaría de igual modo el conjunto de la documentación de consulta para los catorce modelos restantes, facilitándose con ello el trabajo de búsqueda de datos necesarios para la elaboración del correspondiente plan operacional de quemas. El análisis del coste económico del método de quemas prescritas frente a los sistemas tradicionales, es una estrategia necesaria para la difusión de un procedimiento operacional que históricamente no ha sido considerado entre los tratamientos selvícolas de índole preventiva. Los llamados métodos tradicionales para la eliminación de los excesos de cargas de combustibles, están constituidos por al menos tres fases, roza (bien por procedimiento manuales o por procedimientos mecánicos), extracción y apilado y por último la eliminación de los residuos forestales generados (quema o astillado). Frente a este conjunto de operaciones, el empleo de la técnica de quemas prescritas, representa un importante ahorro tanto desde el punto de vista económico como desde el punto de vista del tiempo necesario para la ejecución completa del trabajo. Este ahorro está justificado por el hecho de que la ejecución de una quema prescrita, representa en sí misma una única fase en la que se reúnen la tres fases que anteriormente indicadas para el caso de los métodos tradicionales.

Análisis de costes comparado con los procedimientos tradicionales

Una vez expuesto el procedimiento analítico de obtención de los modelos forestales de gestión de quemas prescritas, procede analizar mediante cuadros de datos comparativos, los costes por hectárea que representan las acciones de descarga de combustibles forestales con fines de reducción del peligro potencial de incendios forestales y de evolución espacial de características extremas. Los métodos tradicionales de tratamientos de prevención de incendios forestales mediante la ordenación del combustible forestal, están basados en la eliminación de las cargas (kg/m^2) de material vegetal sobrante, mediante la extracción bien manual (herramientas o motodesbrozadora) o mecanizada (tractores), su posterior extracción y apilado, para en una fase final proceder a la eliminación de los residuos generados, bien mediante quema o astillado. La oferta que presenta el tratamiento de prevención de incendios, mediante el uso de quemas prescritas, es la de reunir en una sola operación, el conjunto de las tres fases necesarias cuando se realiza bien los tratamientos manuales o bien los mecanizados. Este hecho diferencial lleva implícito un ahorro importante de costes y de tiempo.

La elaboración de los presupuestos necesarios para acometer los trabajos de limpieza dirigidos a la prevención de incendios forestales, requiere del conocimiento de las condiciones de trabajo en las que se van a desarrollar las tareas. La falta de conocimiento de una base de datos de precios por hectárea, en la que se incluyan las influencias de aspectos como la densidad de los combustibles forestales, la pendiente del terreno y los diámetros en la base de los tallos de las cepas de matorral, induce a

errores importantes en la elaboración de los proyectos bien por infravaloración o por sobrevaloración de las unidades de obra.

Para evitar este hecho las actuaciones deben ser medidas y evaluadas económicamente con realismo a fin de evitar las revisiones de precio a que la ejecución de los tratamientos de prevención de incendios daría lugar. Para ello en los métodos tradicionales se han de considerar los precios en función de los siguientes criterios:

A.- ***Roza de matorral***. (Manual, con desbrozadora o bien mecanizado con el empleo de tractor). Se han de considerar precios en función de:

1- diámetros basales en los tallos de los matorrales, <3cm, 3-6cm y >6cm.

2.- tramos de pendiente. A su vez según la posición física, los tres niveles anteriores relativos a los diámetros basales se dividen en función de la pendiente en los tramos de: p >50% y p<50%.

3.- a su vez en cada uno de los tramos de pendiente, se consideran diferencias de precios en función de la fracción de cabida cubierta por la vegetación forestal.

B.- ***Tratamientos selvicolas combinados***, (roza, poda y clareo). En este tipo de operación, se consideran diferencias de precio en función de la densidad de vegetación presente, distinguiéndose precios según densidad baja, densidad media y densidad alta.

C.- ***Recogida y apilado de residuos forestales tras la operación de corte y extracción***. De igual modo para esta operación se establecen diferencias de precio según, la carga de material a trasladar: <8Tn/ha., de 8-15Tn/ha., de 15-25 Tn/ha., de 25-35 Tn/ha., de 35-45Tn/ha., y >45Tn/ha. Para cada uno de los tramos identificados, se considera una selección de precios con mayor detalle en función de la pendiente, <30%, 30-50% y >50%.

D.- ***Quema de residuos***. En esta última operación, con la que se concluye el conjunto de tareas que conforman los tratamientos selvicolas para la prevención de incendios, se cuenta con la diferenciación de precios según los mismos intervalos de carga de material que han sido considerados en la fase de recogida y apilado de residuos forestales.

La realización de las quemas experimentales, ha permitido dimensionar el equipo de trabajo, que permite afrontar la actividad con eficiencia y seguridad, facilitando información de partida para determinar la "superficie de quema rentable", variable ésta, que se considera dependiente del tipo de "Modelo Forestal de Gestión de Quemas Prescritas", y por consiguiente de las características que identifican al mismo.

La organización del equipo de trabajo que ha permitido tanto la definición de los modelos forestales de gestión de quemas prescritas, como la obtención de los datos de costes y determinación de la superficie de quema rentable para cada uno de los modelos, ha estado formada por: siete operarios y un capataz, un técnico forestal, dos conductores-mecánicos de vehículo especial dotado de cisterna (3.500 litros de capacidad) y equipamiento para la extinción de incendios forestales, y por último un conductor-mecánico asignado a un vehículo especial destinado para la captura de datos de meteorología.

A.- Sin dosel arbóreo a proteger.

MFQP	Descripción	Superficie de quema rentable
I	Pastizal desarbolado o arbolado muy disperso, con poca o nula continuidad horizontal del combustible.	**> ó =**1,7 ha.
V	Matorral alto (1,5-2m) desarbolado con continuidad horizontal.	**> ó =**0,45 ha.
VII	Matorral de medio porte (1-1,5m)con discontinuidad horizontal	**> ó =**1,8 ha.
VIII	Matorral de medio porte (1-1,5m)con continuidad horizontal	**> ó =**1,8 ha.
XIV	Restos acompañados de herbáceas o matorral de distintos portes.	**> ó =**1,5 ha.

B.- Bajo dosel arbóreo a proteger.

MFQP	Descripción	Superficie de quema rentable
II	Pasto (<60cm)con escasa presencia de matorral	**> ó =**0,93 ha.
III	Pasto (<60cm)con escasa presencia de matorral, existe Continuidad vertical con el arbolado.	**> ó =**1 ha.
IV	Pasto más alto (>60cm) con continuidad vertical sobre con el arbolado.	**> ó =**0,9 ha.
VI	Matorral de gran porte (1,5-2m)con discontinuidad vertical. La viabilidad de la quema vendrá marcada por la diferencia de cotas entre ambos estratos.	**> ó =**0,4 ha.
IX	Matorral de asimilable al modelo 5 del sistema Behave.	**> ó =**0,6 ha.
X	Matorral asimilable al modelo 6 del sistema Behave.	**> ó =**0,65 ha.
XI	Matorral tipo modelo 5 con cierta continuidad vertical con el arbolado.	**> ó =**0,5 ha.
XII	Matorral tipo modelo 6 con cierta continuidad vertical	**> ó =**0,65 ha.
XIII	Hojarasca	**> ó =**1,75 ha.
XV	Restos	**> ó =**1,5 ha.

Realizando el comparativo de costes por hectárea para condiciones medias de pendiente y densidad y como referencia comparada, entre la aplicación de quemas prescritas y métodos tradicionales (roza manual, mecanizada y eliminación de residuos), se puede observar la competitividad que presenta el método de quemas (cuando las condiciones ecológicas del área forestal lo permite), frente a los métodos tradicionales.

Modelo forestal de gestión de quemas prescritas	Coste realización quemas prescritas. Euros/ha.	Coste realización métodos tradicionales. Euros/ha.	Exceso de coste de los sistemas tradicionales frente a las quemas
I	412,5	724,52	1,75
II	228,45	575,46	2,51
III	678,4	930,24	1,37
IV	783,6	1.053,69	1,34
V	1.356,96	1.891,53	1,39
VI	1.624,1	2.194,59	1,35
VII	816,5	1.221,64	1,49
VIII	1.154,2	1.527,05	1,32
IX	928,5	1.383,31	1,48
X	1.289,4	1.713,75	1,33
XI	1.045,36	1.563,71	1,495
XII	1.591,5	1.834,70	1,15
XIII	376,8	636,74	1,68
XIV	846,34	1.116,31	1,32
XV	1.975,6	2.468,17	1,25

Conclusiones

Con la metodología propuesta se facilitan los procedimientos para alcanzar la definición territorial de las zonas idóneas para la aplicación de quemas prescritas, el grado de respuesta ecológica de cada uno de los modelos forestales de quemas prescritas, procedimientos técnicos y conocimiento de los costes de referencias que transformados a tarifas, posibilitan la elaboración de las propuestas anuales para la ejecución de quemas prescritas al amparo de un plan regional. De esta forma se ofrece la posibilidad de incluir de forma regular el uso de las quemas prescritas como herramienta de carácter preventivo dirigida al control de la carga de combustibles en los programas de defensa contra los incendios forestales.

Agradecimientos

El autor quiere expresar su agradecimiento a la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y a la empresa Eimfor (adjudicataria del expediente) y su equipo técnico quienes han gestionado la ejecución del proyecto nº 9761ES0050 denominado "técnicas de control de la carga de combustibles mediante el empleo de quemas prescritas", presentado por la Consejería de Medio Ambiente al amparo del reglamento (CEE) nº 2158/92 del Consejo de 23 de julio de 1992, relativo a la protección de los bosques comunitarios (UE) contra los incendios forestales**.**

Bibliografía

Anónimo, 1998. **Libro Rojo de la Prevención de Incendios Forestales**. Comité de Lucha contra los Incendios Forestales. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Medio Ambiente.

Anónimo. **Informes estadísticos de incendios forestales**. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

Anónimo. **Prescribed burn manual**. 1994. Alberta Forest Service.

Anónimo. 1989.**A Guide for Precribed Fire in Southern Forest**. USDA Forest Service, Southern Region, february 1989, technical publication R8-TP11.

Lisle R. Gree, 1981. **Prescribed Burning in the California Mediterranean Ecosystem**. Symposium on Dinamics and Management of Mediterranean-type Ecosystems, June 22-26, 1981, San Diego, California.

Lisle R. Gree. **Burning by Prescription in Chaparral**. G.T.R. Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, PSW-51. USDA Forest Service.

Rodríguez y Silva, Fco, 1997. **Bases técnicas para la elaboración de un plan regional de quemas prescritas, aplicación a la Comunidad Autónoma de Andalucía**. Sociedad Española de Ciencias Forestales. Taller Internacional sobre la aplicación de Quemas Prescritas. Lourizán, Pontevedra.

Rodríguez y Silva, Fco. 1995. **Modelos de Comportamiento del Fuego Aplicados a la Ordenación de Áreas Forestales**. Taller Internacional sobre Prognosis y Gestión en Control de Incendios Forestales. Fondef, Universidad de Chile, Intec-Chile e Instituto Forestal. Noviembre de 1995, Santiago de Chile.

Rodríguez y Silva, Fco. 2001**. Gestión y experimentación de quemas prescritas en Andalucía, recomendaciones técnicas para su empleo en la defensa contra los incendios forestales**. Actas del III Congreso Forestal Español. Sociedad Española de Ciencias Forestales. Junta de Andalucía.

Raybould S., Roberts T. **A Matrix Approach to Fire Prescription Writing**. Fire Management Notes, vol.44, number 4.

Desarrollo de un Modelo para la Evaluación Económica de los Planes de Defensa contra Incendios Forestales en Ecosistemas Forestales Mediterráneos[1]

Francisco Rodríguez y Silva[2]

Resumen

El desarrollo actual alcanzado en la organización y gestión en la defensa de las áreas forestales contra los incendios, permite afrontar una línea de trabajo a través de la cual se pueda profundizar en el mejor conocimiento de la interrelación existente entre los presupuestos invertidos y los resultados que de las inversiones realizadas se obtienen. Históricamente la gestión de los presupuestos no ha seguido un procedimiento objetivo, científico y justificativo, sino más bien el proceso ha sido gobernado por un crecimiento del gasto de forma expansiva y a la demanda, careciendo en la mayoría de los casos de una planificación de las inversiones a medio plazo.

Cuando las circunstancias cambian y la disponibilidad de fondos se restringe, se detecta una descapitalización en la gestión forestal que hace difícil el mantenimiento y disponibilidad de presupuestos en los niveles anteriores, siendo en esta fase necesario, documentar y justificar la petición de fondos públicos necesarios para afrontar los gastos realmente necesarios. En esta fase y a fin de disponer de una respuesta eficaz y planificada, se hace imprescindible disponer de una herramienta de trabajo capaz de integrar no sólo los factores asociado a las variables de análisis económico, sino también la consideración de los factores y parámetros vinculados con la presencia de los incendios forestales en las áreas a proteger. En esta línea se motiva la realización del programa de investigación para el desarrollo de un modelo capaz de aglutinar, interpretar y relacionar el conjunto de las variables descriptoras de las relaciones y actividades asociadas con la gestión de los programas de defensa contra incendios forestales. En la filosofía del desarrollo del modelo, se ha creído conveniente fundamentar una base sólida y a la vez polivalente de cara a la exportación de los resultados del modelo, tal que aunque se escoja una zona territorial concreta para el desarrollo del mismo tanto en su fase de diseño, definición y experimentación, como en la de aplicación, el material obtenido permita su aplicación en otras zonas, sin descartar las necesarias adaptaciones que fueran necesarias realizar.

La importancia de obtener un primer modelo en áreas mediterráneas, con inclusión en él de los rendimientos de los medios de extinción y particularidades de los procedimientos de extinción, así como las capacidades de los diferentes sistemas forestales en recuperarse tras el impacto del fuego centran la esencia de los objetivos dirigidos a la obtención modelada en base criterios económicos del procedimiento o herramienta de trabajo que permita ayudar en la evaluación y planificación de acciones destinadas a la aplicación y seguimiento de los planes de defensa

[1] Una versión más corta de este trabajo fue presentado en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía de los programas de protección contra incendios forestales, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] Dr. Ingeniero de Montes. Universidad de Córdoba. Departamento de Ingeniería Forestal. A/Menéndez Pidal s/n. 14080 Córdoba (España). email: ir1rosif@uco.es.

En definitiva con la ejecución del proyecto se realizará una investigación encaminada a la determinación objetiva de las relaciones existentes entre opciones propuestas por los programas de defensa contra incendios forestales y las consecuencias que se pueden alcanzar en términos de costos y pérdida previsible en la cantidad y en la calidad de los recursos que puedan quedar afectados tras el impacto de los incendios. Por consiguiente se ha de entender que el eje que marcará el proceso metodológico de la investigación será el análisis de costo-beneficio aplicado a los programas de defensa y protección.

Para el establecimiento de las condiciones de partida es necesario analizar en profundidad y reconocer de forma precisa la base estadística de incendios forestales, así como realizar la oportuna recogida de datos reales en incendios (condiciones y particularidades del primer ataque y del ataque ampliado) que se originen en la zona determinada como recinto de experimentación.

La determinación de las funciones identificativas del modelo de evaluación, han sido planteadas desde su gestación, como herramientas dirigidas a la gestión, por ello los conceptos y los fundamentos de la investigación pura, han quedado relegados a la fase de definición de instrumentos y requisitos de naturaleza económica. El modelo en desarrollo quedará presentado en formato informático, tal que se faciliten los cálculos y la operatividad del mismo quede garantizada, de forma que su aplicación pueda ser generalizado a los usuarios con responsabilidad directa en la organización y gestión de los programas de defensa.

Descripción general de las fases del proyecto.

En el desarrollo de los trabajos relacionados con la obtención del modelo se han considerado las siguientes fases:

1. Fase de documentación y recopilación bibliográfica.
2. Fase de conocimiento, desglose de la estructura y fundamentos operacionales del modelo NFMAS.
3. Revisión bibliográfica.
4. Fase de elaboración y recopilación histórica de casos reales de aplicación y resultados obtenidos del modelo NFMAS en Estados Unidos.
5. Fase de selección de funciones, relaciones, bucles y comandos realmente exportables del modelo NFMAS para su utilización en el modelado a desarrollar con vistas a su aplicación en áreas mediterráneas.
6. Fase de reconocimiento territorial y elección de las zonas de trabajo, en donde serán realizados los análisis de gestión de los programas de defensa y protección contra incendios forestales.
7. Fase de creación de las bases de datos necesarias para implementar el modelo.
8. Fase de desarrollo del modelo.
9. Fase de programación informática del modelo y enlace con herramientas GIS (sistemas de información geográficos).
10. Fase de calibración y comprobación del modelo en campo. Operación del mismo bajo condiciones reales de combate.
11. Fase de elaboración documental de manuales de uso y aplicación del modelo.
12. Fase de presentación del material producido.
13. Fase de formación y entrenamiento dirigido a usuarios.

Condicionantes que serán tenidos en cuenta.

El desarrollo del modelo ha quedado fundamentado en relación con los principios y herramientas de naturaleza económica basados en:

1. La teoría del análisis marginal.
2. La inclusión de criterios de eficiencia económica expresados en términos de "costo + cambio neto en el valor de los recursos"
3. La estimación de la magnitud de cambio en la producción, como consecuencia de cambios específicos en la cantidad de uno o más de los insumos tenidos en cuenta en el proceso de evaluación.
4. La realización de un proceso analítico, formal y objetivo.

Desde del punto de vista de las capacidades del modelo, se han considerado en los trabajos de desarrollo las siguientes posibilidades operativas y de cálculo:

1. La evaluación y comparación de la eficiencia y la efectividad de un programa de protección y sus opciones.
2. La realización de la medición de áreas quemadas y número de incendios clasificados por tamaño e intensidad que resultarán en el tiempo de análisis y para una propuesta de programa de defensa y protección concreto.
3. La evaluación mediante un modelo específico de simulación, capaz de examinar las opciones de protección frente a determinados tipos de incendios propuestos y las estrategias de despacho de recursos, según las condiciones específicas de los mismos. Para ello se han considerado entre otros, las siguientes variables:
    - la ocurrencia en el riesgo histórico
    - cartografía de los incendios acaecidos en el período histórico en estudio y en las zonas de análisis de gestión de los programas de defensa contra incendios forestales
    - el riesgo de ocurrencia potencial
    - incorporación diferenciada de la cartografía de peligro potencial en las zonas de análisis de gestión de los programas de defensa contra incendios forestales.
    - el peligro potencial
    - los tiempos de movilización y acceso de los recursos
    - las condiciones del terreno
    - la dificultad en la ejecución de los trabajos de extinción
    - el comportamiento del fuego
    - la productividad de los medios de actuación
    - el tamaño específico de control y el tiempo requerido para ello
    - la evaluación de la potencialidad de los incendios escapados
    - los combustibles forestales

- la estacionalidad y frecuencia de fenómenos meteorológicos de carácter dominante

4. La capitalización de la experiencia en los procedimientos seguidos en el combate de los incendios forestales. Para ello además del análisis de detalle de los resultados obtenidos en los trabajos de extinción, a través de la investigación de los últimos diez años en la base de datos nacional de incendios ocurridos, se han recopilado en tiempo real (seguimiento directo de incendios en campo)datos de rendimientos, efectividad y costes de los trabajos de extinción de incendios ocurridos en los años 2002 y 2003.
5. La determinación del Factor de Contracción Superficial (FCS). Este factor permite integrar la efectividad de los recursos de extinción y está basado en la reducción de superficie que experimenta el incendio cuando sobre él se actúa para lograr el control y la extinción final, el valor numérico se obtiene al realizar la comparación con la superficie teórica que se obtiene mediante simulación a evolución libre (sin la consideración de elementos de combate).

Parámetros de entrada del modelo.

Para proceder a evaluar económicamente el programa de protección y defensa contra incendios forestales, han sido considerados como valores de entrada los siguientes parámetros:

- **Comportamiento del fuego, definiéndose como herramientas de trabajo:**

1. el nivel de intensidad lineal del frente de llamas
2. la velocidad de propagación
3. la velocidad de propagación por copas
4. la generación de focos secundarios
5. la transición de fuegos de superficie a fuegos de copa
6. la longitud de llama
7. la clasificación de los intervalos de longitud de llamas para obtener los tipos de niveles de intensidad de incendios forestales

- **Derivados del comportamiento y de la productividad de los medios de combate**:

1. superficie y perímetro de control para cada nivel de intensidad de incendios forestal
2. tiempo para alcanzar el perímetro de control

- **Organización y procedimientos para la extinción**
- **Métodos para el despacho de los medios humanos y materiales. Incorporación de la tabla de selección de opciones de despacho con especificación de:**

1. medios individuales
2. equipos de ataque

3. fuerzas de equipos

- **Reconocimiento e inventariación de los sistemas lineales preventivos de defensa (líneas cortafuegos, áreas cortafuegos) y de otra infraestructuras existentes para la prevención de los incendios forestales.**
- **Valoración económica de los recursos en las zonas de análisis de manejo de incendios forestales, considerándose los siguientes:**

1. madera
2. pastos
3. matorrales
4. frutos
5. recursos hídricos
6. recursos piscícolas
7. recursos faunísticos
8. ocio y recreo
9. recursos cinegéticos
10. recursos paisajísticos

- **Determinación y valoración de los gastos fijos anuales de mantenimiento del programa de protección y defensa.**
- **Determinación y valoración de los gastos de extinción, considerándose los siguientes:**

1. costos unitarios por misión/operación de combate
2. costo promedio por hectárea relativo al ataque inicial
3. costo promedio por hectárea relativo al ataque ampliado
4. costo promedio por hectárea relativo a la extinción de gran incendio
5. obtención del cambio neto en el valor de los recursos para cada una de las situaciones anteriores

- **Evaluación económica de las operaciones dirigidas a la recuperación post-incendio de áreas afectadas, con determinación previa de la resiliencia del sistema.**

1. Reconocimiento del efecto de los fuegos sobre los recursos
2. Identificación espacial de dichos efectos
3. Cuantificación de los efectos y desarrollo de la medida económica
4. Determinación de la producción anual en ausencia de incendios
5. Determinación de la producción total para el período de planificación en ausencia de incendios forestales
6. Determinación la producción total durante el período de planificación en presencia de incendios forestales.

Componentes mínimos considerados para la realización de operaciones de análisis y cálculo mediante el programa informático de gestión del modelo SINAMI.

En los trabajos de desarrollo del modelo se ha considerado realizar como estrategia metodológica la elaboración simultánea de la estructura informática del programa que permitirá realizar los cálculos de acuerdo a los siguientes componentes y aplicaciones:

- Mandos de control para la gestión de utilidades del programa
- Opciones de impresión de los documentos producidos por el modelo
- Gestión de los archivos producidos por el documento, almacenamiento, recuperación e indexado
- Identificación de la unidad de trabajo: espacio protegido, monte, comarca
- Información relativa a las zonas de análisis de gestión de los programas de protección y defensa, también llamadas zonas de análisis de manejo de fuegos (ZAMF) (figura nº 1)

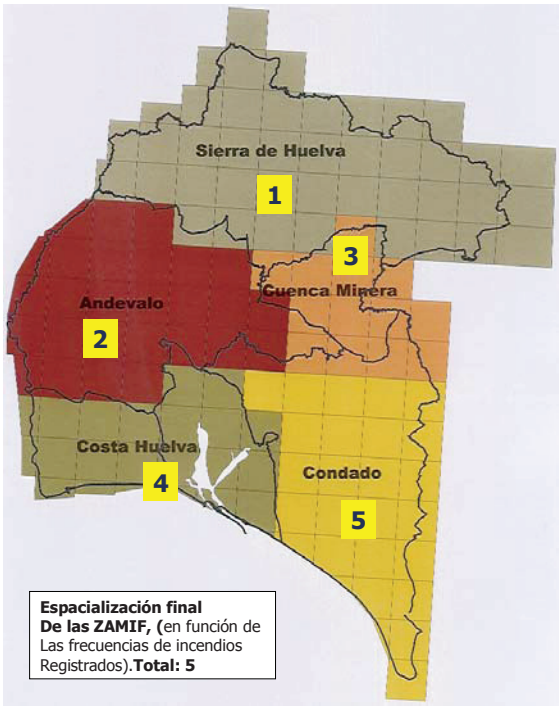


Figura nº: 1

- Límites para incendios escapados
- Cartografía temática: modelos de combustibles y coberturas forestales

- Presentación de incendios por año y por niveles de intensidad de los mismos
- Velocidad de propagación al 50 y 90 percentil
- Dimensiones de superficies afectadas a la detección
- Obtención del histórico de ocurrencia de los incendios referenciados geográficamente a partir de la base de datos nacional de estadística de incendios forestales
- Determinación zonificada de las condiciones meteorológicas más frecuentes a partir de los ficheros históricos (formato ASCII) existentes en la base de datos del Instituto Nacional de Meteorología (INM) e incorporación de métodos de interpolación para la determinación de los parámetros meteorológicos (figura nº: 2)

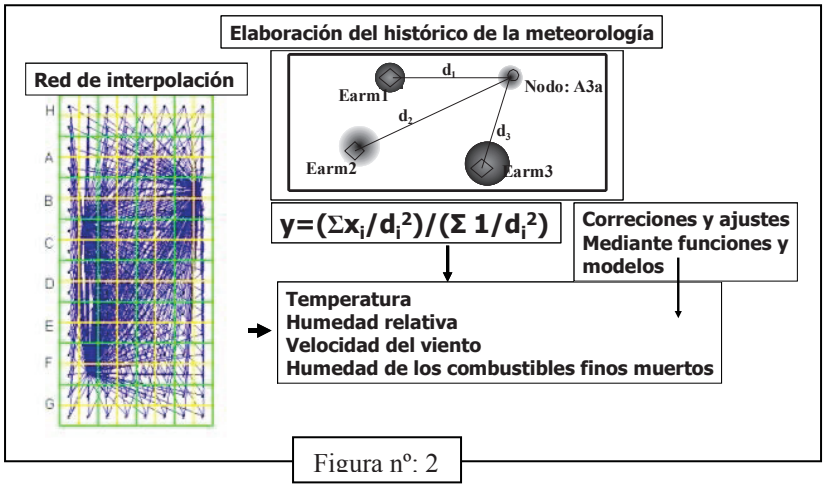


Figura nº: 2

- Determinación de la herramienta de evaluación potencial de daños y perjuicios para su aplicación en la evaluación económica. Esta aplicación esta dirigida a la evaluación de polígonos del territorio (incluidos en las zonas de análisis y manejo de incendios forestales) tanto previa a la existencia de un incendio como para medición y estimación real en el caso de los acaecidos

Línea de flujo general considerada en la ejecución del modelo.

- **Obtención del modelo base en función de:**
  1. Análisis de antecedentes históricos de incendios forestales
  2. Análisis del programa de interrelación de los parámetros de entrada:
     - Medios individuales de extinción de incendios

- Equipos de ataque de extinción de incendios
- Fuerzas de equipo de extinción de incendios
- Modelos de combustibles existentes
- Dificultad de extinción, determinada mediante el cálculo del Índice de Dificultad Técnica de Extinción (Rodríguez y Silva, 2000)
- Peligro potencial determinada mediante el cálculo del Índice de Peligro Potencial (IPP), (Rodríguez y Silva, 2000)
- Histórico de la meteorología
- Análisis histórico. Para la integración de los antecedentes históricos, se han empleados los módulos de cálculo y análisis propuestos por el sistema NFMAS (González-Cabán, 2000) desarrollado por el USDA Forest Service, al que se le han incluido módulos que vienen a cualificar con mayor intensidad las características específicas de la zona de análisis y manejo de incendios forestales. Los módulos permiten mediante el establecimiento de relaciones tipo "valores de entrada-valores de salida" incorporar los datos requeridos por el modelo para realizar el análisis económico del programa de defensa contra incendios forestales en estudio. Los módulos que han sido considerados son los siguientes: medios de extinción disponibles (tipos, rendimientos y costes), modelos de combustibles, aspectos topográficos, ocurrencia histórica en relación con los incendios acaecidos, procedimientos y tiempos de detección, dificultad técnica de extinción, procedimiento de despacho, tiempos de llegada, peligro potencial en cada zona de análisis y manejo de incendios forestales, velocidad y frecuencia de incendios clasificados por cada nivel de intensidad de fuego, tamaño al inicio de los trabajos de extinción y análisis final del programa basado en el establecimiento de comparativos entre los rendimientos de los recursos de extinción y el perímetro desarrollado por el comportamiento del fuego, los costes de los recursos y el cambio neto en la valoración de los recursos naturales (figura nº: 3).

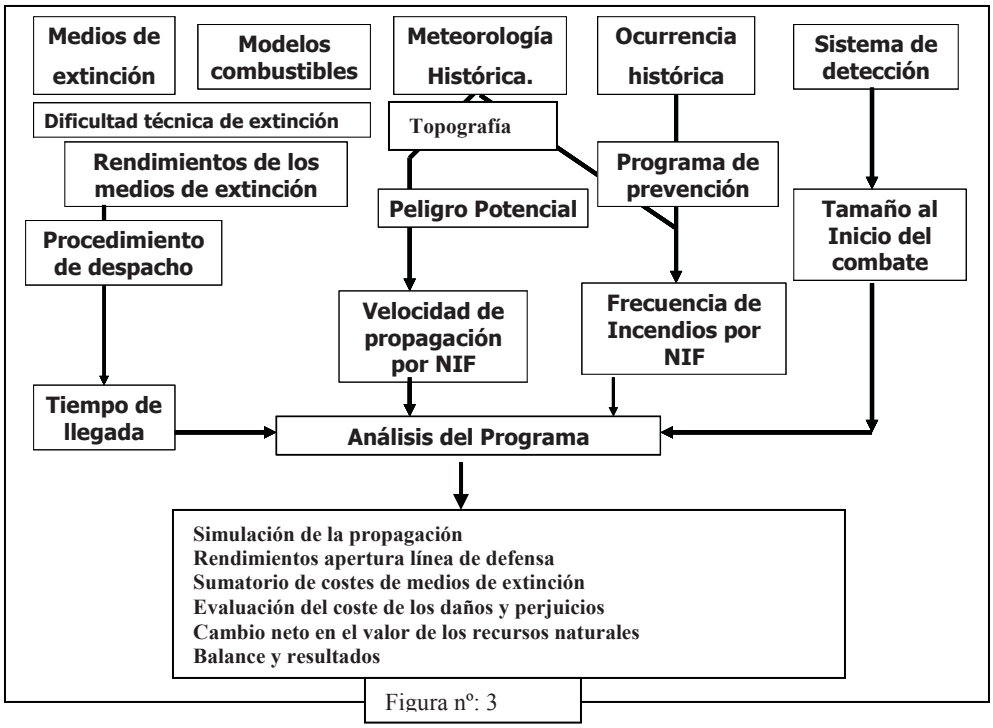


Figura nº: 3

- Rendimientos de los medios de extinción, determinado mediante la incorporación de las curvas de rendimientos de apertura de líneas de defensa según modelos de combustibles (Porrero M., Chico F., 2000)
- Sistema de detección
- Programa de prevención
- Sistema de despacho de medios de combate
- Tiempos de llegada
- Tamaño a la detección
- Velocidad de propagación por nivel de intensidad de incendio forestal
- Frecuencia de incendios por nivel de intensidad de incendio forestal
- Determinación comparada entre la velocidad de desarrollo de la línea de defensa (en el establecimiento de la línea de control) y la velocidad de crecimiento del perímetro del incendio. Para el desarrollo de esta fase se han incluido en el modelo las herramientas de cálculo del simulador de incendios forestales "Visual-Cardin" (Rodríguez y Silva, F. 2002) (figura nº: 4)

3. Cálculo inicial empleando la información histórica registrada
4. Calibrado y enlace con el proceso de planificación

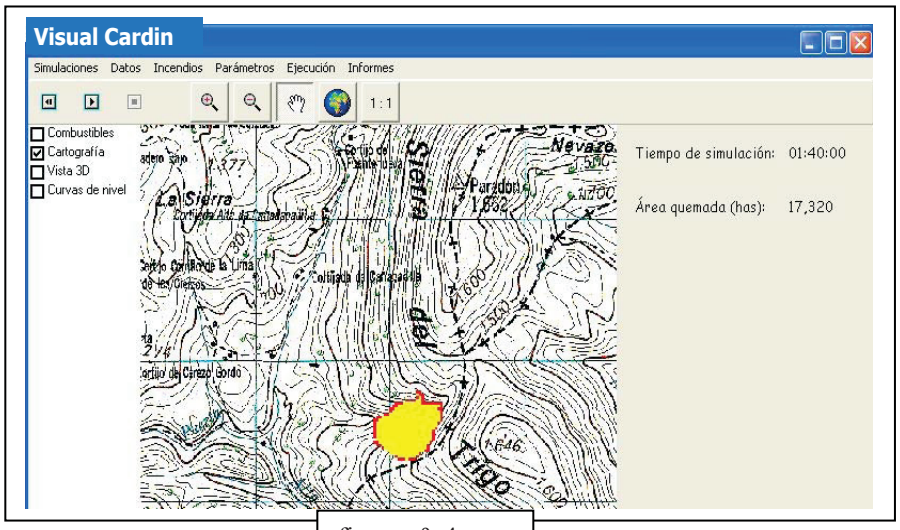


figura nº: 4

- **Evaluación del ataque inicial teniendo en consideración**:
  1. Opciones del programa de defensa y presupuesto por cada zona de análisis, realizando consultas mediante el uso de tablas realizadas a partir de la información histórica en función de:
     - Lenguaje de control de trabajo
     - Medios movilizados
     - Selección de opciones
     - Coste promedio por hectárea
     - Incendios escapados al control esperado
     - Coste unitario por misión
  2. Incendios contenidos incluyendo el cálculo del área afectada
  3. Incendios escapados incluyendo el cálculo del área pre-afectada
  4. Obtención del número de incendios por clase de tamaño y nivel de intensidad
  5. Obtención del área afectada por clase de tamaño y nivel de intensidad

6. Medios usados y número de despachos por año y por nivel de intensidad de incendio
7. Costes de supresión de incendio forestal
8. Estimación de efectos del incendio y valoración de los recursos
9. Obtención del total de los costes más el cambio neto en el valor de los recursos
10. Identificación del programa de defensa más eficiente
11. Determinación del presupuesto anual
12. Seguimiento y evaluación

Esta aplicación ha quedado definida para realizar su extensión metodológica a la evaluación tanto del ataque ampliado como al caso del ataque al gran incendio. Esta extensión de análisis y cálculo aunque determinada en su línea de flujo, ha quedado pospuesta para su incorporación en la segunda versión del modelo.

Elección de la zona para el desarrollo y experimentación del modelo.

El territorio propuesto en la presente memoria para el desarrollo y experimentación del modelo, es el de la Comunidad Autónoma de Andalucía (región geográfica del sur de España), y en ella ha sido escogida la provincia de Huelva. Esta selección ha sido considerada en función de la superficie forestal, el histórico de los incendios forestales registrados, por la información de coberturas temáticas territoriales disponibles, por la información de infraestructuras preventivas y programas de protección y defensa existentes. En general la elección de Andalucía como territorio de investigación, ha sido considerada por la disponibilidad de una organización profesional y un sistema experimentado en los trabajos de control y extinción de incendios forestales, además de contar con una intensa base de datos de registros, constituida a partir de información obtenido de los incendios forestales acaecidos.

Agradecimientos

El autor quiere expresar su agradecimiento al Área de Defensa contra Incendios Forestales de la Dirección General de Conservación de la Naturaleza (Ministerio de Medio Ambiente) por el material técnico y documental facilitado, así como por la financiación económica asignada mediante el convenio de investigación para el desarrollo de un modelo de evaluación económica de los programas de defensa contra los incendios forestales (SINAMI), suscrito entre dicha institución oficial y la Universidad de Córdoba.

Bibliografía

Anónimo. **Informes estadísticos de incendios forestales. Ministerio de Medio Ambiente**. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Área de Defensa contra Incendios Forestales.

González-Cabán A. 2000. **Planificación y análisis para la defensa contra incendios forestales**. La defensa contra Incendios Forestales, Fundamentos y Experiencias. Coordinador Ricardo Vélez. Editorial McGraw Hill.

González-Cabán A. 2000. **Sistema de análisis general para el manejo de incendios forestales en Estados Unidos**. La defensa contra Incendios Forestales, Fundamentos y Experiencias. Coordinador Ricardo Vélez. Editorial McGraw Hill.

Porrero M., Chico F. 2000. **Rendimientos del personal de extinción**. La defensa contra Incendios Forestales, Fundamentos y Experiencias. Coordinador Ricardo Vélez. Editorial McGraw Hill.

Rodríguez y Silva, F. 2000. **Modelos de organización de la extinción**. La defensa contra Incendios Forestales, Fundamentos y Experiencias. Coordinador Ricardo Vélez. Editorial McGraw Hill.

Rodríguez y Silva, F. 2000. **Planes de defensa**. La defensa contra Incendios Forestales, Fundamentos y Experiencias. Coordinador Ricardo Vélez. Editorial McGraw Hill.

Rodríguez y Silva, F. 2003. **Aplicaciones de la predicción y simulación del comportamiento del fuego en la extinción de incendios forestales**. Revista Incendios Forestales número 8. Editorial Forres C.B. ISSN: 1575-572X.

Servicio Forestal de los Estados Unidos (USFS) Herramienta para el Análisis de Incendios y Combustibles NRIS-INFORMS[1]

David S. Martinez[2]

Resumen

En conjunción con el tema del simposio "teoría y métodos para la planificación estratégica de fuegos", el Departamento para la Gestión de Fuegos y la Aviación de la Región Sudoeste está actualmente desplegando y utilizando el Sistema de Información de los Recursos Naturales (NRIS). En la actualidad, este sistema está dando apoyo al inventario de la región y haciendo un seguimiento del programa de evaluación de las zonas de tratamientos cubiertas por el Interfaz entre Espacios Urbanos y Naturales (WUI). El objetivo del programa es recoger información de estas zonas de tratamiento WUI. Esta información se almacena como datos de explotación en la base de datos de la vegetación del terreno del que se han obtenido las muestras (FSVEG), que es un módulo dentro del sistema de base de datos general del NRIS. Este sistema integra información de varios Bosques y Regiones, lo que permite el uso de los modelos científicos más avanzados y proporciona sólidas interpretaciones.

Este sistema proporciona el intercambio de datos entre el módulo FSVEG y la Herramienta para Incendios del Sistema Integrado de Gestión de Recursos Forestales (INFORMS), que se utiliza junto con numerosas aplicaciones de modelado, entre las que se incluyen el FVS (Modelo de simulación de la vegetación forestal), FFE (Extensión entre fuegos y combustibles), el Modelo de Simulación del Área del Incendio (FARSITE), el Modelo del Comportamiento del Fuego de Copas NEXUS, el Modelo de las Consecuencias de los Incendios de Primer Orden (FOFEM), el Programa de Análisis Plus para la Gestión de Combustibles (FMA+), el Proceso del Análisis de Riesgos de los Incidentes Inusuales (RERAP), y el nuevo Modelo Espacial Flam Map para determinar si las prescripciones de vegetación dentro de las áreas WIU son efectivas a la hora mantener el fuego en el suelo y evitar que se transforme en un incendio de copas, así como para hacer un seguimiento de la reacción de la vegetación antes y después del fuego en relación al tratamiento de combustible en las áreas WUI.

Esta técnica permite a los responsables de la ordenación del territorio medir los efectos, tanto negativos como positivos, de las perturbaciones mecánicas y naturales y de los tratamientos antiincendios prescritos en las comunidades vegetativas existentes y potenciales. Asimismo, dicha técnica establece una base científica para las estrategias de ordenación presentes y futuras al crear documentación sobre los datos de referencia y los posibles efectos de los diferentes tratamientos y estrategias.

Se espera que esta herramienta para evaluar los tratamientos de reducción del combustible a través de la aplicación de una metodología común en distintos paisajes y designaciones de vegetación, tenga unos costes menos prohibitivos y además sea más fácil de aplicar de forma sistemática con los sistemas de modelado desarrollados por el USFS. Así, una vez conectados a través de Internet y los sistemas de adquisición de datos a tiempo real, se espera que este sistema genere una mayor colaboración y coordinación entre las distintas

[1] Una versión abreviada de este trabajo se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación, y economía de los programas de protección contra incendios forestales: una visión global, 19–22 Abril, 2004; Córdoba, España.

[2] Ecólogo Regional del Fuego, Fire & Aviation Management, Southwestern Region, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, 333 Broadway, S.W., Albuquerque, NM 87102; email: dmartinez@fs.fed.us.

iniciativas para el control de incendios en espacios naturales, la reducción de combustibles de riesgo, y las actividades mecánicas o prescritas del fuego.

Introducción

INFORMS (Sistema Integrado de Gestión de Recursos Forestales) es un marco de apoyo a la toma de decisiones diseñado específicamente para la plataforma IBM del Servicio Forestal. Ha sido pensado para ayudar a las tareas de planificación relacionadas con las cuencas hidrográficas (zonas de captación) y de los distintos proyectos, así como para ayudar a los usuarios de los bosques y los distritos en la adjudicación de recursos a los distintos proyectos, es decir, a la toma de decisiones conformes a los procesos establecidos por la Ley Nacional de Protección del Medioambiente (NEPA).

La interfaz de INFORMS está construido básicamente sobre ArcView, con las Formas Oracle que sean necesarias para dar apoyo a las funciones esenciales. Cuando ni Oracle ni ArcView han podido suministrar la funcionalidad requerida, se han utilizado algunas ventanas personalizadas que no son de Oracle ni de ArcView.

La estructura de datos de Oracle da apoyo a numerosas funciones de planificación y permite:

- Dar apoyo a todos los procesos de NEPA y mejorar la cantidad y la calidad de la toma de decisiones.
- Capturar un proyecto aislado o un conjunto de datos de apoyo a la toma de decisiones de la base de datos espaciales y de atributos de la corporación.
- Establecer quienes son los miembros de los equipos de los distintos proyectos y determinar su nivel de acceso a las funciones de INFORMS.
- Acceder y activar distintas herramientas de análisis como modelos y consultas registradas, rutinas de macro lenguaje Arc y normas básicas (componentes basado en el conocimiento)
- Construir y retener distintas alternativas del proyecto mediante temas de Arc View y grupos de datos de Oracle.
- Realizar un seguimiento de los proyectos y las decisiones gracias al registro de eventos o análisis.

Las herramientas de análisis utilizadas en INFORMS varían dado que los distintos usuarios determinan la serie de herramientas que quieren que formen parte de INFORMS. Esto puede incluir la información necesaria para que los análisis resulten fidedignos y adecuados para cada caso.

Mapeo de la Vegetación

Dado que INFORMS ha sido diseñado para analizar en los Servicios Forestales la Ley Nacional de Protección del Medioambiente (NEPA), uno de los problemas encontrados hasta la fecha ha sido poder ver las condiciones futuras de la vegetación con o sin tratamiento. Esto se ha hecho fácilmente con el Simulador de Vegetación Forestal (FVS) para un único rodal, pero no se puede conseguir para todos los datos de la vegetación del paisaje de toda la zona del análisis, a no ser que se examinen todos los rodales.

La solución a este problema se encuentra en el uso de la tecnología del Análisis del Vecindario Más Similar (MSN). El equipo de aplicaciones de INFORMS ha encontrado que con el uso de estas dos tecnologías (FVS & MSN) junto con los datos de las imágenes del satélite de tierra es posible crear mapas de alta calidad de las condiciones actuales y futuras de la vegetación.

Asimismo, esta aplicación ha permitido crear unos excelentes mapas de la vegetación del paisaje para las tierras pobladas con vegetación forestal. Los requisitos necesarios para realizar estos mapas son:

- Estrato del Sistema de Información Geográfica (GIS) del polígono de vegetación de rodal forestal.
- Imágenes del satélite de tierra de manantiales recientes.
- Exámenes de rodales equitativamente distribuidos según todos los tipos de vegetación en un mínimo del diez por ciento de los polígonos.
- Los datos de los exámenes de rodales se deben introducir en la base de datos de FSVeg para normalizar la fuente de los datos.
- Modelo de Elevación Digital adaptado para el Área de Análisis del MSN.

Este tipo de datos está comúnmente disponible. Con esta información, las herramientas de la aplicación de INFORMS simularán el crecimiento de los rodales hasta la fecha de la imagen del satélite de tierra para obtener un cálculo más preciso de los mismos en relación con los valores de reflectancia representados. Estos exámenes de los rodales pasan entonces a considerarse como rodales de referencia. Con base a los datos del satélite terrestre y DEM, la aplicación MSN encontrará el rodal más similar y lo utilizará para representar cada uno de los rodales sobre los que no se tiene información actualizada. Así, se va completando un cuadro "para/uso". Se trata de un mero cuadro de referencia que se utiliza cuando una aplicación de INFORMS necesita datos para un rodal que no haya sido examinado.

Este proceso permite además la obtención de datos de gran exactitud sobre la cobertura vegetal actual GIS con una gran precisión para todos los rodales. Los resultados obtenidos se emplean en la producción de mapas sobre la incidencia de los combustibles en la vegetación y se utilizan en reuniones públicas, análisis de combustibles y en la planificación de actividades para extinguir incendios con FARSITE.

Actualmente se están realizando esfuerzos para crear nuevos atributos útiles en los diferentes tipos de análisis de recursos. Estos atributos comprenden:

- Área basal de las especies arbóreas.
- Especies de árboles de las tres primeras especies por orden dominante descendiente.
- Altura media de los rodales.
- Media cuadrática del diámetro.
- Cobertura de la copa de las especies arbóreas.

Los métodos tradicionales de procesamiento de imágenes generalmente no proporcionan estos atributos. Se podrían obtener estos resultados con un mayor grado de precisión, que si fuera necesario se podría mejorar con más exámenes de muestras

de rodales, incorporando un método de producción sistemático de la calidad deseada de la cobertura.

Otra ventaja de este método es que este estrato actualizado de alta calidad de la vegetación se puede mantener de forma expeditiva y sin grandes costes de un año para otro simplemente mediante el mantenimiento del estrato del polígono del rodal, la actualización anual de la imagen del satélite terrestre y el mantenimiento de un programa mínimo de examen de los rodales para recogida de datos.

Paquetes de Análisis de Fuegos y Combustibles

En la actualidad, INFORMS se utiliza principalmente para dar apoyo a los procesos de NEPA, particularmente en sus aplicaciones de Reducción de Combustibles. Esta aplicación usa datos de la base de datos FSVeg. que luego proyecta al futuro mediante el Simulador de Vegetación Forestal, incluso la Extensión de Fuegos y Combustibles (FVS/FFE) en las condiciones actuales y hasta un máximo de cuatro décadas, en caso de no aplicarse tratamiento. El sistema permite además crear todas las alternativas de tratamiento que se deseen. Éstas pueden además representar los mismos periodos de crecimiento para comparar la diferencia entre los casos con y sin tratamiento, y entre los distintos tratamientos.

Las herramientas de INFORMS originan varios productos de gran valor:

- El Producto I crea un mapa para cada periodo de tiempo. Conocida como el modelo de combustión, se trata de una matriz del índice de flameado (la velocidad del viento necesaria para que un fuego de suelo flamee los árboles del rodal) y el índice de copado (la velocidad del viento necesaria para sostener un fuego de copas). La matriz de estos dos valores generados por FVS/FFE aparece como cinco tipos de intensidad de combustión. Esto a su vez genera un mapa para cada polígono de rodal poblado de vegetación con distintos tonos de rojo, donde los rojos oscuros representan una mayor intensidad. Este mapa se puede utilizar para distintos fines en la planificación de la reducción de combustibles de los distintos proyectos. Entre estos fines se cuenta la capacidad de visualizar las áreas de mayor riesgo para su posible tratamiento y su relación con otras áreas de riesgo. Los mapas nos permiten comparar distintas áreas de análisis, tales como las cuencas hidrográficas o de captación y poder establecer así las zonas prioritarias de tratamiento. Asimismo, los mapas son bastante útiles para informar al público sobre las condiciones de las zonas cercanas a donde viven, o simplemente sobre las zonas que les puedan preocupar.
- El Producto II es la creación de los datos de disponibilidad inmediata de FARSITE. FARSITE es una aplicación de simulación de incendios que modela la propagación y la intensidad del fuego en las condiciones que haya establecido el usuario. Los estratos se crean para condiciones actuales y futuras. El uso primario de FARSITE en la planificación de los proyectos es hacer un ejercicio de simulación de fuego en un área de análisis con y sin tratamiento, para evaluar los efectos de los tratamientos que se proponen. Se puede utilizar FARSITE para optimizar los diferentes tratamientos; estos datos además nos proporcionan una excelente herramienta de comunicación con el público.

- El Producto III es el Sistema de Visualización de Rodales (SVS). INFORMS crea archivos que muestran como arderá un rodal con o sin tratamiento. Esto resulta útil para el equipo de identificación y para el debate público de los efectos. En estos momentos se está trabajando en un método automático para alcanzar este objetivo.

Conclusiones

La aplicación de INFORMS ha proporcionado un sistema de modelación de última tecnología a los responsables de ordenación del territorio del suroeste del Servicio Forestal de los Estados Unidos (USFS). El sistema ha permitido la evaluación presente y futura de las condiciones de riesgo de incendio existentes en las zonas forestales en las que se han realizado o no esfuerzos para la reducción del peligro de incendios. Se han sacado modelos de los diferentes tipos de vegetación para evaluar sus efectos potenciales en cuanto a riesgos actuales y futuros de incendio. Esta información se procesa y se obtienen mapas de riesgo de incendios que posteriormente estudian los Especialistas de Gestión de Incendios/Combustibles. Todo esto ha contribuido para enfocar todos los esfuerzos presentes y futuros con el objeto de mitigar el combustible y mejorar el mantenimiento, y para el desarrollo y modificación de los análisis medioambientales y de planificación en la región del suroeste.

La capacidad de crear modelos, ha permitido además una toma de decisiones de alto nivel y atendiendo a múltiples criterios. Esto se ha conseguido gracias al interfaz GIS y se ha utilizado para evaluar la toma de decisiones y los parámetros mediante el análisis de los datos espaciales y geoespaciales. Se han estudiado los efectos resultantes del estrechamiento de los regímenes de los parámetros del mundo real, y esto teniendo en cuenta múltiples cuestiones relacionadas con la Ley Nacional de Protección del Medioambiente (NEPA), las actividades de extinción de incendios en zonas naturales y otras muchas aplicaciones.

Los esfuerzos de inventariado, control y análisis realizados por la región del suroeste han permitido a los responsables de la ordenación del territorio seguir de cerca los efectos de las alteraciones del paisaje y ajustar las prescripciones en los planes futuros de ordenación del territorio. El registro de las respuestas positivas y negativas a los tratamientos mecánicos y prescritos, validan las actuales estrategias de mitigación del combustible y proporcionan a la agencia un conjunto de datos más completo y actualizado a la hora de evaluar los efectos de las actuales practicas de ordenación del territorio. Esto permite a los responsables de la ordenación territorial ajustar las prescripciones según los datos recopilados por medios científicos y siguiendo protocolos normalizados y técnicas de muestreo modernas. Por otra parte, todo esto ayuda a asegurar el mantenimiento de un ecosistema forestal sano, vibrante y resistente para hoy y para mañana.

Esta página se deja en blanco intencionadamente.

Historial de Incendios en el Bosque Mixto de Pinos y Robles en el Parque Nacional Chipinque, en Monterrey, Nuevo León, México[1]

Marco Aurelio González Tagle,[2] Javier Jiménez Pérez,[2] Klaus von Gadow[3]

Resumen

Los ecosistemas forestales de todo el mundo han evolucionado durante millones de años, con el fuego como agente común de perturbación. La evaluación de los efectos históricos de perturbación en los paisajes puede proporcionar una base importante para la toma de decisiones en la gestión de recursos naturales en relación con la restauración y el mantenimiento de los ecosistemas. No existen hasta la fecha muchas investigaciones en México sobre los patrones históricos de perturbación. También son escasos los estudios locales en la Sierra Madre Oriental, siendo el más importante de 1998, aunque en este caso sólo proporciona información general sobre patrones de perturbación, el impacto ecológico y la dinámica sucesional.

En este trabajo se esudian los diferentes efectos que los incendios forestales tienen en la biodiversidad y los patrones sucesionales, utilizando ejemplos del bosque mixto de la Sierra Madre Oriental, el Parque Ecológico Chipinque al nordeste de México. En este trabajo se ofrece además una síntesis de la historia de los incendios forestales en el Parque Chipinque. Este parque tiene una superficie de 1.624 hectáreas y se encuentra en el municipio de San Pedro Garza García, Nuevo León. Los incendios forestales se han datado desde 1860 en adelante, utilizando las cicatrices dejadas por el fuego en individuos vivos de *Pinus pseudostrobus* y *Pinus teocote*.

Introducción

Los disturbios históricos a lo largo de las comunidades vegetales son materia importante de estudio, porque proveen información necesaria para los objetivos en el manejo y la restauración de ecosistemas (Agee, 1993, Jiménez 1998). Los incendios Forestales son disturbios presentes en los ecosistemas forestales a lo largo del mundo y se presentan también de manera controversial en áreas de manejo y conservación biológica. (Pyne 1996). Para el caso de México los incendios forestales son un fenómeno muy común en áreas naturales protegidas, tales como parques nacionales, reserva de la biosfera (Jardel 2003).

En México un promedio de 8,903 incendios y un promedio de áreas incendiadas de 324,865 ha se registran cada año (CONAFOR, 2003). Las investigaciones acerca

---

[1] Una versión abreviada de esta ponencia se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía de los programs de protección contra incendios forestales: una visión global, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] Alumno de doctorado de la Universidad Georg-August, Göttingen, Alemania. email marco.gonzalez@web.de.

[2] Profesor de la Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Nuevo León, México.

[3] Profesor de la Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Göttingen, Alemania.

de patrones históricos de disturbios son escasas. Hasta ahora se han concluido investigaciones realizadas en la Sierra Madre Oriental, estos estudios fueron realizados en 1998, pero proveen información general sobre patrones de disturbio y sucesión (Jiménez, 1998). Además existe una ausencia de estudios donde se realicen investigaciones sobre frecuencia e historial de incendios.

Los primeros intentos de explicar los efectos ecológicos de incendios se dieron bajo la carencia de datos ecológicos y la descripción en el régimen de incendios en los ecosistemas. Las investigaciones sobre la frecuencia y la época en que ocurren los incendios, se remontan al año de 1940.

La terminología usada en historial de incendios se ha estandarizado a través del tiempo. Dentro de las definiciones empleadas en esta investigación se encuentra *Frecuencia de incendios*, la cual se refiere a la recurrencia de un incendio en una determinada área a través del tiempo. *Intervalo de incendios aritmético,* es el promedio aritmético de todos los intervalos de incendios en un área determinada y en un periodo de tiempo dado.

El *Régimen de incendios* describe los patrones de ocurrencia de incendios y el efecto en el ecosistema. Estos pueden ser también descritos a través de sus características físicas como por ejemplo *Frecuencia de incendios*, *Intervalo medio de incendios*, y sus efectos ecológicos como la influencia en la composición de especies. Existen múltiples métodos para determinar la frecuencia de incendios, para nuestro estudio se utilizó el método denominado MFI *(Mean Fire Interval)*. El concepto abstracto del método es de la siguiente manera: Precisa cuantos años en promedio ocurren entre incendios en un punto determinado del área de estudio.

Objetivo

Los objetivos de la presente investigación son: a) reconstrucción del historial de frecuencia de incendios para la región de la Sierra Madre Oriental, b) documentar los patrones de aparición de incendios en el parque, y c) determinar mediante la frecuencia de incendios, el promedio aritmético en la región y en un período de tiempo determinado (*Mean Fire Interval)*.

Metodología

Área *de estudio*

El área de estudio se encuentra en el Parque Ecológico Chipinque el cual se encuentra localizado en el estado de Nuevo León entre las coordenadas 25^0 33´ y 25^0 35´ Latitud Norte y 100^0 18´ y 100^0 24´ Latitud Este, se ubica en el flanco de la Sierra Madre Oriental.

Muestreo

La determinación de las fechas de incendios se logró al realizar un análisis dendrocronologico. Mediante el cual se generó la base de datos para el historial de incendios. La determinación de los anillos anuales de crecimiento se estableció a partir del método de *Cross dating* (Bergeron, 1989, 1998; Everett, 1998; Stickney 2000). Para detallar la fecha de incendios anteriores se recurrió a muestrear individuos de *Pinus pseudostrobus* y *Pinus teocote* que presentaban cicatrices de

incendios. Se evaluaron diversos parámetros para cuantificar los cambios de vegetación ocurridos en el tiempo en las diferentes áreas incendiadas (diámetro, altura, azimut, largo y ancho de copa).

Resultados y Discusiones

Se estableció una crono-secuencia natural por más de 140 años, la cual se reconstruyo para la comunidad de bosque mixto dentro del Parque Ecológico Chipinque. La crono-secuencia proviene de diferentes áreas incendiadas, se determinaron cinco fechas de incendios, los cuales acontecieron entre los periodos de 1860 a 1998. Dichos eventos lograron establecer y reconstruir el historial de frecuencia de incendios. De acuerdo a los eventos registrados, se calcularón los intervalos de incendios, con los cuales se obtuvo la $MFI = \sum^{n} I_i$ (Mean Fire Interval) para la región, la cual resulto ser de 34.5años. Se calculo WMPI (Weibull Median Probability Interval). Tabla 1

Tabla 1— *Parámetros para la interpretación del modelo MFIM. (Método para definir la media del intervalo de incendios).Weibull Median Probabilitz Interval.*

Parámetros		valor
MFI		34.5
WMPI		37.06

De acuerdo con el valor obtenido de 34.5 la región se clasifica dentro de Incendios Frecuentes severos, (promedio de intervalo de incendios 25-50 años).

Con los datos de la distribución de Weibull a través de la función $\lambda(t) = c * t^{c-1} / b^{c}$ se obtuvo la probabilidad de que en un rodal aparezca un nuevo evento,.La grafica 1 muestra la probabilidad de acuerdo a la una función de Weibull para el Parque Chipinque 1860 -1998.

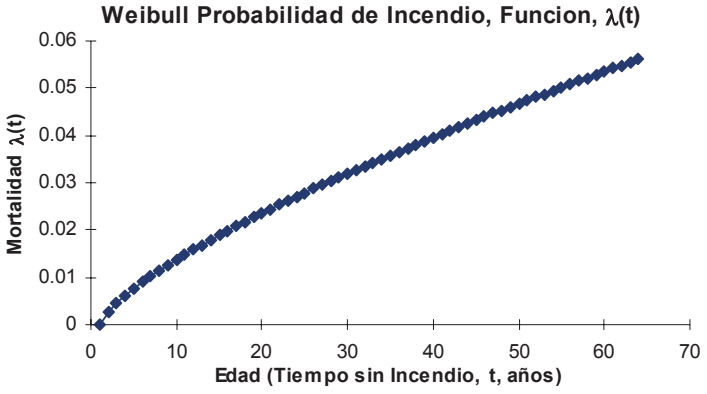


Figura 1— *Probabilidad de incendio de acuerdo a la distribución de Weibull obtenida para el período de 1860 -1998*

Para finalizar, es importante entender los procesos ecológicos implicados en los incendios forestales, para poder integrar los procesos de manejo, conservación de nuestros bosques y especialmente en aquellas que se encuentran dentro del estatus de áreas protegidas.

Referencia Bibliográfica

Agee, J. 1993, Fire Ecology of Pacific Northwest forest, Island Press. 53:75

Bergeron, Y. et. al.; 1998. Variability in Fire Frequency and Forest Composition in Canada's Southeastern Boreal Forest: A challenge for sustainable forest Management

Bergeron, Y. and M. Dubuc. 1989 Succession in the southern part of the Canadian boreal forest, Vegetation 79: 51:63

CONAFOR (Comisión Nacional Forestal, 2003. Reporte semanal de resultados estadísticos y acciones realizadas (1. enero- 31 Jul. 2003)

Everett, 1999, Fire history in the ponderosa pine/Douglas-fir forests on the east slope of the Washington Cascades, Forest Ecology and Management 129(2000) 207-225.

Fall, J. 1998; Reconstructing the historical frequency of Fire: A modeling approach to developing and test methods.

Jiménez, J.; O. Aguirre, 1998. Evaluación de daño de los incendios ocurridos en 1998 en el Parque Ecológico Chipinque, FCF-Parque Chipinque

Stickney, P. and Campbell, 2000, Data Base for early postfire succession in Northern Rocky mountain forest. General technical report RMRS-GTR-61CD

¿Quién Debería Ser Responsable de los Incendios Forestales? Enseñanzas Derivadas de la Experiencia Griega[1]

Gavriil Xanthopoulos [2]

Resumen

Las instituciones responsables de la gestión de los incendios forestales no son las mimas en todos los países. Razones históricas, políticas, socials, financieras y medioambientales han dado lugar a una amplia gama de sistemas de organización de la gestión de incendios forestales. Ante la creciente y cada vez más aparente gravedad del problema, reflejada en temporadas de incendios especialmente calamitosas, con frecuencia se exigen cambios, en una u otra dirección, en la estructura de gestión de incendios de los países afectados. Tras un incendio forestal catastrófico, puede darse una exigencia de cambios radicales, lo que evidentemente puede provocar errores graves. En esta ponencia se describe brevemente el cambio en la organización de gestión de incendios forestales que tuvo lugar en Grecia en 1998. Se utiliza este ejemplo para demostrar los peligros y los problemas y para reflejar la necesidad de criterios objetivos sobre cómo debería organizarse la gestión de incendios en cada país, a la luz de sus características específicas.

Introducción

Las instituciones responsables de la gestión de los incendios forestales, es decir: prevención, planificación de la extinción, extinción y rehabilitación tras el incendio, no son las mismas en todos los países. Razones históricas, políticas, sociales, medioambientales y financieras han dado lugar a una amplia gama de sistemas de organización de la gestión de incendios forestales. Ante la creciente y cada vez más aparente gravedad del problema, reflejada en temporadas de incendios especialmente calamitosas, con frecuencia se exigen cambios, en una u otra dirección, en la estructura de gestión de incendios de los países afectados. Tras un incendio forestal catastrófico pueden exigirse cambios radicales. En esas circunstancias es fácil cometer errores muy graves, especialmente cuando políticos con información insuficiente redactan políticas, legislación o normativas nuevas con prisas y bajo la presión de una opinión pública furiosa y de unos medios de comunicación cuya información deja bastante que desear.

El objetivo de esta ponencia es dar una visión de este problema que pueda ser de utilidad cuando se estén adoptando estas decisiones. Para ello esta ponencia recurre al

[1] Una versión abreviada de esta ponencia se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía de los programs de protección contra incendios forestales: una visión global, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] Research Forest Fire Scientist, National Agricultural Research Foundation, Institute of Mediterranean Forest Ecosystems and Forest Products Technology, Terma Alkmanos, 11528, Athens, Greece.

conocimiento teórico, a la experiencia personal y a ejemplos reales. Concretamente se hace una breve descripción del cambio que se produjo en Grecia en 1998. Se utiliza ese ejemplo para demostrar los peligros y los problemas y para documentar la necesidad de criterios objetivos sobre cómo debe organizarse en un país la gestión de incendios a la luz de sus propias características.

Fundamento teórico

La percepción que prevalece en todo el mundo es que los incendios forestales representan un desastre natural: que son una amenaza para la gente y para el entorno, una fuerza destructora que debe ser sometida. Por lo menos esa es la imagen que transmiten los medios de comunicación, la "verdad" a los ojos de la gente que vive en las ciudades, de quienes tienen viviendas e inversiones que pueden ser destruidos por un incendio forestal. Pero el pastor que enciende un fuego para estimular el crecimiento de nueva vegetación para sus animales, o el agricultor que quema los rastrojos del campo para limpiarlo y plantar una nueva cosecha, no lo ven así. Tampoco lo veían así los indios americanos ni muchas otras culturas de todo el mundo que tradicionalmente utilizaron el fuego durante siglos sin dañar el entorno.

La percepción negativa y el temor ante los incendios forestales fué en parte el resultado del desarrollo de la selvicultura como disciplina científica. Este fenómeno nació en países europeos, como Alemania, donde los bosques tienen mucho fuste, donde la producción de madera es muy abundante y la función natural de los incendios es muy pequeña.

Sólo tras muchos años de supresión del fuego en Estados Unidos, donde poco después del nacimiento de la sevicultura se puso en práctica el control absoluto del fuego mediante "la política de las 10 a.m.", empezaron a hacerse evidentes problemas como la acumulación de combustible, rápido aumento del riesgo de incendio y la distorsión de la vía de reproducción forestal. La selvicultura estadounidense, al igual que su precedente europeo, consideraba que el fuego era una amenaza y trataba de suprimirlo a cualquier precio. Sin embargo, empezando por los sistemas más proclives al incendio, como California, los científicos pronto empezaron a expresar su preocupación sobre los problemas que se estaban generando. A finales de la década de 1960 y en la década de 1970 creció el clamor y gradualmente fueron revisándose las políticas de exclusión del fuego. Numerosos estudios de la historia y la ecología del fuego avalaban esta tendencia al demostrar la función natural del fuego en muchos tipos de ecosistemas forestales. La quema prescrita pasó gradualmente a ser una herramienta de gestión más dirigida a la reducción de la carga de combustible acumulada y a proporcionar soluciones de gestión, tales como mejores condiciones de apacentamiento de ganado, allí donde fuera necesario.

El mensaje se difundió por todo el mundo y los científicos se volvieron más críticos con la exclusión total del fuego. Estaba claro que en aquellos ecosistemas forestales en los que el ritmo de acumulación de biomasa viva a través de la fotosíntesis y de la acumulación de material muerta excediera el ritmo de descomposición de biomasa mediante los procesos de oxidación lentos, (mohos, insectos, bacterias) debido a las características ambientales, el fuego, que es un método de oxidación rápido, se convierte en un elemento necesario para completar el ciclo vital, liberar los nutrientes y el espacio en el que crecer, y devolver al ecosistema al punto de partida. Asimismo muchos científicos se dieron cuenta de que sólo si se eliminaba el exceso de producción de biomasa a través de la gestión de la población forestal ya sea mediante la gestión del combustible, o mediante el

apacentamiento del ganado, podría reducirse o controlarse en número de incendios en los ecosistemas que dependen del fuego.

En las décadas de 1980 y 1990 se estudió detenidamente la ecología del fuego en muchos ecosistemas del mundo. El conocimiento de la función del fuego permite adoptar decisiones más acertadas en la política antiincendios. Así, en la década de 1990 se disponía ya, por lo menos en teoría, del conocimiento y las herramientas necesarias para el desarrollo de nuevas políticas de gestión de incendios que no minusvaloraran la importancia de una gestión forestal bien fundamentada y que incluyera herramientas tales como la quema prescrita.

La situación actual

Desgraciadamente la idea de la exclusión del fuego está demasiado arraigada en las creencias de la gente en todo el mundo. Fuera de los científicos y muchas personas que viven y trabajan en el bosque y en el campo, muchos habitantes de ciudad, entre ellos muchos políticos, sigue viendo el fuego como una fuente de temor, una amenaza. La quema prescrita se ha utilizado bastante en Estados Unidos, pero muy poco en Europa del Sur. La gestión forestal no ha recibido ni la atención ni la financiación que requiere, y en los últimos diez años ha ido cambiando de ministerio (Medioambiente, Agricultura, Economía) y de sistema de organización (de estructuras de arriba abajo a la disgregación en estructuras en ámbitos regionales o municipales). Cuando se producen incendios catastróficos, como los que se han producido a finales de la década de 1990 y comienzo de la década de 2000, la tendencia hacia la supresión ciega del elemento que produce temor (el fuego) se ve con demasiada frecuencia fortalecida en una sociedad que busca la “seguridad". En un mundo que cada vez se dota de fuerzas de seguridad más poderosas (y caras), respaldadas por un armamento poderoso y de alta tecnología, la solución para terminar con el riesgo de incendios forestales es evidente para la gente de la calle: mayor efectividad en la extinción de incendios. Sin embargo este método unidimensional no es ni completo ni razonable. El ejemplo de lo que ha sucedido en Grecia en los últimos años en relación con los incendios forestales puede ser útil para comprender todos los problemas y los riesgos que entraña.

El ejemplo griego

Grecia es un país europeo con una superficie de 130,875 km^2 situado en el extremo inferior de la península balcánica. Aproximadamente un 60% de esta superficie (7.9 millones de ha) es zona forestal. Hay unos 2,5 millones de ha de bosque alto, y el resto es sotobosque perenne y zonas semiforestales (3.2 millones ha) o zonas degradadas con vegetación baja principalmente de arbusto espinoso (phrygana) (1.9 millones de ha). Estas zonas de matorrales y pasto se utilizan sobretodo para el apacentamiento. Menos de la mitad del bosque alto es bosque productor de madera, que crece principalmente en las zonas más altas. El resto es bosque bajo o sotos que producen la mayor parte de la madera para combustible y bosques de pino bajo de escasa producción maderera pero gran valor estético (principalmente *Pinus halepensis* y *Pinus brutia*). El clima de la mayor parte de Grecia es típicamente mediterráneo, con inviernos relativamente suaves y un periodo estival caliente y seco (Xanthopoulos 2000a).

Aproximadamente 2/3 of de toda la superficie forestal es propiedad del estado y su gestión es responsabilidad del Servicio Forestal Griego (SFG) que es una

institución estatal con una larga historia y que realizó importantes tareas en el pasado, especialmente en la era posterior a la segunda guerra mundial, cuando ayudó a desarrollar infraestructuras tales como carreteras y embalses en el campo, proporcionando trabajo y recursos a la población rural. La gestión forestal y a través de ésta la producción de madera, fue una tarea importante del SFG durante la segunda mitad del siglo XX, pero centrada en las zonas montañosas, principalmente en el norte de Grecia, donde crecen los bosques productivos de verdaderos abetos (*Abies sp*.), picea (*Picea abies*), pinos de altura (*Pinus nigra* y Pinus sylvestris), haya (*Fagus sp*.) y roble de hoja perenne (*Quercus sp*.). La mayor parte del bosque de pino bajo no recibía una gestión científica ya que nunca había fondos disponibles. En la práctica los recolectores de resina que explotaban ese bosque aplicaban un programa de gestión, garantizando su regeneración y protegiéndolo.

El crecimiento del turismo que comenzó en 1970, el fuerte crecimiento económico y la mejora del nivel de vida alejaron a los jóvenes de los pueblos y del duro trabajo en los bosques. En 1980, Grecia entró en la Unión Europea. Ésta no tenía subvenciones para los productores de resina. Los bosques bajos de pinos quedaron prácticamente abandonados.

En el mismo periodo empezó a crecer la demanda de segundas viviendas en las zonas costeras para las vacaciones estivales. Esta es una tendencia que persiste hoy, paralelamente al desarrollo de zonas de colindancia urbano/forestal en Ática (la región que rodea Atenas) y en otras zonas en las que la gente trata de evitar los multitudinarios centros de las ciudades. Este crecimiento ha estado muy mal planificado. La inexistencia de un catastro del suelo completa era y sigue siendo un agravante del problema.

A medida que se fue abandonando la gestión de los bosques bajos y con el abandono de los pueblos por parte de los jóvenes a finales de la década de 1970, empezaron a aumentar rápidamente el número de incendios forestales y la superficie quemada anualmente. El SFG que tenía la tarea de protección forestal empezó a adquirir efectivos antiincendios para controlar los incendios forestales. Hacia 1971 se adquirieron los primeros camiones de bomberos especializados y en 1974 empezaron a utilizarse los primeros hidroaviones anfibios CL-215 de Canadair. Gradualmente las oficinas del SFG del sur de Grecia empezaron a dedicarse a la protección antiincendios y a la ocupación ilegal del suelo, un problema más frecuente en el sur, mientras que en el norte de Grecia seguían dedicadas principalmente a la gestión forestal.

En la década de 1980s la superficie quemada anualmente seguía aumentando, superando por dos veces las 100.000 ha (1985 y 1988) (*Fig. 1*). La necesidad de mejorar los mecanismos de lucha contra incendios era evidente, pero las medidas tomadas en esa década fueron lentas y la financiación era limitada. Sin embargo, a partir de 1993 el SFG empezó a organizarse mejor con sólo un incremento marginal de la financiación, aparte de la aportación de 200 todoterrenos con tracción en las cuatro ruedas a la flota de intervención inmediata. Las oficinas locales desarrollaron planes previos a la supresión, se mejoró el centro de coordinación de Atenas, por primera vez se introdujeron helicópteros en la supresión de incendios, y se formó y transportó con helicópteros al personal para la intervención inmediata. Pronto hubo signos de una mejora sustancial en las estadísticas de incendios. Pero entonces llegó 1998.

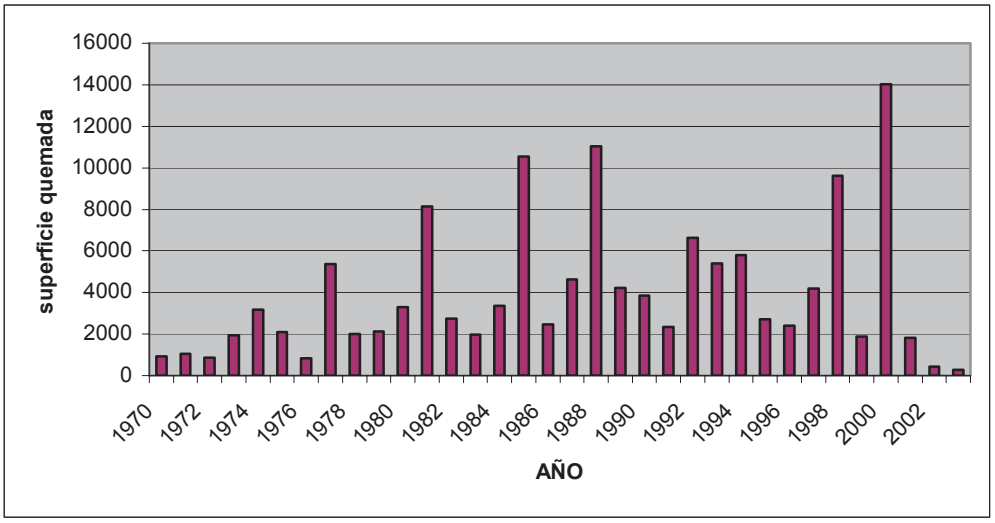


Figura 1—Evolución de la superficie quemada anual de Grecia en el periodo 1970-2003.

Traspaso de responsabilidad de supresión de incendios

La temporada de incendios de 1998 en Grecia fué claramente excepcional y, desde luego, polémica debido a la repentina decision del gobierno griego de transferir la responsabilidad de la gestión de incendios del SFG al Cuerpo de Bomberos. La decisión se adoptó a finales de 1997 y fué principalmente una decisión política provocada por lo que se consideraron malos resultados del Servicio Forestal en los años precedentes sin tomar realmente en consideración todo lo que suponía semejante decisión. De hecho fue una decisión adoptada sin ninguna justificación ni planificación seria. Durante el invierno y la primavera de 1998 hubo muchas voces que avisaron del desastre que se avecinaba, entre ellas las de algunos políticos, personal del Servicio Forestal, muchos profesores de universidad y los pocos expertos en incendios forestales del país, a quienes no se pidió asesoramiento. (Xanthopoulos 1998).

La ley sobre la transferencia de responsabilidad al Cuerpo de Bomberos entró en vigor el 25 de mayo de 1998. Eso dejó muy poco tiempo al Cuerpo de Bomberos para prepararse realmente para enfrentarse al reto, ya que la temporada de incendios empieza a mediados de junio. Al mismo tiempo, se hizo evidente que no se había dispuesto nada para la cooperación entre el personal forestal y el Cuerpo de Bomberos a todos los niveles. Los bomberos, (que en el pasado habían ayudado a combatir incendios forestales principalmente cerca de áreas urbanas y principalmente desde carreteras asfaltadas, sin haber tenido nunca el mando en incendios forestales), creyeron que sabían todo lo que necesitaban saber. La gran diferencia entre los incendios forestales y los otros tipos de incendios para los que habían recibido formación (incendios industriales, de barcos, de casas, etc) no les parecía tal.

Sólo hizo falta que pasara un frente frío y seco el 4 de julio de 1998, acompañado por fortisimos vientos, (7 escala Beaufort), y el cambio de viento típico en esos casos, para demostrar lo inadecuado de la preparación del Cuerpo de Bomberos. El frente llegó tras cuatro días de calma, de baja humedad y de temperaturas extremadamente altas que alcanzaron los 44 grados Celsius en muchas partes del país, entre ellas Atenas. Para sorpresa del cuerpo de bomberos, que no

contaba con un sistema de prediction de peligro de incendio, estallaron más de 100 incendios en una hora en varios puntos del país. Ese día ardieron más de 20.000 Ha de bosque (Xanthopoulos 1999).

Lo que siguió fue un adelanto del resto de la temporada de incendios. El Cuerpo de Bomberos creyó que los incendios eran parte de un plan contra ellos y contra la nueva ley. El personal forestal, por su parte, declaró públicamente que era evidente que el servicio antiincendios era inadecuado. Los medios de comunicación reflejaron y con frecuencia exageraron el desacuerdo. Las relaciones se hicieron muy tensas y la buena cooperación entre los bomberos y los forestales se convirtió en la excepción. Tampoco entonces se tomó ninguna medida correctora.

El resto de la temporada de incendios fue un desastre. Las condiciones eran difíciles pero no extremas, sin embargo la superficie quemada casi alcanzó el máximo histórico. Hubo incluso algunos accidentes mortales, entre ellos la muerte de tres bomberos y un voluntario que estaban traabjando en la extinción de un incendio forestal en una vaguada encajonada sin salida en la montaña Ymettus, a pocos metros de las últimas casas de Atenas el 17 de julio de 1998. Dejaron un camión de bomberos con más de 1,5 ton de agua en un lugar relativamente seguro, correctamente aparcado, y huyeron montaña arriba en el cañón con el fuego tras ellos. El fuego tardó poco en alcanzarles y murieron mientras su camión quedó prácticamente intacto. Los signos de falta de preparación y de experiencia estaban muy claros.

El periodo 1999-2003

Al final de la temporada de incendios de 1998, el gobierno decidió reafirmarse en su decisión. En los años que siguieron ofrecieron mucho apoyo al cuerpo de bomberos: personal adicional, bomberos de temporada, más medios aéreos, aumento de financiación, y lo que es igual de importante: pleno apoyo político. El número de empleados permanentes del cuerpo de bomberos aumentó de 6.500 a unas 11.000 personas, incluidos unos 2.000 bomberos transferidos del SFG. En verano se contrataron unos 5.000 bomberos temporales. El número de camiones de bomberos aumentó hasta más de 1.100. Se añadieron 10 CL-415 Candair a la flota pública de 14 CL-215s. El gobierno permitió además al cuerpo de bomberos que contratara helicópteros privados (lo que no se le había permitido antes al SFG), y le dió la financiación necesaria para que eligiera entre los mayores del mercado. A modo de ejemplo, en 2003 la flota de helicópteros para el verano contaba con tres (3) Erickson S-64 “AirCrane”, cuatro (4) MIL MI-26, tres (3) Kamov-32T, y un (1) MIL MI-14.

El coste anual de la supresión de incendios se multiplicó por tres. Los resultados fueron un poco ambiguos: fueron muy buenos en las temporadas de incendios de 1999, 2001, 2002 y 2003, que fueron relativamente fáciles, pero en el verano de 2000, que fue cálido y seco, la superficie quemada alcanzó un máximo absoluto: >140,000 ha. La explicación es que el ataque inicial masivo desde el aire se ha convertido en el principio básico del procedimiento operativo del Cuerpo de Bomberos. En condiciones “fáciles” todos los incendios se apagan inmediatamente. Sin embargo cuando la demanda excede la capacidad del material aéreo, las fuerzas terrestres no son capaces de controlar los incendios. Por supuesto la formación y la acumulación de experiencia han ido produciendo mejoras en este campo.

Mientras tanto el SFG perdió su cabeza política, la Secretaría General de Bosques y Mediomabiente, convirtiendose en una Dirección General en el Ministerio

de Agricultura. Además se dividió en una estructura regional. Las oficinas regionales pertenecen ahora al Ministerio de "Interior, Administración Pública y Descentralización". La financiación disminuyó y aunque la prevención seguía siendo responsabilidad del SFG, poco puede hacerse sin los fondos apropiados. Abundan los ejemplos: falta de fondos para mantener la red de pistas forestales, abandono del intento de controlar la acumulación de combustible forestal e incluso el abandono de la gestión activa del bosque, excepto en los casos de los bosques más productivos. El personal del SFG en cuyo contrato se había especificado siempre el trabajo adicional durante el verano, ahora puede relajarse y disfrutar sus vacaciones libremente. Hoy muy pocos de ellos querrían volver a involucrarse en la extinción de incendios forestales.

A finales de la década de 1990s se creó una nueva institución política, la Secretaría General para Protección Civil (SGPC). Su misión es coordinar la organización del trabajo de prevención, supresión y el alivio de todos los desastres, ya sean naturales o tecnológicos. El SGPC empezó su actividad real en 2001. En el terreno de los incendios forestales se ha esforzado mucho en conseguir la colaboración del SFG y el Cuerpo de Bomberos, por ejemplo haciendo planes comunes de prevención en el ámbito de la Prefectura, y algo ha ido consiguiendo. Sin embargo, con todo el apoyo politico de que ha gozado el Cuerpo de Bomberos, generalmente no intenta cooperar con las otras instituciones del estado. sino hacerlo todo por si mismo, aunque eso suponga duplicar los medios, el trabajo y el coste.

Peligros y problemas

El ejemplo griego ilustra una serie de peligros y problemas que pueden repetirse fácilmente en ese tipo de situaciones:

- La decisión de transferir la responsabilidad de la extinción de incendios fue claramente política. Fue claramente unilateral, ya que se centraba únicamente en la extinción y no había justificación científica alguna.
- Esto provocó grandes desacuerdos y finalmente el resentimiento por parte del personal del SFG. Gran parte de su potencial productivo, especialmente su conocimiento especializado y su experiencia se ha echado a perder. Esto es especialmente cierto en el caso de los mandos senior officers que habían dedicado gran parte de sus vidas a proteger los bosques de los que eran responsables con pocos medios y poco apoyo.
- Podría argumentarse que los resultados de la extinción de incendios en los tres últimos años ha sido positivo.
- Sin embargo eso podría refutarse: la gran superficie quemada en 1998 y en 2000, que incluía muchas de las zonas forestales más vulnerables, redujo el potencial global de incendio y las temporadas suaves que siguieron, combinadas con el gran fortalecimiento de los medios aéreos pueden estar ocultando carencias que pueden hacerse evidentes dentro de algunos años.
- El coste de la extinción de incendios se ha disparado. Incluso si el Cuerpo de Bomberos ha logrado, o logra en el futuro ser más efectivo en la extinción de incendios que el SFG, se ha logrado con un coste mucho mayor. Nadie sabrá nunca cuánto más eficaz podría haber sido el SFG si

hubiera recibido sólo parte del apoyo político y los fondos que ha recibido el Cuerpo de Bomberos.

- Esta experiencia ha sido un ejemplo práctico de lo poco que entienden los politicos de la gestión forestal y de su impornante función en la prevención de incendios. Sólo les interesan los aspectos "visibles" de los incendios forestales tales como la extinción de incendios y las campañas de prevención dirigidas al público. Tan pronto como se separó la responsabilidad de prevención de la de la extinción, esta última acaparó todo el apoyo y todos los fondos.
- La falta de fondos no ha sido el único obstáculo a que se ha enfrentado la prevención de incendios; tampoco hay una voluntad política ni una mentalidad que favorezca la gestión del fuego dentro del SFG:
    - No se ha trabajado para obtener una legislación o medidas de apoyo a los recolectores de resina, a la población rural, la regulación del pastoreo, un plan nacional de nuevas colindancias urbano/forestales, etc.
    - No se ha considerado el desarrollo de proyectos de quema prescrita para controlar el combustible o para el desarrollo de sistemas prácticos y realistas de pastoreo (para reducir los incendios provocados por pastores y para impedir que se sigan deteriorando los lugares de pastoreo).
    - No se trabaja en la gestión forestal de acuerdo con principios que incorporen el fuego.
    - Se ha trabajado poco en el mantenimiento de pistas forestales y de los cortafuegos.
    - Se ha trabajado poco la reducción de combustible.
    - Participación limitada en el desarrollo de planes de extinción previos.
- A medida que transcurre el tiempo desde que cesó la responsabilidad del SFG sobre los incendios forestales, el conocimiento colectivo y sobretodo la experiencia de la plantilla con incendios forestales se está perdiendo. Eso es malo de cara a una mejor gestión forestal que integre mejor el factor fuego y también de cara a la introducción de la quema prescrita.

Ejemplos de otros países

Grecia no es único en la complicación del reparto de responsabilidades de gestión del fuego. De hecho hay tantos ejemplos de sistemas de organización como países con tendencia a padecer incendios en el mundo. Otros presentarán major que yo la situación en su propio país, así que yo me abstendré de intentarlo. Sin embargo merece la pena señalar que por regla general, los países en los que los incendios forestales no desempeñan una función primordial en la conformación del ecosistema, el Cuerpo de Bomberos es responsable de la extinción de incendios forestales. Muchos países del centro y norte de Europa pertenecen a esta categoría (Alemania, Reino Unido, Irlanda, Suecia…) Lo mismo sucede en Japón (Zorn y otros 2002). Francia es un caso especial, ya que sus bosques no son muy inflammables, a

excepción de los del sur, donde el clima es mediterráneo. Desde mediados de la década de 1980, las autoridades forestales son responsables de la prevención, mientras que la prevención está en manos de la Seguridad Civil, reponsable también de incendios urbanos y todo tipo de desastres.

Tampoco puede decirse que Portugal se un país principalmente mediterráneo debido a la influencia que sobre su clima ejerce el océano atlántico. En la mayor parte del país, la productividad forestal es elevada. A través de la iniciativa privada, se ha reemplazado la mayor parte del bosque nativo de pino por plantaciones de eucalipto, lo que supone un incremento considerable del potencial de incendios. Una tradición de siglos de Servicio antiincendios de voluntarios ha dejado la responsabilidad de toda la lucha antiincendios en manos de esta organización. Las autoridades forestales son las responsables de la prevención de incendios.

A veces se dan diferencias incluso dentro del mismo país. Por ejemplo España está dividida en comunidades con un alto nivel de autonomía. La responsabilidad de la prevención y la extinción de incendios se reparte de maneras muy distintas. En Andalucía, comunidad del sur con elevado riesgo de incendios las autoridades forestales son responsables de la extinción de incendios. Al norte, en la Comunidad de Cataluña, que tiene menos riesgo de incendios pero más bosque, es responsable el cuerpo de Bomberos. La Comunidad de Madrid, donde hay muchas zonas urbanas y los bosques no son tan inflamables como en Andalucía, tiene un modelo mixto, en el que las autoridades forestales no están completamente desligadas de la extinción de incenidos.

Las organizaciones forestales, normalmente en colaboración con las brigades de bomberos municipales, son reponsables de la extinción del fuego en la mayor parte de los países mediterráneos tales como Israel, (Bonneh et al. 2004), Chipre (Hadjikyriakou 2002), y Turquía, mientras que Italia tiene un sistema complejo con la participación de muchas partes, una institución específica para la extinción de incendios forestales (Corpo Forestale) y una Dirección de Protección Civil en Roma que desempeña funciones clave (Fuschetti, 1976). En Estados Unidos, el Sistema Nacional Interagencia de Gestión de Incidentes (NIIMS son sus siglas en inglés) coordina las acciones previas a la extinción y las de extinción de muchas agencias federales de gestión del suelo, de los servicios de bomberos estatales y municipales (Xanthopoulos 2000b).

En Canadá y Rusia, países con grandes extensiones de de bosque y escasa población, las autoridades forestales son responsables del control de incendios forestales. Por otra parte, en la mayor parte de Australia son organizaciones de voluntarios, como el New South Wales Rural Fire Service, las que se enfrentan a todos los incendios, en un intento de conseguir una extinción de incendios efectiva en un país muy grande que tiene áreas de vegetación extremadamente inflamable, pero también una base de contribuyentes relativamente pequeña.

La efectividad de los sistemas mencionados varía. Sin embargo, los incendios grandes parecen se inevitables allí donde se acumula el combustible sin que la gestión forestal se haga cargo y donde las condiciones meteorológicas generan un elevado riesgo de incendio. Cuando se ve afectada la propiedad privada y hay pérdida de vidas humanas, esos incendios grandes pueden convertirse en grandes desastres. La temporada de incendios de 2003 fue muy difícil en el sur de Europa, de Portugal a Italia y Croacia. Al margen de quién fuera responsable de la extinción de incendios, todos esos países sufrieron graves daños. Portugal, con sus problemas de gestión

forestal, y Francia, con sus colindancias urbano/forestales, entre ellas las de infraestructuras turísticas, fueron las más perjudicadas.

Por supuesto hay otras razones de naturaleza social, política o económica, y casos de capacidad insuficiente de los efectivos de extinción de las instituciones responsables, que provocan esas catástrofes en la temporada de incendios en muchos lugares del mundo. Indonesia y la cuenca del Amazonas en Brasil son dos ejemplos. En esos casos, el problema clave no es quién sea responsable de la extinción de incendios. Una gestión forestal que beneficie a los ciudadanos, la educación y la participación del público y una infraestructura e instituciones de lucha contra los incendios básicos son la respuesta.

Criterios sobre cómo debería organizarse la gestión de incendios

A la luz de la información presentada, necesitamos centrarnos en la pregunta clave de esta presentación: ¿Quién debería ser responsable de los incendios forestales? La respuesta en opinión del autor no es sencilla, pero tampoco es difícil. Debería basarse en la constatación de ciertas verdades generales:

- Las instituciones se componen de gente. La gente es la que da valor a un sistema de organización. La extinción de incendios requiere gente dedicada, preparada y con conocimiento. Si un sistema de gestión de incendios funciona con su gente y sus recursos, es una imprudencia cambiarlo radicalmente. Como dicen los americanos: "*if it ain't broken don't fix it*" (Si no está roto, no lo arregles).
- En ciertos entornos la acumulación de combustible hace imposible evitar que se produzcan de vez en cuando incendios catastróficos. La gestión de incendios debe tener en cuenta ese dato y considerar la reducción a largo plazo del daño ocasionado por los incendios
- Copiar los sitemas de gestión de incendios de otros países, incluso los que funcionan, no es necesariamente una buena idea. Las diferencias de las condiciones sociales, ambientales, económicas, el nivel de estudios de la gente, etc pueden llevar a grandes fracasos. Por ejemplo los sistemas de información geográfica (SIG) para la gestión de incendios no son la solución para países en los que los ordenadores no son un elemento habitual en el lugar de trabajo y no se dispone de datos digitales (como DTM).
- En relación con la extinción en sí, cualquier institución bién preparada, bien organizada, equipada y financiada puede llevarla a cabo, siempre que haya adquirido el conocimiento y la experiencia necesarios y se familiarice con el terreno y las condiciones

Dicho todo esto, el problema es alcanzar los objetivos de control de incendios (reducción de la superficie quemada, reducción de las pérdidas por incendio), de un modo rentable, y sin perjuicio de los intereses medioambientales (Xanthopoulos 2004). Las recomendaciones que se detallan a continuación constituyen una base para la valoración inicial de las medidas a tomar:

1. No interferir con un sistema que funciona bien a largo plazo.
2. Considerar si el éxito en el control de incendios de un sistema establecido recientemente (10-20 años) puede mantenerse a largo plazo. La historia de los incendios, la valoración de la acumulación de combustible, la evolución del número de incendios por año, la superficie total quemada, la cifra anual de incendios y las tendencias del coste de la lucha antiincendios son las variables que es imprescindible valorar. Tomar medidas correctoras si es necesario antes de que se agraven los problemas.
3. Si se discute o se presiona (en el ámbito politico o popular) para que se realicen cambios, considérense antes los puntos 1 y 2. El éxito o el fracaso del sistema actual no debe juzgarse independientemente del nivel actual de financiación. Compárese el nivel de financiación en otros países con condiciones similares.
4. Si parece que es necesario realizar cambios, utilícese la tabla que se presenta más adelante (*Tabla 1*) para clasificar el tipo de entorno en el país o región de que se trate de entre los seis tipos "clásicos" reconocidos. Las recomendaciones para cada uno de esos tipos ayudarán a abordar el cambio hacia un Nuevo sistema de organización.
5. Recuérdese que a partir de entonces, se trata de estudiar, hacer tormenta de ideas, buena planificación, contar con la participación de la gente adecuada y dar cuidadosamente los pasos necesarios para establecer el nuevo sistema sin peleas graves por áreas de influencia, inestabilidad o pérdida de recursos potenciales.

Conclusiones

En un mundo en el que cambia la mentalidad, la economía, la tecnología, la estructura social y el entorno (incluido el cambio climático), la cuestión de "Quién debe ser responsable de los incendios forestales" puede plantearse en muchos países del mundo, igual que se ha planteado en Grecia. En esta ponencia se ha utilizado en ejemplo de Grecia para ilustrar algunos de los peligros y de los problemas potenciales. Antes de tomar una decisión sobre la organización de la extinción de incendios forestales debería realizarse un estudio concienzudo y sopesarse ejemplos de otros países. La pregunta no tiene fácil respuesta. Hay criterios y condiciones concretos que deben tomarse en cuenta. Las recomendaciones que se presentan aquí no son la panacea y no hacen un análisis muy profundo. Sin embargo, son un primer paso para tratar de proporcionar una guía, principalmente para quienes tienen que tomar decisiones políticas con un conocimiento limitado de la realidad de los incendios forestales, que les ayude a darse cuenta de la gravedad de sus decisiones y a dar pasos en la dirección adecuada.

Tabla 1—*Recomendaciones sobre quién debería ser responsable de la extinción de incendios según el tipo de entorno..*

Tipo de entorno	Características	Recomendaciones
A	Elevada producción de biomasa, alta velocidad de descomposicón, acumulación de combustible lenta, humedad generalmente elevada (entorno tropical y subtropical). Biomasa en el suelo del bosque, baja.	Demanda de extinción de incendios baja. Puede hacerse cargo el servicio forestal, los servicios de bomberos o los voluntarios. La cooperación entre ellos es útil, pero no crítica.
B	Elevada producción de biomasa, descomposición lenta. Rápida acumulación de combustible. Vegetación muy inflamable, frecuencia elevada de incendios naturales (por ejemplo, chaparral en California, maquis y bosques de Pinus halepensis en el sur de Europa, eucaliptos secos mediterráneos en Australia).	La demanda de extinción de incendios es extrema. La gestión del combustible, incluida la quema prescrita, es esencial, pero sólo puede llevarse a cabo en determinadas zonas. El control del fuego es caro. Es importante la cooperación de todas las organizaciones para mantener los gastos de la lucha contra los incendios en un nivel razonable. Debería considerarse un sistema como NIIMS. La buena planificación, por ejemplo en zonas de colindancia urbano forestal debe extremarse apra reducir los daños ocasionados por aquellos incendios que no logren controlarse.
C	Velocidad media de produccion de biomasa, velocidad de descomposición de biomasa bastante buena, humedad generalmente elevada, como en los bosques templados de hoja caduca, generalmente en zonas altas. Acumulación de biomasa en el suelo del bosque lenta, frecuencia de incendios de baja a media, intensidad de los incendios de baja a media.	La extinción de incendios no es problemática. Puede asignarse a servicios forestales, cuerpos de bomberos municipales o vountarios. La cooperación entre ellos es útil, pero no crítica.
D	Producción de biomasa media, velocidad de descomposición media, como las de los bosque templados de coníferas generalmente en zonas altas. Acumulación de combustible en el suelo del bosque lenta pero la carga de combustible puede llegar a ser bastante elevada. Frecuencia de incendios naturales baja, pero en poblaciones maduras puede darse un comportamiento extremo del fuego.	Existe potencial de incendios forestales grandes en zonas extensas de este tipo de entorno. No es racional mantener un gran mecanismo de extinción. Es mejor desarrollar una buena gestión forestal consciente de la importancia del fuego para controlar la acumulación de combustible. De ese modo tanto las autoridades forestales como los bomberos municipales podrán controlar los incendios. Si se ha producido ya la acumulación de combustible, como en partes de EE.UU., harán falta recursos considerables y buena cpacidad de extinción.
E	Velocidad de producción y descomposición de biomasa lenta, como en los bosques coníferos	De vez en cuando es necesaria la capacidad de extinción de incendios grandes. Es necesaria la gestion forestal

	boreales. Los niveles de acumulación de combustible en el suelo del bosque pueden ser muy elevados. Frecuencia de incendios naturales muy baja, porque la acumulación tarda mucho en producirse y las condiciones de riesgo de incendio son infrecuentes. En poblaciones maduras puede darse un comportamiento extremo del fuego.	allí donde sea viable la producción de madera. Es importante desarrollar una excelente detección de incendios e intervención inmediata, y todavía más un buen conocimiento del del terreno y de las condiciones. Los bomberos municipales no son adecuados para estas tareas y en cualquier caso no hay muchos en este entorno. Lo razonable es recurrir al personal forestal para funciones múltiples.
F	Excelentes combustibles, como en pastizales con poca agua (por ejemplo la savana). Carga de combustible baja, frecuencia de incendios elevada.	Hace falta una capacidad de extinción de incendios limitada. El fuego no es destructor, excepto en el caso de viviendas o ganado, de modo que la planificación es importante. Hace falta contar con una intervención inicial con recursos relativamente ligeros y de rápida movilización. Se puede hacer cargo el personal forestal, los bomberos municipales o voluntarios. En muchos casos la mejor opción son estos últimos coordinados por las autoridades.

Agradecimientos

Esta ponencia surgió y se basa en el trabajo realizado dentro del paquete de trabajo de extinción del proyecto de investigacion de EUFIRELAB, financiado por la Comisión Europea, Dirección General de Investigación, 5º Programa Marco (Contract EVR1-CT-2002-40028).

Referencias

Bonneh, Omri; Ginsberg, Paul; Woodcock, John. 2004. **Integrated Forest Fire Management in Israel A 15 Year Review (1987-2002).** International Forest Fire News (ECE/FAO) 29: 00-00 (en impresión).

Fuschetti, Fernando. 1996. **Forest Fire Control in Italy.** Initial Attack magazine, Bombardier Aerospace. Ejemplar primavera 1996.

Hadjikyriakou, Georgios. 2002. **The Forest Fire Situation in Cyprus.** International Forest Fire News (ECE/FAO) 23: 71-76.

Zorn, Tobias; Nakayama, Kouji; Hashiramoto, Osamu. 2002. **Forest Fire Situation in Japan.** International Forest Fire News (ECE/FAO) 26: 54-60.

Xanthopoulos Gavriil. 1998. **Forest fires in Greece: Past, present and future. Epikentra**. 6: 62-71 (En griego).

Xanthopoulos, Gavriil. 1999. **The 1998 forest fire season in Greece: A forest fire expert's account.** International Forest Fire News (ECE/FAO) 20: 57-60.

Xanthopoulos, Gavriil. 2000a. **Fire situation in Greece.** International Forest Fire News (ECE/FAO) 23: 76-84.

Xanthopoulos, Gavriil. 2000b. **Principles of cooperation between organizations for forest fire defence: The example of the USA.** In: Proceedings of the workshop on "Saving the forests of Attica, an urgent social need"; 1999 January 18; Worker's Center of Athens (EKA), Atenas, Grecia; 176-185 (en Griego).

Xanthopoulos, Gavriil. 2004. **Evaluation of Forest Fire Policy Scenarios as a key element affecting the occurrence and characteristics of fire disasters.** En: Proceedings of the "EU-MEDIN Forum on disaster research. The road to harmonisation"; 2003 mayo 26-27; Tesalónica, Grecia. Editores: A. Avdelas, M. Yeroyanni, K. Fabbri. Comision Europea. (en impresión).

La Defensa contra Incendios Forestales en el Plan Forestal Español[1]

Ricardo Vélez Muñoz[2]

Resumen

El diagnóstico realizado en la Estrategia Forestal Española identifica las causas socioeconómicas que han llevado a la intensificación de los incendios forestales durante las tres últimas décadas. Entre ellas destacan:

El abandono de tierras agrarias

Las políticas económicas que incentivan ese abandono y su ulterior reforestación con el objetivo de reducir los excedentes agrícolas

El mantenimiento de las prácticas tradicionales de quemas agrícolas y de pastos y de basuras

Los conflictos derivados de limitaciones de uso (Espacios Naturales Protegidos), los conflictos de caza, el mercado de trabajo en el propio sector forestal, el proceso generalizado de urbanización del territorio, las venganzas, el vandalismo, etc.

La mala utilización de las áreas forestales por la población urbana, bien como visitantes con fines recreativos, bien por construir residencias secundarias o permanentes.

El número de iniciaciones de fuego muestra tendencia creciente, tanto en España como en los demás países mediterráneos de la Unión Europea.

El grado de eficacia alcanzado por los medios de extinción, reforzados y tecnificados notablemente en los últimos diez años, puede calificarse como alto, como muestra la reducción en el porcentaje de superficie forestal quemada. Esta eficacia ha permitido limitar el impacto del fuego favoreciendo paradójicamente el riesgo de que nuevos fuegos se extiendan por la acumulación de combustibles.

Los problemas y necesidades, detectados ya en la fase de diagnóstico de la Estrategia Forestal Española, se centran fundamentalmente en la identificación de causas, la necesidad de fomentar las actuaciones preventivas, con un especial énfasis en la selvicultura, y el mantenimiento del potencial de extinción. En consecuencia, son tres los objetivos planteados:

Determinación y actuación sobre las causas, tanto inmediatas como estructurales.

Mejora constante de las acciones de prevención con especial énfasis en la selvicultura preventiva y la sensibilización social.

[1] Documento presentado en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía en la defensa contra incendios forestales, 19–22 Abril 2004, Córdoba, España.

[2] Jefe del Área de Defensa contra Incendios Forestales, Ministerio de Medio Ambiente, DGCN, Gran Vía San Francisco4, 28005 Madrid, rvelez@mma.es.

Homogeneización al alza del nivel de eficacia de todas las Administraciones competentes en la extinción.

Las medidas necesarias se detallan agrupadas en tres secciones: Planificación y coordinación, Prevención y Extinción

Como indicador de resultados se ha elegido el "índice de gravedad" anual, calculado como porcentaje de superficie forestal quemada respecto de la forestal nacional.

Como objetivo hasta el 2008 se ha marcado el 0,3 porciento y en 30 años, el 0,2 porciento. Se trata de un objetivo realista ya que en el año 2002 se rebajó el índice de gravedad al 0,39 porciento, lo que contrasta con el 1,6 porciento en 1994 y los índices próximos al 1 porciento que eran habituales en las décadas anteriores.

Introducción

Los incendios forestales influyen adversamente sobre la estabilidad de los ecosistemas forestales, desnudando los suelos y así contribuyendo a acentuar la erosión. Las características climáticas del medio mediterráneo, con prolongadas sequías estivales acompañadas de altas temperaturas y a menudo con fuertes vientos terrales originan un alto grado de sequedad en la vegetación con un elevado riesgo de ignición y propagación en caso de aparecer algún elemento o agente desencadenante.

Durante el último decenio, el número de iniciaciones de fuego muestra tendencia creciente, mientras que la superficie quemada fluctúa notablemente de unos años a otros, según las condiciones de sequía y viento de cada año.

Pese al reducido número de fuegos (0,2 porciento como promedio anual) que se convierten en grandes incendios, superiores a 500 ha, son éstos los que producen más graves impactos ambientales y económicos. En la extensión que alcanzan estos incendios influyen las condiciones climáticas, pero también la continuidad de los combustibles e incluso la aplicación de técnicas de lucha no apropiadas al medio forestal.

Diagnóstico de la situación

El diagnóstico realizado en la Estrategia Forestal Española identifica las causas socioeconómicas que han llevado a la intensificación de los incendios forestales durante las tres últimas décadas. Entre ellas destacan:

El abandono de tierras agrarias, de forma que las tierras abandonadas se ven invadidas naturalmente por especies colonizadoras como pinos y matorrales que forman masas continuas, coetáneas y densas apenas gestionadas, sin interrupciones que frenen al fuego una vez iniciado.

Las políticas económicas que incentivan ese abandono y su ulterior reforestación con el objetivo de reducir los excedentes agrícolas, sin que existan simultáneamente programas de selvicultura preventiva con dotación económica suficiente para actuar sobre las acumulaciones de combustibles que se producen. Estas acumulaciones influyen decisivamente en la extensión que pueden adquirir las superficies quemadas.

El mantenimiento de las prácticas tradicionales de quemas agrícolas y de pastos y de basuras, que se identifican como causa en numerosos incendios intencionados, especialmente en las áreas rurales del Noroeste y del Cantábrico.

Entre otras motivaciones de incendios intencionados pueden citarse además los conflictos derivados de limitaciones de uso (Espacios Naturales Protegidos), los conflictos de caza, el mercado de trabajo en el propio sector forestal, el proceso generalizado de urbanización del territorio, las venganzas, el vandalismo, etc.

La mala utilización de las áreas forestales por la población urbana, bien como visitantes con fines recreativos, bien por construir residencias secundarias o permanentes.

Es importante destacar que el número de incendios atribuidos a causas desconocidas, si bien ha decrecido de forma considerable durante los últimos años debido a la aplicación de técnicas avanzadas de investigación, es todavía muy significativo, en especial en algunas Comunidades Autónomas.

Del análisis de indicadores anexo se deduce que el número de iniciaciones de fuego muestra tendencia creciente, tanto en España como en los demás países mediterráneos de la Unión Europea. Aunque gran parte de estas iniciaciones se quedan en conatos (menos de 1 Ha.), su elevado número compromete los resultados que pueden obtenerse con los medios de extinción, obligando a incrementar continuamente las inversiones en ellos. Dado que los objetivos de la prevención son, entre otros, reducir este número, es evidente que no se ha alcanzado aún la intensidad deseable en las acciones preventivas.

Los indicadores señalan también que el grado de eficacia alcanzado por los medios de extinción, reforzados y tecnificados notablemente en los últimos diez años, puede calificarse como alto, como muestra la reducción en el porcentaje de superficie forestal quemada. Esta eficacia ha permitido limitar el impacto del fuego favoreciendo paradójicamente el riesgo de que nuevos fuegos se extiendan por la acumulación de combustibles.

Sin embargo, la tecnificación de los medios de extinción no ha alcanzado el mismo nivel en todas las CC.AA, por lo que los resultados en cuanto a reducción en el porcentaje de superficie quemada son heterogéneos. Ello ha hecho necesario incrementar el apoyo que presta la Administración General del Estado (Ministerio de Medio Ambiente) en las situaciones más comprometidas, así como a promover la aplicación de nuevas tecnologías, la formación de personal y la investigación de nuevos métodos y materiales.

Objetivos del Plan Forestal Español

Los problemas y necesidades, detectados ya en la fase de diagnóstico de la Estrategia Forestal Española, se centran fundamentalmente en la identificación de causas, la necesidad de fomentar las actuaciones preventivas, con un especial énfasis en la selvicultura, y el mantenimiento del potencial de extinción. En consecuencia, son tres los objetivos planteados:

Determinación y actuación sobre las causas, tanto inmediatas como estructurales.

Mejora constante de las acciones de prevención con especial énfasis en la selvicultura preventiva y la sensibilización social.

Homogeneización al alza del nivel de eficacia de todas las Administraciones competentes en la extinción.

Medidas que componen del Plan

Para desarrollar estos objetivos se proponen las siguientes acciones:

En relación con la planificación y coordinación

- Coordinación de los planes de las CC.AA. y de la Administración General del Estado (AGE) mediante el Comité de Lucha contra Incendios Forestales (CLIF), basada en la distribución del riesgo y en criterios de coste-eficacia.
- Fomento de la comarcalización de la defensa contra incendios forestales mediante redacción y aplicación de planes comarcales de defensa por personal técnico competente con formación específica.
- Seguimiento del peligro de incendios mediante una estadística detallada (Base de datos EGIF), intensificando la aplicación de la teledetección y de las tecnologías SIG para evaluación de daños y determinación de riesgos.
- Extensión de los sistemas de predicción del peligro y del comportamiento del fuego mediante refuerzo de la red meteorológica forestal en coordinación con el Instituto Nacional de Meteorología.
- Revisión periódica de los sistemas de índices de peligro, para su constante adaptación a las condiciones reales de cada zona en particular.
- Fomento de la contratación plurianual por las Administraciones (AGE/CCAA), tanto de personal como de empresas para la defensa contra incendios forestales.
- Coordinación de las contrataciones de servicios y suministros por las Administraciones (AGE/CCAA) para conseguir economías de escala.
- Fomento de la profesionalización del personal que trabaja en la defensa contra incendios forestales mediante un sistema general (AGE/CCAA) de homologación de la formación de dicho personal y su certificación, teniendo en cuenta, además, la experiencia práctica

En relación con la **prevención**

- Mejora de los sistemas de identificación de las causas para reducir el porcentaje de las clasificadas como desconocidas, mediante fomento de los Cursos de formación para agentes forestales y policías y del número de brigadas de investigación que funcionan en varias CC.AA.
- Introducción de normas legales disuasorias del empleo del fuego por intereses económicos y aplicación de las sanciones previstas por la legislación forestal y por el Código Penal.
- Sensibilización de la población para evitar el empleo del fuego en el monte, mediante campañas permanentes y estacionales.

- Evaluación de los posibles efectos no deseados de la aplicación de los sistemas comunitarios de subvenciones a la ganadería extensiva.
- Programa específico de prevención de incendios provocados por las quemas realizadas por agricultores y ganaderos mediante:
    - concienciación directa de la población rural sobre los daños que el fuego causa a su propia economía.
    - organización conjunta de quemas controladas entre la Administración y las asociaciones de agricultores y ganaderos, fomentando el funcionamiento de equipos comarcales de prevención integral.
- Refuerzo de la vigilancia móvil con fines disuasorios, fomentando el equipamiento de patrullas municipales en las zonas de mayor riesgo.
- Fomento de las asociaciones de voluntarios para la vigilancia preventiva.
- Fomento del asociacionismo forestal para la intensificación de la selvicultura preventiva (áreas cortafuegos, diversificación de especies, quemas controladas, etc.) en montes privados y públicos y el fortalecimiento de la infraestructura de protección (puntos de agua, sendas, pequeñas bases aéreas, etc.).
- Subvención de los trabajos de selvicultura e infraestructuras preventivas que realizan las Comunidades Autónomas.
- Desarrollo de normativa de áreas cortafuegos en la interfaz urbana/forestal para la autoprotección de urbanizaciones, incluida en los planes de ordenación urbana.
- Seguimiento de la aplicación del Programa de Forestación de Tierras Agrícolas, para que se realicen las adecuadas labores de selvicultura preventiva.

En relación con el mantenimiento y mejora del nivel de eficacia en la extinción la **extinción**

- Mantenimiento de la flota de aviones anfibios y helicópteros para cobertura aérea general con la colaboración del Ejército del Aire y de la Guardia Civil.
- Mejora de la coordinación para hacer frente a los grandes incendios mediante utilización por todas las Administraciones (CCAA/AGE) de Unidades Aéreas de Coordinación, Unidades Móviles de Meteorología y Transmisiones y Brigadas de refuerzo (BRIF).
- Extensión de los sistemas de toma de decisiones mediante aplicación a territorios concretos de los métodos informáticos de predicción y simulación del comportamiento del fuego y de gestión de medios.

- Mantenimiento del sistema de normalización de materiales y equipos a través del Comité de Lucha contra Incendios Forestales (CLIF), para garantizar la calidad y mejorar las economías de escala de las contrataciones que las distintas Administraciones hacen con sus respectivas dotaciones presupuestarias.
- Complementariedad de los dos sistemas de extinción actualmente en uso, uno basado en los bomberos urbanos y otro en personal rural debidamente especializado, con el fin de aprovechar las ventajas que uno y otro puedan presentar en cada caso.

Indicador general de resultados del Plan contra incendios forestales

Como indicador de resultados se ha elegido el "índice de gravedad" anual, calculado como porcentaje de superficie forestal quemada respecto de la forestal nacional.

Como objetivo hasta el 2008 se ha marcado el 0,3 porciento y en 30 años, el 0,2 porciento. Se trata de un objetivo realista ya que en el año 2002 se rebajó el índice de gravedad al 0,39 porciento, lo que contrasta con el 1,6 porciento en 1994 y los índices próximos al 1 porciento que eran habituales en las décadas anteriores. En 2003, sin embargo, el índice ha vuelto a crecer, superando el 0,5 porciento.

La puesta en marcha del Plan

Aprobado el Plan Forestal Español por el Gobierno en el año 2002, su puesta en marcha precisaba la actualización urgente de la legislación forestal básica, que databa del año 1957 y, aunque técnicamente seguía siendo válida, no se ajustaba a la nueva estructura del Estado ni a los principios vigentes de la Estrategia Forestal.

En 2003 ha concluido la discusión y aprobación parlamentaria de la nueva Ley de Montes cuyo proyecto fue elaborado en el Consejo Nacional de Bosques, con intervención de todas las Administraciones (Estado y Comunidades autónomas), junto a los sectores económicos, profesionales y científicos relacionados con el monte.

Para el conjunto de acciones relacionadas con la defensa contra incendios forestales, se está actualizando el inventario de recursos materiales y económicos, que destina el conjunto de las Administraciones, para identificar deficiencias en dotaciones.

Asimismo la ejecución del Plan requiere ir estableciendo prioridades según las circunstancias lo exijan.

Actualmente, tras la campaña 2003 contra incendios forestales, se han señalado las siguientes:

- La prevención en la interfaz urbano/forestal.
- La coordinación sistematizada de los medios de extinción del conjunto de las Administraciones.
- La certificación y homologación de los sistemas de formación de personal a todos los niveles.

Referencias

Ministerio de Medio Ambiente, 2000.- Estrategia Forestal Española, Madrid.

Misterio de Medio Ambiente, 2002.- Plan Forestal Español, Madrid.

Boletín Oficial del Estado, 2003.- Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes, BOE nº 280, 22-11-2003.

ANEXO

Indicadores de Prevención. Total Nacional: 1991-2000

Número Anual de Siniestros

Entre 1991 y el año 2000, el número de siniestros anual presentó una evolución creciente para el conjunto nacional. Se pasó de casi 14000 siniestros en 1991 a más de 23000 en el año 2000.

Análisis de Causas

En cuanto al porcentaje de siniestros con causa conocida se observó una evolución creciente entre 1991 y 1995, del 62 porciento de 1991 a más del 80 porciento en 1995. A partir de 1996 los porcentajes se estabilizaron en torno al 82 porciento.

En el análisis del porcentaje de siniestros según las causas que los originaron en el decenio 1991-2000, se observa que el 60 porciento se calificaron de intencionadas, con el 47 porciento de la superficie forestal afectada. A esta causa le siguió un 13,7 porciento de siniestros identificado como negligencias, con un 16,9 porciento de superficie forestal afectada. Hubo un 3,9 porciento de siniestros provocado por rayos, que quemaron el 11,2 porciento de la superficie. Hay que destacar en este capítulo que en más de un 19 porciento de los siniestros se desconoce la causa que los produjo (17,6 porciento de la superficie).

Negligencias

En cuanto al tipo de negligencia (13,7 porciento de siniestros entre 1991 y 2000), las quemas agrícolas fueron las que afectaron mayoritariamente, tanto en número (27,3 porciento) como en superficie forestal (18,5 porciento). Un 16,9 porciento fueron por quemas de pastos (13,3 porciento de la superficie), el 11 porciento por quemas de basuras (15,7 porciento de la superficie), un 8,5 porciento provocado por fumadores (13,1 porciento) y un 5,3 porciento por hogueras (12, 8 porciento de la superficie). No hay que olvidar en este aspecto que a un 18,4 porciento del número de siniestros (más de un 21 porciento de la superficie forestal afectada) no se le asignó una negligencia de las tipificadas en los partes de recogida de información.

Incendios Intencionados

De los siniestros intencionados entre 1991 y el año 2000 (60 porciento), el mayor número se produjo en agosto (más de 27000 siniestros), marzo (por encima de los 20000) y septiembre (20000 siniestros). La detección de los siniestros intencionados fue mayor en el periodo entre las 14:00 h y las 19:00 horas, con el máximo a las 16:00 h (más de 10000 siniestros detectados). El desarrollo seguido por el resto de los

siniestros resultó más o menos paralelo para ambos indicadores, con valores más bajos.

En cuanto a las motivaciones, en un 35,9 porciento de los siniestros intencionados se obtuvo esta información. De estos, un 38,5 porciento fue provocado por quema de pastos, un 35,2 porciento por quemas agrícolas y un 12,8 porciento por pirómanos como motivaciones principales.

La distribución anual de los incendios motivados por quema de pastos tuvo su máximo en marzo con más de 240 siniestros.

Indicadores de Extinción. Total Nacional: 1991-2000

Conatos

El porcentaje de conatos (siniestros de superficie < 1 ha) en el primer quinquenio estudiado presentó una tendencia ligeramente descendente, pasando de más del 65 porciento en 1991 al 60 porciento en 1995. En 1996 el valor bajó hasta el 45 porciento y, desde entonces no dejó de aumentar hasta alcanzar de nuevo el 60 porciento en el año 2000.

El porcentaje de conatos nacional en el período de campaña (de 1 de julio a 30 de septiembre anual) superó claramente a los valores observados fuera de campaña (resto del año), mientras que en 1995 los valores se igualaron para ambos períodos (30 porciento).

Superficie Forestal Afectada

El porcentaje de superficie forestal afectada por los incendios durante el primer quinquenio estudiado (1991-1995) fue máximo en 1994 (1,6 porciento), seguido por el valor alcanzado en 1991, casi el 1 porciento. El resto de los años la superficie forestal afectada fue inferior al 0,7 porciento, si bien se observa desde 1996 que la tendencia fue creciente.

Exceptuando 1992, 1995 y 1997, la superficie forestal afectada resultó superior en el periodo de campaña que fuera del mismo. Destacaron los años 1994, durante el que se superaron las 350000 ha y 1991, con más de 210000 ha. En cuanto a la superficie arbolada el comportamiento fue claramente paralelo al descrito para la superficie forestal en su conjunto. Los años más afectados resultaron ser 1994, con 220000 ha aproximadamente y 1991 con 100000 ha. El resto de los años del decenio se quemaron superficies arboladas inferiores a las 48000 ha, tanto en campaña como fuera de ella.

Tiempos de Llegada

La media de partes sin información al respecto en el periodo 1991-2000 fue del 2,8 porciento y el porcentaje consignado como “sin intervención” fue del 7,5 porciento, cifras que se descontaron en los cálculos de estimación de los siguientes indicadores:

Antes de 15 minutos

En cuanto al porcentaje de siniestros con llegada antes de 15 minutos los valores se mantuvieron entre el 50 y el 55 porciento durante los diez años, observándose desde 1996 una tendencia ligeramente en descenso.

Antes de 30 minutos

El porcentaje de siniestros con llegada antes de 30 minutos fue también similar durante los diez años de estudio, con valores en torno al 80 porciento. Igualmente se observa una suave caída desde 1996.

Los valores alcanzados para este indicador en campaña superaron a los obtenidos fuera de la misma entre un 5 y un 10 porciento anual.

Tamaños

El porcentaje de conatos entre los años 1991 y 2000 fue del 60,2 porciento, y la superficie que ocuparon el 1,5 porciento. El 26 porciento fueron siniestros entre 1 y 5 ha, si bien el porcentaje de superficie forestal afectada por estos siniestros fue del 6,4 porciento. Un 12,7 porciento de incendios quemaron entre 5 y 100 ha, lo que se tradujo en el 26,8 porciento de la superficie forestal afectada. Un 20,4 porciento de la superficie forestal quemada se correspondió con el 0,9 porciento del número de incendios entre 100 y 500 ha. Un 8,2 porciento de la superficie forestal pasto de las llamas se relacionó con el 0,1 porciento de incendios entre 500 y 1000 ha. Otro 0,1 porciento fueron los incendios entre 1000 y 5000 ha, que equivalieron al 15,9 porciento de la superficie afectada y finalmente, menos del 0,02 porciento de los incendios fueron mayores de 5000 ha y quemaron el 20,8 porciento del total de superficie afectada.

Sistema de Detección

En cuanto al sistema de detección utilizado, hay que destacar la actuación de los vigilantes fijos a lo largo de todo el período de estudio, con más del 30 porciento de siniestros detectado prácticamente todos los años. Durante los diez años la labor de los agentes forestales en este aspecto se mantuvo entre el 10 y el 15 porciento de siniestros detectados. Porcentajes en torno al 5 porciento se atribuyeron anualmente a la vigilancia móvil. Y finalmente reseñar que a partir de 1998 se consignó la detección por particulares, que superó el 25 porciento en el año 2000. No obstante quedó aún un 20 porciento (año 2000) de siniestros a los que se asignó “otros” como sistemas de detección.

Distribución Anual

La mayor incidencia de siniestros forestales en el conjunto nacional en el decenio 1991-2000, tuvo lugar en los meses de verano, entre junio y octubre. Este hecho fue debido fundamentalmente a la ocurrencia de conatos, casi 30000 en agosto, ya que respecto al número de incendios hubo otro periodo, entre febrero y abril, igualmente destacado. Los meses con más incendios fueron por tanto, marzo y agosto, con aproximadamente 15000 cada uno. Las superficies afectadas, tanto arbolada como desarbolada, fueron máximas en julio (casi 200000 ha no arboladas y 250000 ha arboladas) y agosto (260000 ha desarboladas y 190000 ha arboladas). Siguieron en importancia respecto a las superficies afectadas los meses de septiembre y marzo.

Tipo de Vegetación

En cuanto al tipo de vegetación afectada entre 1991 y el año 2000 destacó una mayoría de siniestros que afectaron anualmente sólo a vegetación desarbolada. A continuación fueron más numerosos los conatos menores de 1000 m^2 y después los siniestros ocurridos sobre vegetación arbolada y desarbolada conjuntamente. Desde 1995, los siniestros menos numerosos fueron los que quemaron sólo vegetación arbolada.

Medios Aéreos

Respecto a la actuación de los medios aéreos, el porcentaje de siniestros con intervención aérea presentó una evolución ligeramente creciente a lo largo de los diez años de estudio, superándose el 18 porciento los últimos años. La intervención de estos medios resultó claramente superior en los meses de campaña que fuera de ellos. Del 16,5 porciento de siniestros en los que intervinieron medios aéreos en el decenio, casi un 59 porciento fue con helicópteros de transporte, un 19,6 porciento con aviones de extinción, un 10,3 porciento con helicópteros de extinción y un 9,7 porciento con aviones anfibios. En un 1,7 porciento hubo aeronave de coordinación y dentro de estos casos, en 38 incendios en 1998, en 77 en 1999 y en 132 incendios el año 2000 intervinieron, al menos, otras cinco aeronaves más.

Europa: Desarrollo y Fuego[1]

Ricardo Vélez Muñoz[2]

Resumen

El riesgo de incendios, concentrado en los países del sur de Europa se ve incrementado por los cambios socioeconómicos de las últimas décadas: Despoblación de las áreas rurales, concentración de la población en las zonas urbanas, cambio en las prioridades de la política forestal. Las grandes inversiones en medios de extinción han producido resultados aceptables hasta ahora. Sin embargo los condicionantes ecológicos, económicos, demográficos y políticos hacen prever situaciones cada vez más difíciles, con grandes incendios más frecuentes. La ayuda multilateral entre países y el desarrollo de una política regional de prevención deben ser en el futuro inmediato los ejes de la cooperación internacional frente a un problema común.

Introducción

Hablar de incendios forestales en Europa es hablar de la Cuenca Mediterránea. Por supuesto, se producen incendios en el Norte y en el Centro de Europa, pero su impacto es muy limitado en comparación con lo que sucede en los países del Sur.

Los incendios en la Cuenca Mediterránea no sólo son consecuencia de largos períodos de sequía, sino que pueden considerarse como un indicador de las diferencias socioeconómicas entre las distintas zonas de la misma y su grado de desarrollo. Los países mediterráneos al norte de la Cuenca (Europa) son los que registran el mayor número de incendios y las más extensas superficies quemadas. Esta tendencia parece que empieza a contagiarse desde el noroeste hacia el este, a los países que tratan de incorporarse al ámbito económico europeo (Croacia, Bulgaria, Rumanía, Turquía, Israel) ¡ El desarrollo les permitirá quizá entrar antes en el "club del fuego" (Portugal, España, Francia, Italia, Grecia)!!!

Los cambios socioeconómicos de las últimas décadas influyen en el riesgo de incendios al incrementar la combustibilidad de los ecosistemas. Los cambios de mayor repercusión son los siguientes:

a) **La despoblación de las áreas rurales** da lugar a un proceso acelerado de abandono de tierras, que son invadidas por la vegetación espontánea con un alto grado de combustibilidad. Además el envejecimiento de la población restante incrementa el riesgo, debido a las quemas tradicionales realizadas por agricultores y pastores para manejar la vegetación

b) **La concentración de la población en las zonas urbanas** va ampliando la interfaz urbano/forestal. Las nuevas residencias, permanentes o secundarias, se ven amenazadas por la espesura creciente en las zonas circundantes.

---

[1] Una versión abreviada de esta ponencia se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía de los programs de protección contra incendios forestales: una visión global, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] Jefe del Área de Defensa contra Incendios Forestales, Ministerio de Medio Ambiente, DGCN, Gran Vía San Francisco4, 28005 Madrid, rvelez@mma.es.

c) **El cambio en las prioridades de la política forestal,** que anteriormente se centraban en la producción de madera y otras materias primas, y que actualmente son la conservación de la Naturaleza, el paisaje, y el recreo. La disminución en las extracciones de madera y leña en algunas zonas incrementa las acumulaciones de biomasa en el monte, con alta combustibilidad.

La reducida frecuencia de incendios en los países del sur y del este de la Cuenca, en los que no se han producido dichos cambios, contrasta fuertemente con el alto riesgo en los países europeos de la misma.

Para hacer frente a dicho riesgo, durante las dos últimas décadas, los países del "club del fuego" han mejorado intensamente sus recursos de extinción con un alto coste económico y resultados aparentemente aceptables. Sin embargo, las posibilidades de seguir realizando grandes inversiones para hacer frente al continuo agravamiento del problema parecen casi agotadas. Por ello la defensa contra incendios forestales precisa nuevos enfoques para mejorar las estrategias de prevención y extinción.

Factores condicionantes de la situación

Factores ecológicos

La meteorología y su modificación por el cambio climático no hacen prever la reducción de los largos períodos de sequía (3 – 6 meses) en los que la inflamabilidad de la vegetación es muy elevada. Además se observa un incremento de la frecuencia de tormentas secas en dichos periodos que, al coincidir con extensas acumulaciones de combustibles ligeros en los campos por el abandono rural, pueden iniciar fuegos de gran intensidad en varias zonas simultáneamente.

Factores económicos

Las zonas forestales de clima mediterráneo tienen una renta económica muy reducida en comparación con cualquier otro sector, debido al lento crecimiento de las especies que las pueblan y a la escasa demanda de los productos que pueden obtenerse, con la excepción del corcho.

Un país como España, cuya superficie forestal ocupa más del 50% del territorio nacional, no obtiene de ella más que el 0,15% del PIB

El escaso valor económico directo disuade las inversiones que podrían mejorar su productividad. En España el Sector forestal supone solamente el 5% del mercado ambiental (ASEMFO 2003).

El riesgo de incendios forestales es además otro factor negativo para la economía. Hasta ahora no ha sido posible establecer y mucho menos consolidar un sistema de seguros contra incendios que faciliten la obtención de créditos y, por tanto, las inversiones.

Lamentablemente los valores ambientales de las áreas forestales no logran atraer capitales en busca de rentabilidad.

Factores demográficos

La Cuenca Mediterránea es una región del Mundo con población en crecimiento. En 1950 llegaba a 225 millones de personas, que pasaron a 450 millones en el año 2000 y que previsiblemente llegarán a 600 millones en 2050 (Plan Bleu 2003). Sin

embargo esa población se va concentrando en las zonas costeras y en algunas aglomeraciones urbanas del interior.

Debido a ello la población urbana para el conjunto de la Cuenca alcanzaba el 60% del total en 1970 y es ya del 70% en 2000.

En los países del norte de la Cuenca esa proporción está ya en el 90%. Es decir las áreas rurales comienzan a estar vacías y, en particular, las forestales de montaña pueden calificarse como desiertas.

Los intensos movimientos migratorios actuales no modifican esta situación, ya que los inmigrantes se concentran en las áreas urbanas y en las zonas agrícolas de alta productividad, es decir, donde hay más oportunidades de empleo.

Como indicador se puede dar el dato de España, donde la población activa rural (número de empleos) en 1988 era de 1.600.000, habiendo descendido en 2002 a 800.000 (ASEMFO 2003)

La desertización de las zonas rurales produce en plazo corto el abandono de tierras y su recuperación por la vegetación espontánea que durante muchos años presentará una combustibilidad alta.

La escasez de población se traduce además en la falta de mano de obra para realizar los trabajos forestales en general y los de defensa contra incendios en particular.

Factores políticos

Lo indicado en los puntos anteriores no describe un panorama muy atractivo para que haya interés político en proteger los montes. Sin embargo la demanda de protección ambiental por la población urbana (la que vota) ha contribuido al establecimiento de programas permanentes de protección como uno más de los servicios que presta el **Estado del Bienestar**

Estos servicios, sin embargo, adolecen de los defectos típicos de dicho enfoque. En primer lugar, se atiende **lo urgente** (la extinción) y apenas quedan recursos para **lo importante** (la prevención)

En segundo lugar, el intervencionismo de las Administraciones genera, por una parte, **pasividad de la población** y, por otra, **exigencia de resultados** imposibles en condiciones extremas de peligro no .bien comprendidas por la población.

Los resultados del trabajo de extinción

Como se ha dicho, la mayor parte de los recursos se concentra en los trabajos de extinción, con el criterio general de que **todos los fuegos deben apagarse.** La política norteamericana de **dejar quemar en algunas zonas (fuego prescrito natural)** no es considerada como posible en ningún caso.

La gran concentración de bienes a proteger en las zonas urbanas, acompañada por el desarrollo de servicios contra incendios en ellas, ha producido en muchos casos la transferencia de las responsabilidades en extinción a dichos servicios, disociándolos de las actividades forestales.

Esa transferencia, al no ir acompañada de una especialización en técnicas forestales, ha dado lugar a períodos más o menos largos de descoordinación y deficientes resultados. Poco a poco, sin embargo, los conceptos de comportamiento del fuego forestal y las técnicas específicas de ataque se van generalizando, junto a una mayor coordinación entre servicios contra incendios y servicios de gestión forestal.

El **principio de extinción integral** y, afortunadamente, la disponibilidad de recursos económicos han permitido mejoras importantes en la formación y

equipamiento del personal, así como la generalización en el empleo de medios aéreos. Cada verano cerca de 400 aeronaves intervienen en la extinción de los incendios forestales en los países mediterráneos europeos.

Los resultados de estos trabajos se presentan a continuación, utilizando como indicador el porcentaje de superficie forestal quemada en la zona de riesgo (superficie forestal nacional de Portugal, España, Sur de Francia, Italia y Grecia).

	Años									
País	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Portugal	2,61	5,73	3,00	1,03	5,35	2,39	5,39	3,78	4,19	15,80
España	1,62	0,53	0,22	0,36	0,49	0,30	0,70	0,34	0,39	0,50
Sur de Francia	0,77	0,34	0,11	0,42	0,38	0,44	0,64	0,54	0,70	2,30
Italia	0,85	0,57	0,72	1,27	1,73	0,77	1,26	0,94	0,50	1,06
Grecia	0,82	0,39	0,36	0,75	1,60	0,27	2,38	0,44	0,09	0,05

Curiosamente estos resultados no van acompañados de evaluaciones de coste/eficacia.

El **principio de extinción integral** citado significa que se acumulan todos los medios disponibles sobre el fuego con el único objetivo de minimizar los daños a cualquier coste, incluso si es superior a aquéllos.

Presupuestos destinados a defensa contra incendios forestales

No existe un banco de datos que permita conocer las inversiones en defensa contra incendios forestales. Puede estimarse, sin embargo, que los cinco países mediterráneos de la UE invierten más de 2.500 millones de euros anualmente en prevención y extinción, de los cuales el 60% se destina a equipo, personal y operaciones de extinción y el resto a trabajos preventivos.

Nuevos y viejos problemas

Las bases de datos de incendios forestales (MMA 2001, CE 2003, ECE/FAO 1998, Vélez 2000) muestran que los incendios forestales son un problema permanente de naturaleza estacional en la región mediterránea.

A pesar de la despoblación rural, la mayoría de los incendios siguen teniendo su origen en las prácticas tradicionales de quema con finalidades agropecuarias (quemas de restos agrícolas, quemas de pastos secos). Los fuegos de invierno en las zonas montañosas (Cantábrico, Pirineos, Alpes) recorren a veces extensas superficies y están obligando a modificar la estrategia de los servicios contra incendios, focalizados en la época de verano, y a disponer de medios movilizables también en invierno.

Una modalidad reciente de los incendios originados por las quemas de pastos tiene su raíz en las subvenciones de la PAC comunitaria para fomentar la economía de montaña: las subvenciones a la ganadería extensiva.

Cuando no hay relación entre la propiedad del ganado y la de la tierra, los encargados del mismo queman sin control para mantener las cabras, ovejas, etc. que generan, además de carne y leche, subvenciones en dinero líquido.

Las acumulaciones de combustibles, que el abandono de tierras produce en grandes extensiones, favorecen los grandes incendios. Además una causa menor hasta hace algunas décadas, como el rayo, puede incrementar sobre esas grandes extensiones la ocurrencia de grandes incendios.

Las trágicas temporadas de 1994 en España y de 2003 en Portugal y Francia fueron causadas principalmente por la conjunción de rayos y acumulaciones extensas de combustibles en los montes.

Intensos efectos erosivos aparecen tras los grandes incendios (Vélez 2000) como era previsible. Es un ejemplo de problema crónico agravado en los últimos tiempos.

Un problema nuevo, cuya presencia se hace más patente en cada nueva época de verano, es el riesgo de incendio en la interfaz urbano/forestal.

Este problema, que era considerado como específico de otras regiones del Mundo (California, Australia), está creando gran preocupación al irse extendiendo las edificaciones por las zonas forestales como residencias tanto permanentes como secundarias, bien en las costas, bien en las montañas con influencia de las grandes ciudades.

Los accidentes con destrucción de casas y víctimas humanas entre residentes se hacen más frecuentes.

Los servicios contra incendios se ven obligados a concentrarse, por ello, en la protección de las viviendas y abandonar la defensa de la vegetación.

La legislación preventiva de este problema no existe o es claramente insuficiente, por lo que es previsible que este problema llegue a alcanzar gravedad catastrófica.

Coordinación internacional

Constitucionalmente la Unión Europea carece de una política forestal, ya que no fue considerada en el Tratado de Roma. Sin embargo, en la última década ha habido algunos movimientos para llenar esta laguna, como la aprobación de una Estrategia forestal por el Parlamento Europeo y la aprobación del Programa de reforestación de tierras agrarias marginales.

Además, desde 1985 hasta 2001 ha funcionado una serie de Reglamentos para la prevención de incendios forestales, dotados con fondos muy reducidos (12 millones de euros anuales en la última década como promedio para distribuir entre 6 países)

Estos Reglamentos han permitido apenas crear una base de datos europea sobre incendios forestales muy limitada y apoyar solo testimonialmente algunas acciones preventivas.

En 2003 se ha aprobado un nuevo Reglamento (Forest Focus 2003) que debe cubrir con 13 millones de euros anuales la Red de seguimiento del estado de los bosques, la base de datos de incendios forestales y algunas medidas preventivas. Todo ello en los 15 estados que forman actualmente la UE más los que entrarán

próximamente. Es decir, que el apoyo de la UE a la prevención de los incendios forestales se ha reducido todavía más.

Es preciso señalar que no hay ninguna contribución comunitaria para las operaciones de extinción. En cambio, existe una larga solidaridad entre países vecinos mediante acuerdos bilaterales de ayuda mutua. (FAO 2000)

En los últimos años, la disponibilidad de medios aéreos ha hecho más frecuentes dichas operaciones, lo que ha mostrado la necesidad de regularlas, actualizando acuerdos y tratando de establecer reglas homogéneas de coordinación, es decir un Sistema de Manejo de Emergencias (SME) regional.

El Comité FAO/Silva Mediterránea está impulsando la elaboración de dichas reglas (Taller Zaragoza 2003).

Perspectivas

Los problemas identificados (capítulo 1) y los factores que condicionan la situación (capítulo 2) no tienen base forestal. El Sector forestal simplemente los sufre y se manifiestan en él con el signo del fuego.

El desarrollo global para el Sector forestal tiene muchas ventajas, pero, a la vez, un gran inconveniente: la mayor frecuencia de incendios devastadores.

Como se ha señalado (capítulo 3), Europa cuenta con una potente infraestructura de extinción y una base de datos aceptable, pero que necesita mejoras importantes en algunos países. Asimismo hay un pequeño grupo de investigadores dedicado a los incendios forestales, aunque la repercusión de sus trabajos en los Servicios operativos es reducida.

La selvicultura preventiva es claramente deficitaria, como lo son los programas de educación ambiental, tanto los dirigidos a la población urbana como a la rural.

Los nuevos problemas en la interfaz urbano/forestal pueden influir para que la sociedad demande mayor atención a la prevención, con acciones efectivas y no solo declaraciones retóricas.

En ello puede influir también la saturación alcanzada con los medios de extinción y su coste, que continúa creciendo. Durante los años 90 los medios aéreos se desarrollaron aprovechando el bajo coste de las aeronaves restringidas de origen militar, tanto de América como de países del Este.

Las nuevas normativas sobre seguridad de aeronaves están obligando a introducir mejoras tecnológicas que favorecen tanto la seguridad como la eficacia, pero que originan costes suplementarios importantes. Ello limitará las posibilidades de ulterior expansión de las flotas de medios aéreos.

Las posibilidades más evidentes de mejorar el sistema sólo pueden encontrarse en una conjunción de acciones preventivas que reduzcan la frecuencia de incendios y limiten la intensidad de los fuegos mediante selvicultura que actúe sobre las acumulaciones de biomasa.

En estas condiciones la mejora de la calidad de los servios de extinción, con personal bien equipado, bien entrenado y bien dirigido, que aplique técnicas específicas de combate del fuego forestal permitirá mantener o mejorar los resultados señalados.

Para esa mejora de los servicios es fundamental mantener un nivel alto de seguridad personal a lo que contribuirá un sistema generalizado de homologación y certificación de personal, que facilitará además las operaciones de ayuda multilateral entre países que, en el ambiente actual de globalización, es previsible que sean cada vez más frecuentes.

Bibliografía

ASEMFO, 2003.- III Estudio de inversión y empleo en el Sector Forestal, Asociación Nacional de Empresas Forestales, Madrid, 68 pp.

Comisión Europea, 2003.- Forest fires in Europe, 2002 fire campaign, Comisión Europea, JRC, Ispra, 33 pp.

Comisión Europea, 2003.- Reglamento (CE) 2152/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo, 17 noviembre 2003, sobre seguimiento de los bosques y de las interacciones ambientales en la Comunidad (Forest Focus), DOUE, 11-12-2003, Bruselas.

ECE/FAO, 1998.- Forest fire statistics 1994-1996, United Nations, Ginebra, 19 pp.

FAO, 2002.- Legal frameworks for forest fire management: International agreements and national legislation, Forestry Department, Roma, 59 pp.

FAO/Silva Mediterranea CIHEAM, 2003.- Workshop on Multilateral Assistance against Forest Fires in the Mediterranean Basin, Zaragoza, edición en CD.

Ministerio de Medio Ambiente 2001.- Los incendios forestales en España. Decenio 1991-2000, DGCN, Madrid, 50 pp.

Plan Bleu, 2002.- Les espaces boisés méditerranéens, Jean de Montgolfier, Plan Bleu, París, 192 pp.

Vélez, R. et al, 2000.- La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y experiencias, Ed. McGraw-Hill, Madrid, pp 2.1-2.8; 3.1-3.15

Esta página se deja en blanco intencionadamente.

Marcos para la Representación de Procesos de Decisión y Resultados en Incendios Grandes[1]

Donald G. MacGregor,[2] Armando González-Cabán[3]

Resumen

Aunque la gran mayoría de los incendios forestales se apagan en el ataque inicial o en el ataque ampliado, en las raras ocasiones en las que los incendios alcanzan dimensiones excepcionales, se producen graves daños a los recursos, un importante impacto financiero y/o la pérdida de vidas humanas. Para realizar una mejor gestión de los incendios grandes y mejorar el control de sus costes y su impacto necesitamos un conocimiento detallado de los procesos de toma de decisiones en funcionamiento en el momento del incidente. Las investigaciones de los incendios realizadas tras el incidente tienden a centrarse sobretodo en las características del incidente y no en el contexto más amplio de toma de decisiones en el que tiene lugar la gestión del incidente. La investigación descrita en esta presentación utiliza métodos analíticos de la ciencia del riesgo y de la ciencia de decisiones para desarrollar un modelo que descomponga y reconstruya los procesos de decisión en incendios grandes; por ejemplo diagramas de influencia, análisis de árbol de decisiones, análisis de utilidad multiatributo (UMA), y otros modelos basados en metodologías de reconstrucción del proceso decisorio. Se desarrolla un modelo preliminar para descomposición y reconstrucción de incidentes basado en un "Modelo Fotograma-Acontecimiento " con el cual se define un conjunto secuencial de "fotogramas acontecimiento" mediante factores temporales y contextuales que permite la representación visual de la descomposición de un incidente. El conjunto de fotogramas acontecimiento descompone el incidente en unidades de análisis discretas que pueden incorporar otros modelos o procesos, (por ejemplo, análisis de decisiones), para describir elementos de decisión en un incendio. La presentación describe el progreso realizado hasta la fecha en la modelización, y hace referencia al intento de aplicar el modelo a un incidente real.

Introducción

Cada año se producen miles de incendios en suelo público. La gran mayoría de dichos incendios se logran apagar en el ataque inicial y alcanzan un tamaño pequeño, normalmente uno o dos acres (algo menos de una hectárea) como mucho. La mayor parte de los incendios que no logran apagarse en el ataque inicial se apagan en el

---

[1] Una versión abreviada de esta ponencia se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía de los programs de protección contra incendios forestales: una visión global, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] Investigador Senior MacGregor-Bates, Inc., P.O. Box 10105, Eugene, OR 97440, Teléfono: 541.942.5727; email: donaldm@epud.net.

[3] Economista con el Programa de investigación y desarrollo del interfaz urbano/Gestión del fuego en las zonas forestales (Fire Management in the Wildland/Urban Interface Research and Development Program) en el Forest Fire Laboratory, Pacific Southwest Research Station, USDA Forest Service, 4955 Canyon Crest Drive, Riverside, CA 92507; Tel.: 909.680.1525; email: agonzalezcaban@fs.fed.us.

ataque ampliado y rara vez superan los 100 o más acres (4 hectáreas). Sin embargo, en una pequeña proporción de los incendios, normalmente menos del uno por ciento, condiciones excepcionales del medioambiente, del combustible o de la capacidad de los recursos pueden desembocar en incendios especialmente grandes o excepcionales que provocan grandes costes monetarios, la pérdida de recursos públicos o privados de gran valor y (en los casos más extremos) la pérdida de vidas humanas. Aunque los incendios grandes son relativamente infrecuentes, suelen provocar un análisis muy detallado tras el incidente para determinar (a) las posibles causas y atribuciones de los catastróficos resultados, y (b) acciones o medidas que pueden tomarse para ayudar a prevenir o mitigar las consecuencias de sucesos similares en el futuro. Es necesario un resumen del incidente en función de las decisiones y los factores de las decisiones que han influido sobre el resultado.

Esta presentación informa del desarrollo de un proceso de análisis de incendios para ayudar a mejorar las prácticas de gestión de incendios. El objetivo de la investigación es el desarrollo de un método para el análisis de incendios en función de los principios de toma de decisiones, y la utilización del leguaje de análisis de riesgo y de decisiones, como base para representar la relación entre la toma de decisiones en la gestión de incendios y los resultados de dichos incidentes. Uno de los conceptos centrales en el análisis de decisiones, la descomposición, es clave en esta forma de trabajo. La esencia de la descomposición es que es posible comprender mejor problemas grandes y complejos si se dividen o "descomponen" en problemas menores y más manejables que pueden resolverse o caracterizarse más detalladamente. A continuación se reconstruyen o montan en un todo los componentes individuales de la descomposición. La descomposición es el principio fundamental sobre el que se basan el análisis de decisiones y riesgos (Frohwein y Lambert 2000; Haimes 1998; Keeney y Raiffa 1976; Raiffa 1968), y se ha aplicado en muchos otros contextos, incluida la previsión de juicio (por ejemplo, Armstrong 2001; MacGregor 2001).

Influencias sociales y de la organización sobre los resultados de las decisiones

El proceso de análisis de incendios a partir de los resultados suele consistir en ir retrocediendo en el tiempo para determinar las causas proximales de los resultados. Generalmente se trabaja con tres categorías generales de factores causales: condiciones medioambientales (por ejemplo el tiempo, el comportamiento del fuego, combustibles), condiciones tecnológicas (por ejemplo fallo de los equipos), o error humano. A medida que se perfilan influencias causales relativamente claras, se va delimitando el análisis y se fija el patrón de causalidad. Este método conlleva suposiciones clave sobre la relación entre los factores del incidente y los resultados del incidente. En primer lugar supone que el peso causal o de diagnóstico de un factor del incidente es mayor cuanto más próximo (en el tiempo y en el espacio) esté de los resultados. En segundo lugar supone que una aproximación "de abajo hacia arriba" captará la mayor parte de las influencias que están presentes en una situación de gestión de un incidente y que explican los resultados de un incidente. En tercer lugar supone que la relación entre los factores del incidente y los resultados del incidente es determinista o estrictamente causal, y no probabilista.

Las influencias fundamentales sobre decisiones en un incidente y los resultados de las decisiones pueden deberse a factores alejados del incidente en el espacio y en

el tiempo. Como ya se ha demostrado en otros contextos, tales como el del fallo tecnológico, los accidentes e incidentes que provocan pérdidas monetarias y materiales, (incluida la pérdida de vidas humanas), pueden derivarse de operaciones "normales", y los antecedentes de los resultados de decisiones sólo pueden comprenderse recurriendo a factores que son parte del contexto social y organizativo en el que se producen los acontecimientos (Perrow 1984). A modo de ilustración, Paté-Cornell (1993; Paté-Cornell 1990) utilizó una combinación de diagramas de influencia y análisis de decisiones para modelizar el fallo de una plataforma de extracción marítima (*Piper Alpha*) en el campo petrolífero del Mar del Norte. Paté-Cornell detectó que el análisis original del fallo del accidente en la plataforma de perforación había estado muy determinado por los factores técnicos y de ingeniería, que tendían a dirigir la investigación hacia la búsqueda de soluciones técnicas al problema. Sin embargo, un análisis más amplio y cuidadoso de la raíz del fallo de ingeniería identificó una serie de decisiones organizativas que influían sobre las probabilidades de fallo sin que ello pudiera desprenderse claramente del estudio exclusivo de los detalles de dicho incidente. A raíz de su análisis se desarrolló un modelo general que descomponía los resultados del incidente en una combinación de factores sociales, organizativos y específicos del incidente.

Hacia un modelo general de descomposición de incidentes

La descomposición de un incendio requiere una estructura directriz que identifique los factores que influyen sobre las decisiones y los resultados. Un marco para llevar a cabo dicha descomposición representa las decisiones en incidentes y las consecuencias como el resultado de factores específicos de un incidente así como factores e influencias presentes en ámbitos más elevados en la organización y en el contexto social. *(fig. 1)*. El marco se compone de múltiples ámbitos de influencia empezando por el ámbito social más amplio que abarca la legislación y los valores (en el modelo S_i). Estas influencias generales son exteriores a la organización pero influyen sobre meta decisiones de la organización (en el modelo O_i) tales como políticas, planes y procedimientos que definen el marco contextual para la estructuración y evaluación de decisiones específicas de un incidente. Estas decisiones específicas de un incidente se presentan en el modelo como un conjunto de alternativas ($A_{i,j}$) asociadas a problemas de decisión que están relacionados con una dimensión temporal asociada al incidente. En el transcurso de un incidente concreto, se presentan una serie de situaciones de decisiones de ese tipo a las que puede darse una ubicación temporal. Asimismo, los resultados y efectos (E_i) derivados de decisiones ante el incidente, también pueden ubicarse temporalmente. En el análisis de un incidente real, los resultados y efectos de las decisiones se relacionan con las decisiones posteriores.

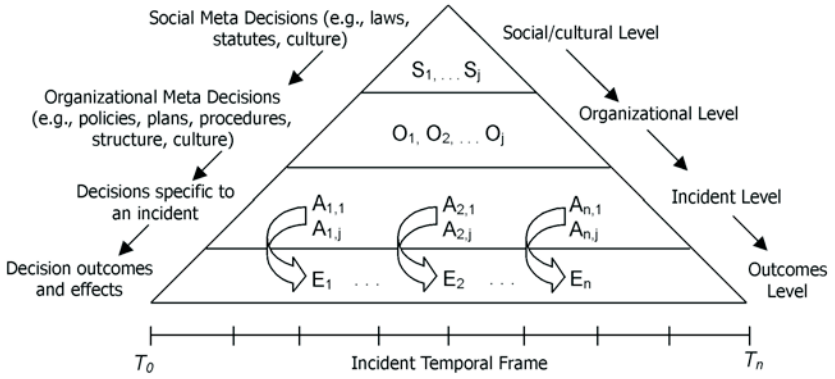


Figura 1 – *Modelo general de descomposición de un incidente. Adaptado de Paté-Cornell (1993).*

Representación de un diagrama de influencias

Los elementos esenciales del modelo pueden representarse en un diagrama de influencia que muestre la relación entre los componentes en cada uno de los niveles. Los diagramas de influencia son una forma de representación visual que muestra relaciones entre componentes de un problema de decisión (por ejemplo Oliver y Smith 1990). Las flechas entre los componentes denotan una *influencia*, y por influencia se entiende conocimiento de la relevancia. No implica necesariamente una relación causal, pero una influencia expresa una fuerza tal que un mayor conocimiento de A afecta directamente lo que creemos o esperamos de B.

El diagrama de influencia de un caso real sería complejo y mostraría no sólo las relaciones entre niveles, sino también las relaciones entre conceptos en cada nivel, así como la relación entre los resultados de los incidentes y los ámbitos sociales y de organización. Un modelo relativamente simple permite ilustrar cómo pueden representarse las relaciones en términos de influencias utilizando algunos elementos generales en cada ámbito *(fig 2)*. Comenzando en la parte inferior del modelo hay una secuencia de acontecimientos importantes del incidente que comienza en el tiempo T_0 y continúa hasta el final del tiempo del incidente en el tiempo T_n, donde n puede variar entre algunos días, semanas o incluso meses dependiendo de la duración del incidente. En el registro superior de la representación está el ámbito Social, con tres componentes: valores públicos/políticos, derecho estatutario y derecho civil. En el centro está el nivel de la organización representado por tres componentes: cultura de la organización, política formal y planes y estrategias.

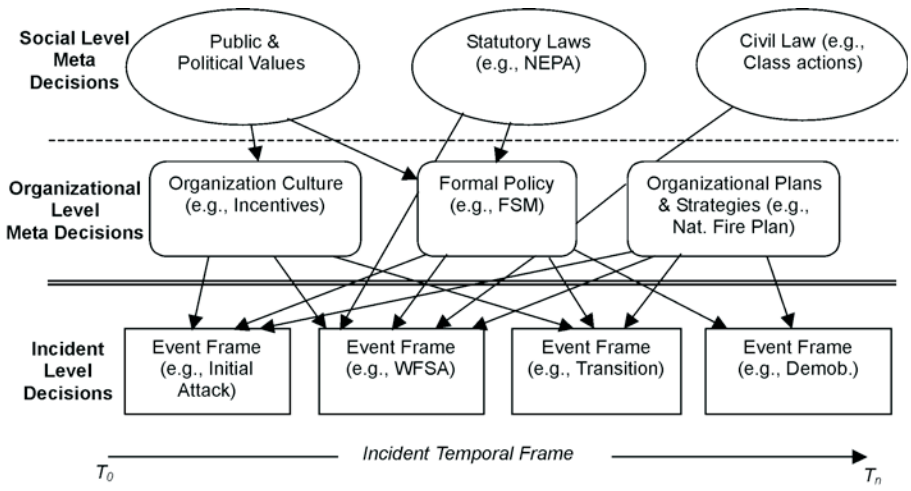


Figura 2 –*Representación mediante diagrama de influencia de un incendio simplificado.*

Decisiones meta sociales

Son las decisiones que se adoptan en el ámbito más amplio de la sociedad y reflejan valores y puntos de vista culturales. Esas decisiones se reflejan en las leyes que gobiernan y guían lo que pueden hacer las organizaciones. Los valores culturales relevantes para esas leyes en lo que atañe al fuego y a su gestión pueden abarcar desde lo más general hasta lo específico. Por ejemplo, los valores sociopolíticos más amplios sobre la función que corresponde al gobierno en la regulación de las organizaciones y de la vida de las personas encarnaría quizá el sentido más amplio de este concepto. Más específico de los incendios y su gestión, los valores sociales sobre el entorno, protección ambiental, la función del fuego en los ecosistemas, etc, influyen también sobre las meta decisiones sociales. Por ejemplo, las distintas leyes federales que protegen los bienes medioambientales (por ejemplo las especies amenazadas y en peligro de extinción, la calidad del aire, la calidad del agua) son el resultado de una combinación de procesos científicos y políticos que se producen en las más altas instancias de la sociedad y reflejan la determinación de que se cumplan objetivos generales (muchos de ellos de protección) en cualquier acción que tenga un impacto sobre el medio ambiente. (por ejemplo NEPA, *National Environmental Policy Act* o la Ley Nacional de Política Medioambiental de 1969).

Dichas influencias pueden considerarse como factores "corriente arriba" que ejercen su influencia de diferentes modos. Pueden adoptar la forma de normas y directrices que las organizaciones están obligadas a cumplir por ley en su funcionamiento habitual. Las normas de calidad del aire, por ejemplo estarían en esta categoría, así como las de la calidad del agua, las leyes para la protección de las especies y las normas de seguridad ocupacional. En algunos casos estas normas y directrices pasan directamente al ámbito de la organización y en otros pueden ser interpretadas e incorporadas a la cultura de la organización. También pueden influir a través de las presiones sociopolíticas que ejercen sobre la toma de decisiones de la organización. Por ejemplo, el imperativo de reducir los costes de los grandes incendios puede reflejar un objetivo sociopolítico relativamente general de reducción de costes, pero sin una regla o guía concreta que identifique ya sea los medios a

utilizar para lograr la reducción de costes o el nivel de reducción de costes que debe alcanzarse.

Otra categoría de influencia en el ámbito social se debe a la postura del público en general sobre factores relacionados con la toma de decisiones en la gestión de los incendios. La postura de la opinión pública sobre los incendios y la gestión de los mismos, incluyendo actividades que influyen sobre la gestión de incendios tales como el uso de la quema prescrita para la gestión de combustibles puede afectar poderosamente el modo en que las organizaciones plantean problemas de decisión y definen las prioridades para las acciones de gestión de incendios. Por ejemplo, el *principio de precaución,* tal y como se aplica a la toma de decisiones para la gestión del riesgo, refleja en términos generales una actitud del público en general que favorece una interpretación conservadora del riesgo y que corresponde a la actitud pública de aversión al riesgo en lo que atañe a consecuencias que se consideran graves o catastróficas (por ejemplo, Graham 2001; MacGregor, Slovic y Malmfors 1999; Sandin 1999; Slovic, 2000). Básicamente el principio de precaución defiende la postura de que "mejor prevenir que curar" que obliga a la acción protectora incluso cuando no es seguro que vaya a producirse ningún daño. Una consecuencia de este principio es una interpretación conservadora de la ciencia por parte de las organizaciones a cargo de la gestión del riesgo: si la ciencia no confirma la presencia de daño, deberán adoptarse medidas protectoras hasta el momento en que la ciencia demuestre lo contrario.

Meta decisiones de las organizaciones

Las decisiones en este ámbito ejercen diversas influencias. Distinguimos tres categorías generales: políticas explícitas de la organización, su cultura y sus planes y estrategias *(fig. 2)*. La cultura de la organización se compone de muchos elementos que no se reflejan aquí, tales como la historia de la organización y sus valores, la estructura de incentivos (tanto explícita como implícita) existente en la organización y que influye sobre las preferencias y decisiones individuales. La política explícita abarca las políticas concretas y los manuales, (por ejemplo, *Forest Service Manual* o Manual del servicio forestal; *Interagency Standards for Fire and Fire Aviation Operations* o Normas relativas a los incendios y a las operaciones de aviación contra incendios), que proporcionan las normas y guías generales, el marco en el que se desarrollan las actividades y operaciones del día a día. Se incluyen aquí las directivas periódicas que pueden subrayar, modificar o ampliar un elemento concreto de la política. Por último, hay un cuerpo relativamente amplio de planes y estrategias de la organización, (por ejemplo, *National Fire Plan* o Plan Nacional del incendios; *Cohesive Strategy* o Estrategia de cohesión), que proporcionan dirección y estrategia para la gestión general.

Decisiones específicas de un incidente

En el ámbito del incidente hay decisiones específicas de la acción de gestión del incendio sobre el terreno, representada como una serie de acontecimientos que a su vez pueden descomponerse para revelar decisiones que subyacen y son específicas de ese acontecimiento *(fig. 2)*. El término "acontecimiento" se utiliza en este contexto para hacer referencia a los componentes de un incendio o incidente que incluyen elementos de juicio y toma de decisiones. Para expresar que los acontecimientos tienen características multidimensionales o multi-atributo utilizamos el concepto de

"Fotograma acontecimiento" (explicado más adelante). Por ejemplo, un fotograma acontecimiento que contenga un WFSA (*Wildland Fire Situation Analysis* o Análisis de situación de incendio forestal) puede descomponerse en una serie de elementos del WFSA concretos, cada uno de los cuales puede estar influido por meta decisiones de ámbito social o de la organización, tales como la Norma de la calidad del aire (ámbito social, ley estatutaria), valores públicos (ámbito social) y cultura de la organización.

Estructura del análisis de un incidente

El proceso de estructuración del análisis de un incidente comienza con la construcción de una serie de fotogramas acontecimiento a lo largo de la dimensión temporal del incidente *(fig. 3)*. El conjunto inicial de fotogramas acontecimiento se basa en la documentación del incidente. Los incendios grandes suelen documentarse en parte mediante el Análisis de la situación de incendio forestal, (o WFSA que corresponde a sus siglas en inglés), y otros documentos de proceso, (por ejemplo, la Delegación de autoridad), que proporcionan una base adecuada y de autoridad para recopilar la información inicial: la situación del fuego al comienzo del incidente, información preliminar sobre los valores en peligro, alternativas estratégicas para la gestión del incendio y otros aspectos de la gestión del suelo que reflejan las prioridades de las decisiones.

El marco general consiste en un conjunto de fotogramas acontecimiento esquemáticos colocados a lo largo de una dimensión temporal que abarca desde el comienzo de un incidente (*Tiempo* = T_0) hasta el final del incidente (Tiempo = T_n). T_0 corresponde a la fecha y la hora en que se encendió el fuego; T_n corresponde a la fecha y la hora en que se declara apagado el incendio. En principio el número de fotogramas acontecimiento discreto es ilimitado. Sin embargo en la práctica el número de fotogramas acontecimiento está determinado por la granularidad del análisis y por factores pragmáticos tales como (a) características del incidente, ya que los incidentes más largos o más complejos requieren un número mayor de fotogramas acontecimiento, y (b) disponibilidad de la información.

Cada fotograma acontecimiento se caracteriza por un conjunto de elementos de fotograma de acontecimiento, entre ellos: (a) valores, fines y objetivos, (b) alternativas a la decisión, (c) resultados esperados asociados a cada alternativa (d) fuentes de incertidumbre, (e) contrapartidas, (f) fuentes de riesgo, y (g) costes. Entre los métodos para la representación de estos elementos están los árboles de valor multiatributo y los árboles de decisión. Los riesgos asociados a cada árbol de acontecimiento pueden representarse mediante un modelo de valoración de riesgo que caracterice el riesgo en función de: (a) acontecimientos o escenarios que pueden producirse, (b) la probabilidad de que se produzca cada uno d ellos, y (c) las consecuencias asociadas al hecho de que se produzcan, (por ejemplo, Haimes, 1998; Kaplan y Garrick 1981). Este método podría desarrollarse más utilizando el modelo de la teoría de estructuración de escenarios (*Theory of Scenario Structuring, TSS*)de Kaplan Garrick, (por ejemplo, Kaplan, Haimes y Garrick 2001). En la práctica, la medida en que pueden utilizarse métodos más sofisticados para analizar cada fotograma acontecimiento viene marcada por el valor de un mayor detalle o rigor analíticos y por la disponibilidad de la información.

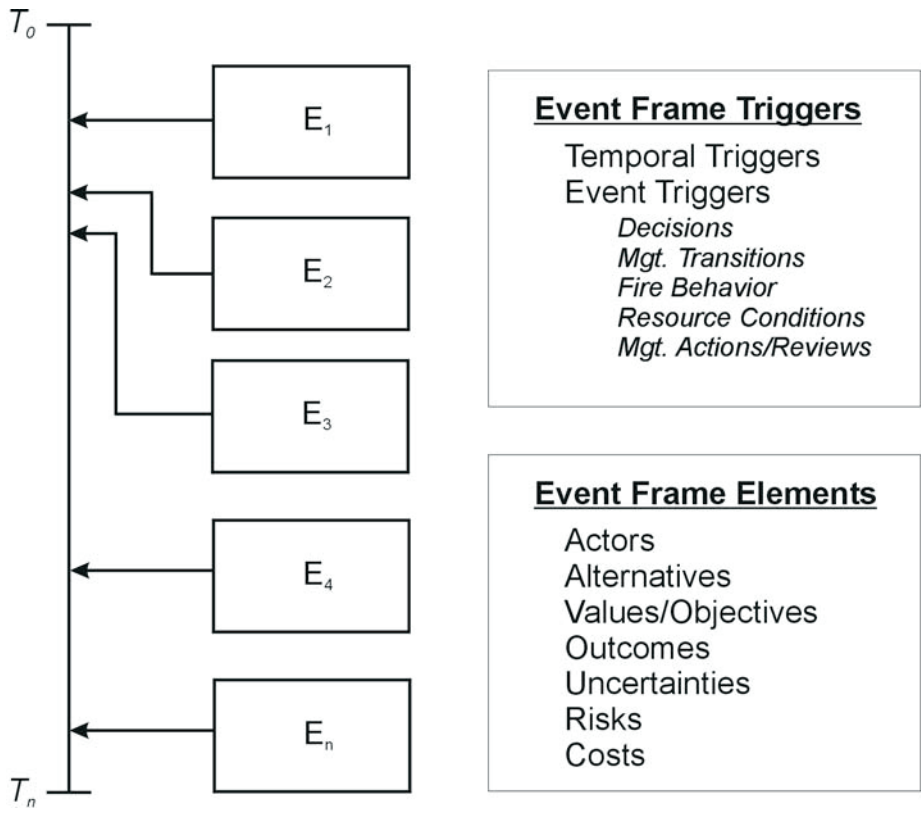


Figura 3 – *Estructura general del modelo de fotograma acontecimiento.*

Fuentes de información: Documentación de incidentes.

La información primaria para el análisis del incidente procede de documentos que se producen en el transcurso de un incidente. La documentación del incidente proporciona la base para la construcción inicial de un modelo fotograma acontecimiento. La documentación estándar de un incendio grande en las diferentes agencias federales de incendios forestales en Estados Unidos incluye:

- Análisis de situación de incendio *Fire Situation Analysis (FSA*)
- Documentos de instrucciones
- Análisis de situación de incendio forestal *Wildland Fire Situation Analysis (WFSA)*
- Análisis de complejidad del incidente *Incident Complexity Analysis (ICA*)
- Delegación de autoridad
- Planes de turnos
- Planes de transición
- Informe final del incendio (por ejemplo, FS 5100-29)

El Análisis de Situación de Incendio forestal, (WFSA), por ejemplo, se desarrolla al comienzo del incidente y se actualiza continuamente (y en algunos casos

se repite) como parte de la gestión del incidente. El WFSA proporciona información primaria sobre objetivos de gestión de suelo y valores en peligro, alternativas estratégicas para la gestión del incendio y cálculos preliminares de los costes de extinción del fuego y pérdidas monetizadas de la base de recursos. Los elementos de coste monetario se revisan y actualizan periódicamente, y proporcionan la base para un conjunto de fotogramas acontecimiento que relacionan directamente los costes del incidente con los valores en peligro..

También se obtiene información de los planes periódicos y los documentos generados como parte de la gestión del incidente, entre ellos los planes de turnos y los planes de transición. Los planes de turnos pueden utilizarse para estructurar un proceso de protocolo a través del cuál se reconstruyen decisiones del incidente según (a) alternativas tácticas y la alternativa elegida (b) objetivos de control del incidente, (c) preocupación por recursos críticos y valores en peligro, (d) asignación de recursos y asignación de personal de la organización. Los planes de turnos indican la dirección táctica elegida, pero no indican otras alternativas tácticas que puedan haberse considerado, ni indican los resultados que se esperan y en función de los que se evalúan los resultados. La estructura del problema de decisión (parcialmente) implícita en la dirección táctica de los planes de turnos debe complementarse con entrevistas para obtener una representación de la estructura más completa.

Fuentes de información: Protocolo de reconstrucción del proceso de decisión (PRPD).

La documentación del incidente proporciona un medio eficiente para identificar los parámetros clave de las decisiones del incidente, incluida la estructuración de los problemas de decisión. Información adicional sobre cómo se toman realmente las decisiones sólo puede obtenerse en contacto directo con el personal de gestión de incendios. Para obtener esta información es necesario desarrollar un Protocolo de reconstrucción del proceso de decisión (PRPD) que constituye una guía de entrevista para trabajar con el personal de gestión de incendios en la reconstrucción de las decisiones del incidente. El marco para el PRPD procede de la documentación del incidente estructurada según el modelo de fotograma acontecimiento descrito anteriormente. El PSPD proporciona un modo de identificar un número de factores relacionados con el incidente, entre ellos:

- Influencias sobre los procesos de decisión durante el incidente;
- estructuración del problema de decisión por parte del personal de gestión de incendios;
- Valores en peligro u objetivos no explícitos en la documentación del incidente;
- preferencias individuales de riesgo que influyen sobre las decisiones del incidente;
- Patrón de utilización de la información;
- Protocolos de comunicación que influyen sobre las decisiones del incidente.

Caso práctico: incendio de Fork.

Actualmente se está realizando un caso práctico que ilustra la aplicación de la metodología del fotograma acontecimiento. El propósito del caso práctico es demostrar cómo puede obtenerse y representarse la estructura de decisión de un incidente utilizando el modelo y los métodos descritos en esta presentación. El caso seleccionado, (el incendio de *Fork*) es un incendio que tuvo lugar en verano de 1996 en el Bosque Nacional de Mendocino (*Mendocino National Forest* -Región se Servicio Forestal *USDA 5*, Zona Norte de California). El incidente comenzó el 11 de agosto de 1996 y continuó durante aproximadamente 18 días, quemando un total de 82.980 acres (más de 33.000 hectáreas). Se eligió este caso debido a su tamaño y complejidad, así como por la disponibilidad de la documentación del incidente y el acceso al personal de gestión de incendios que participó en el incidente.

Se ha construido un modelo preliminar de acontecimientos basado en el Análisis de situación de incendio forestal. (WFSA) realizado durante el incidente, los planes periódicos tácticos y objetivos del incidente, y el informe final del incendio. Actualmente se está utilizando el modelo de acontecimiento para desarrollar un protocolo para la entrevista del personal de gestión de incendios y para identificar documentación adicional del incidente que pueda necesitarse.

Agradecimientos

Investigación realizada con el apoyo del *USDA Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Research Joint Venture Agreement* No. 02-JV-11272165-040 con MacGregor-Bates, Inc. Especial agradecimiento a Ray Quintanar y Carl Dammann por su preciosa ayuda en la interpretación de la documentación de incidentes. Los consejos y la supervisión de James Flynn y Bruce Tonn nos ayudaron en la redacción de esta presentación.

Referencias

Armstrong, J. S. (ed.). 2001. **Principles of forecasting: A handbook for researchers and practitioners.** Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers.

Frohwein, H. I., & Lambert, J. H. 2000. **Risk of extreme events in multiobjective decision trees Part 1. Severe events.** Risk Analysis, 20:113-123.

Graham, J. D. 2001. **Decision-analytic refinements of the precautionary principle.** Journal of Risk Research, 4:127-141.

Haimes, Y. Y. 1998. **Risk modeling, assessment, and management.** Nueva York: Wiley.

Kaplan, S., & Garrick, B. J. 1981. **On the quantitative definition of risk.** Risk Analysis, 17:407-417.

Kaplan, S., Haimes, Y. Y., & Garrick, B. J. 2001. **Fitting hierarchical holographic modeling into the theory of scenario structuring and a resulting refinement to the quantitative definition of risk.** Risk Analysis, 21:807-819.

Keeney, R. L., & Raiffa, H. 1976. **Decisions with multiple objectives: Preferences and value tradeoffs.** Nueva York: John Wiley &Sons.

MacGregor, D. G., 2001. **Decomposition for judgmental forecasting and estimation.** In J. S. Armstrong (ed.). ***Principles of forecasting: A handbook for researchers and practitioners.*** Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers.

MacGregor, D. G., Slovic, P., Malmfors, T. 1999. **"How exposed is exposed enough?" Lay inferences about chemical exposure**. Risk Analysis, 4:649-659.

Oliver, R. M., & Smith, J. Q. (eds.). 1990. ***Influence diagrams, belief nets, and decision analysis*.** New York: Wiley.

Paté-Cornell, M. E. 1990. **Organizational aspects of engineering systems safety The case of offshore platforms.** Science, 250:1210-1217.

Paté-Cornell, M. E. 1993. **Learning from the Piper Alpha accident: A postmortem analysis of technical and organizational factors.** Risk Analysis, 13:215-232.

Perrow, C. 1984. **Normal accidents**. New York: Basic Books.

Raiffa, H. 1968. **Decision analysis**. Reading, MA: Addison-Wesley.

Sandin, P. 1999. **Dimensions of the precautionary principle.** Human and Ecological Risk Assessment, 5:889-907

Slovic, P. 2000. **Perception of risk**. London: Earthscan.

Esta página se deja en blanco intencionadamente.

Utilidad de SIG para Comprobar la Relación Entre la Disposición a Pagar del Propietario de la Vivienda y las Características del Entorno[1]

Pamela Kaval,[2] John Loomis[3]

Resumen

Evaluamos si las variables de riesgo de incendio forestal calculadas mediante el Sistema de Información Geográfica (GIS) influyen sobre la disposición a pagar de los propietarios de vivienda en colindancia urbano forestal. Concretamente utilizamos la modelización espacial para calcular el riesgo estimado de incendio de viviendas en Colorado y seguidamente introducimos esas variables en nuestro modelo logit de disposición a pagar de los hogares. Al incluir las variables espaciales en los modelos, encontramos que el tener un área no inflamable de 10 metros y un elevado riesgo de incendio a 100 metros de distancia o menos del hogar tenía una influencia estadísticamente significativa en la disposición a pagar por prevención de incendios. En cuanto a la extinción, la media ponderada de peligro de incendio en una milla (1,609 km) a la redonda de la vivienda era la variable espacial que tenía una influencia sobre la disposición a pagar. El poder explicativo de los modelos logit era notablemente superior una vez incluidas las variables de riesgo de incendio.

Introducción

Las características del entorno, tales como el tipo de vegetación, tienen una gran influencia sobre el comportamiento de los incendios forestales. Este estudio se diseñó con el objetivo de comprender mejor la influencia de las características del entorno sobre la percepción del riesgo de incendio por parte del propietario de la vivienda y su disposición a pagar por dos tipos de prácticas de gestión de incendios forestales: prevención de incendios y extinción de incendios. La prevención de incendios consiste en desbrozar el sotobosque y talar algunos árboles para aclarear el bosque y reducir la probabilidad de que se produzca un incendio grande. La extinción de incendios conlleva tener más efectivos para lucha contra incendios en la proximidad de las zonas con tendencia a padecerlos. El objetivo de los efectivos de extinción es apagar todos los conatos de incendio inmediatamente, antes de que tengan oportunidad de extenderse.

Debido al aumento del riesgo, el coste de la gestión de incendios se ha incrementado considerablemente en los últimos años (Ingalsbee, 2003). El aumento de los costes se debe entre otras cosas al gasto en helicópteros, combustible, salarios del personal y los costes cada vez mayores de la prevención y extinción de incendios.

---

[1] Una versión resumida de esta ponencia se presentó en el segundo simposio sobre políticas, planificación y economía en la defensa contra los incendios forestales (*Second International Symposium on Fire Economics, Planning and Policy: A Global View*). 19–22 Abril 2004. Córdoba, España.

[2] Investigador (*research fellow*), Departmento de Económicas, Waikato Management School, The University of Waikato, Private Bag 3105, Hamilton, Nueva Zelanda.

[3] Profesor, Departmento de economía agrícola y de los recursos, Colorado State University, Fort Collins, CO 80523.

En los últimos tiempos la opinión pública se ha convertido en un elemento a tener en cuenta en los criterios de decisión para la ordenación del territorio federal. Puesto que la opinión pública sobre gestión de incendios está adquiriendo mucha importancia, esta ponencia se centrará en cómo percibe el público que deberían gestionarse los incendios. El público que estudiamos son los propietarios de viviendas que viven a pocas millas de suelo público (colindancia urbano forestal) que corren el riesgo de que los incendios forestales dañen su propiedad.

Peligro de incendio forestal en el hogar y prevención Wildfire Home Danger and Prevention

La población de colindancia urbano forestal es cada vez mayor. El aumento del número de casas aumenta la probabilidad de que una de ellas sea arrasada por un incendio forestal. En la colindancia urbano forestal, el fuego prende en una casa de dos maneras, ignición por llamas de incendio forestal o ignición por una brasa ardiendo transportada por el viento, lo que denominamos fuente de ignición (Cohen, 2001). Para reducir la probabilidad de que se prenda una casa deben establecerse áreas no inflamables.

Un área no inflamable es una "superficie designada alrededor de una casa que se mantiene deliberadamente libre de cualquier característica que aumente la probabilidad de daño por incendio forestal (WHIMS, 2002; Larimer County, 2002).” Como ya se ha indicado, contar con un área no inflamable no garantiza que el fuego no destruya la propiedad, pero sí reduce considerablemente esa probabilidad. El área no inflamable debería ser de 100 metros a la redonda de la casa, pero muchos estudios demuestran que 30 metros a la redonda es apropiado. En esa zona no inflamable debe regarse el césped y mantenerse libre de material inflamable o hierba cortada. Se retirará cualquier tipo de desecho que pueda caer en el tejado o canalones, se pondrán rejillas en los conductos de ventilación y chimeneas, se almacenarán los tanques de gas y propano por lo menos a 9 metros de la casa, se retirarán las ramas caídas y los matorrales muertos y se podarán los árboles de modo que ninguna rama quede por debajo de los 2 metros de altura. En resumen, debe retirarse de la zona todo el material inflamable. Eso reducirá considerablemente la probabilidad de que arda la vivienda (WHIMS, 2002; Larimer County, 2002; Vicars, 1999; Alexander et al., 1998)

Se ha constatado que, de los hogares que se vieron atrapados en el incendio de 2002 de Colorado Missionary Ridge, todos aquellos que mantenían áreas no inflamables se salvaron (Binkley, 2003). También se salvaron algunos de los hogares afectados por el incendio de Hayman en 2002. Aunque se ha demostrado que el mantener un área no inflamable salva hogares del fuego, el área no inflamable no es obligatoria en la mayor parte de Colorado. De los cuatro condados afectados por el incendio Hayman, Teller, Park, y Douglas no tienen normativa relativa al área no inflamable por riesgo de incendio en zona de colindancia urbano forestal. El condado de Jefferson tiene una normativa, pero sólo para viviendas construidas después de 1996 (Cohen y Stratton, 2003).

Zona de riesgo de incendio

Aunque el área no inflamable reduce la probabilidad de que arda la vivienda, no es un determinante del incendio forestal; es necesario ser consciente del riesgo de incendio de la zona en que se encuentra la vivienda. Del estudio de varios modelos se desprende que la variable más importante a la hora de determinar el riesgo de

incendio es la vegetación dominante. El tipo de vegetación tiene un impacto significativo en la probabilidad de que se produzca un incendio. Los modelos de combustible vegetal varían considerablemente y por lo tanto algunos modelos son más inflamables que otros. Por ejemplo los bosques densos de coníferas reúnen las condiciones ideales para un incendio de copas. Sin embargo, es improbable que se produzca un incendio de copas en un bosque deciduo.

En 2001, Romme et al. crearon un modelo de riesgo de incendio forestal para el condado de La Plata en Colorado. Utilizando clasificaciones de vegetación, fueron capaces de determinar tres parámetros que parecían ser clave en el comportamiento del fuego: liberación total de calor, velocidad de propagación del fuego y longitud de la llama. Utilizaron el SIG con el modelo de comportamiento del fuego "Behave" para crear una valoración del riesgo de incendio y un mapa. (Romme et al., 2001).

Fuego, economía y el SIG

En esta ponencia combinamos información de tres disciplinas: ecología del fuego, economía de recursos y modelización espacial. Aunque se han realizado muchos estudios en cada una de las disciplinas y combinando dos de ellas, no hay tantos que combinen las tres.

Si hablamos de combinar los incendios forestales, la economía e información del SIG, hay sólo dos personas que han realizado investigación de estas características: Jeremy Fried y Greg Winter. Su investigación plantea la hipótesis de que las personas que viven en zonas donde se producen incendios forestales con frecuencia estarían dispuestas a pagar para reducir el riesgo de incendio forestal. Se localizó a los participantes potenciales utilizando un programa de SIG para crear una zona tampón de 100 millas cuadradas alrededor del centro de una zona de bosque de pino de Banks conocida por sus frecuentes incendios. Los hogares de los participantes potenciales estaban todos en esta zona tampón (Winter y Fried, 2001; Fried et al., 1999; Winter y Fried, 2000). Se pensaba que había tres maneras en que las personas que vivían en esa zona tampón de 100 millas podían reducir el riesgo de que se quemara su casa: segando el área no inflamable de 30 pies (9 m) alrededor de su casa con frecuencia, retirando todos lo desechos, como montones de maleza, de la zona no inflamable y talando todos los pinos banksianos próximos a su casa. Se procedió a hablar a los encuestados sobre las tácticas reductoras del riesgo de incendio forestal. A continuación se les preguntó qué probabilidad creían que había de que se produjera un incendio en la vecindad y la probabilidad de que se les quemara la casa. Fried y Winter utilizaron esas dos probabilidades para calcular el riesgo de incendio. Entonces se preguntó a los encuestados si estarían dispuestos a pagar por una y/o dos de las reducciones del riesgo. (Winter y Fried, 2001; Fried et al., 1999; Winter y Fried, 2000).

Una vez obtenida la información, utilizaron un modelo logit para calcular la disposición a pagar. Entre las variables que utilizaron estaban: nivel inicial de riesgo, riesgo percibido y tolerancia a los impuestos sobre la propiedad. Los resultados demostraron que el nivel inicial de riesgo, el riesgo percibido y la tolerancia a los impuestos sobre la propiedad tenían una influencia significativa en la disposición a pagar de un encuestado. Los resultados globales mostraron que los encuestados preferían reducir ellos mismos el riesgo de su propiedad a asumir un aumento de los impuestos anuales para que alguien lo hiciera por ellos (Fried et al., 1995; Winter y Fried, 2001; Fried et al., 1999; Winter y Fried, 2000).

Métodos

En este proyecto probamos la hipótesis de que la disposición a pagar (DAP) de un propietario de vivienda para reducir el riesgo de incendio está directamente relacionada con el peligro de incendio de la zona en la que vive el propietario:

DAP para reducir incendio = f (peligro incendio zona)

En la que el riesgo de incendio consiste tanto en el peligro percibido como el real.

Para probar la hipótesis eran necesarios tres elementos principales: (a) encuesta sobre el riesgo de incendio percibido; (b) preguntas de valoración contingente para determinar la disposición a pagar; (c) modelización espacial para determinar el riesgo real u objetivo de incendio.

Encuesta de valoración contingente

El método de valoración contingente es un método con el que se define el valor de bienes ajenos al mercado midiendo la disposición a pagar de una persona (Hanemann, 1994). El Panel Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (*National Oceanic and Atmospheric Administration Panel*, NOAA) ha recomendado la valoración contingente como método legítimo para la valoración de bienes ajenos al mercado (Arrow et al., 1993). La información suele recopilarse mediante encuestas personales, telefónicas o por correo (Hanemann, 1994).

Se redactó una encuesta por correo mediante una serie de estudios de mercado y se puso a prueba. La encuesta se realizó el verano de 2001 para obtener información de valoración de contingente. La encuesta tenía ocho páginas de preguntas y dos fotos a color, (bosque de abetos Douglas en Colorado un año después de una quema prescrita y bosque de abetos Douglas en Colorado después de un incendio forestal), que se insertaron en la encuesta para su uso con alguna de las preguntas. Las preguntas de la encuesta incluían datos demográficos, disposición a pagar por distintas quemas prescritas, y otras preguntas relacionadas con lo que siente la gente sobre incendios forestales, quemas prescritas y la extinción de incendios.

Se contactó a los encuestados de modo aleatorio durante el verano de 2001 con números de teléfono del listín telefónico. Se seleccionaron nombres de distintas poblaciones de Colorado que lindan con territorio público. En este estudio se utilizaron los datos de 73 encuestados. Los participantes eran de Leadville, Nederland, Rollinsville, Estes Park, Masonville, y Red Feather Lakes.

Aunque muchas de las preguntas de la encuesta se referían la opinión del propietario, las preguntas concretas en las que nos centraremos son:

> "P11a. Si la prevención de incendios redujera la frecuencia de incendios forestales en la zona donde vive a la mitad, ¿pagaría Vd. un aumento de __$ más al año en impuestos para prevención de incendios cada año?
>
> "P11b. Si la extinción de incendios redujera la frecuencia de incendios forestales en la zona donde vive a la mitad, ¿pagaría Vd. un aumento de __$ más al año en impuestos para extinción de incendios cada año?

En los espacios en blanco (___$) se pusieron en cada encuesta valores que iban desde 5$ hasta 1500$. Aunque el importe en dólares era distinto entre los participantes, los valores para la pregunta de disposición a

pagar en la misma encuesta eran iguales. Las respuestas si/no a esas preguntas de disposición a pagar son las variables dependientes que utilizaremos en los modelos de regresión logística.

Las variables independientes que utilizaremos incluyen dos variables de riesgo percibido de incendio obtenidas con las siguientes preguntas:

> "P3. ¿Le preocupa que un incendio en territorio público ponga en peligro su hogar?
> (Rodee uno) Si No"
> "P 7. Eche un vistazo a la fotografía del incendio forestal. En su opinión ¿con qué frecuencia se produce un incendio forestal como el que se muestra en la fotografía del incendio forestal en la zona en la que vive? Por ejemplo, cada 5 años, cada 10 años, dos veces al año, etc. Frecuencia incendio_____."

Modelización espacial

En este proyecto hemos utilizado el programa de SIG ArcMap, para realizar el análisis espacial de los datos. Este proceso consiste en cuatro capas de mapa: vegetación, ubicación de las viviendas, pendiente y ubicaciones de los incendios. El primer conjunto de datos es la capa de vegetación, un mapa detallado de la cubierta de todo Colorado. El mapa de vegetación de Colorado (CoVMap) lo realizaron David Thoebald Nate Peterson y Bill Romme en la Colorado State University. En este momento CoVMap es el mejor mapa de vegetación de Colorado disponible ya que refleja la altitud, precipitación, pendiente, aspecto, las eco-regiones de Bailey y tipo de suelo. Se cotejaron los tipos de vegetación con los tipos de vegetación del condado de la Plata de Romme et al., 2001 para determinar el riesgo de incendio. El uso de SIG y Behave (un modelo de comportamiento del fuego) ayudó a Romme a calcular la liberación de calor (BTU/pie^2), velocidad de propagación (cadenas por hora, una cadena son 66 pies), y longitud de la llama en pies. Utilizamos la liberación media de calor, la velocidad de propagación media y la longitud media de la llama de cada una de las categorías de combustible.

La segunda capa del modelo espacial son la ubicaciones de viviendas. para obtener la mejor información disponible, se visitaron todos los hogares encuestados y se registraron las coordenadas UTM. En esa visita se observó si había un área no inflamable de 9 metros (aproximadamente 30 pies) y la vegetación existente. De los 99 casos en los que se recogieron datos, sólo 73 hogares pudieron ser digitalizados en ArcMap. Veintisiete no pudieron localizarse en el mapa ya que la información de contacto eran apartados de correos y por lo tanto no se disponía de la ubicación de los hogares. De las 73 viviendas, 23 tenían, bien el área no inflamable adecuada y/o se encontraban en una zona del centro de la ciudad sin riesgo de incendio. Esta información se introdujo en la base de datos en la que "1 = mínimo de 30 pies (9m) de área no inflamable" y "0 = área no inflamable insuficiente para proteger la vivienda de un incendio forestal." Una vez obtenida la información UTM para los 73 hogares, se introdujeron las ubicaciones de las viviendas en una base de datos Excel. Seguidamente se salvó la base de datos con formato de fichero dBaseIV y se añadió a ArcMap.

La siguiente capa de datos era la pendiente. Ésta se calculó a partir del Modelo de Altitud Digital de Colorado (*Colorado Digital Elevation Model*, DEM) (USGS, 2001). La última capa de datos consistía en superponer los incendios forestales desde

2000 en un mapa del condado de Colorado. Se ubicaron las viviendas en un mapa del condado y se realizó un análisis de proximidad. Los cuatro ficheros de formato *shapefile* (un formato de ficheros del SIG) de incendios forestales de Colorado representaban los incendios de Bobcat Gulch, High Meadow, Bircher, y Pony.

Combinación de las variables espaciales y la encuesta en un modelo empírico

Creamos una zona tampón de 100 metros (328 pies) alrededor de cada estructura de vivienda. Ésa es la superficie de área no inflamable recomendada. Como los incendios forestales pueden propagarse hasta zonas muy alejadas del punto en el que se inician, consideramos no sólo el riesgo de incendio de la zona más próxima, sino también de los alrededores. Esta segunda zona tenía un radio de una milla (1,609 km).

El análisis de las dos zonas tampón proporciona información sobre el tipo de vegetación y cuánta vegetación de cada tipo hay en la zona tampón de cada vivienda. Una vez obtenida esa información, pudimos cotejarla con la liberación de calor, la longitud de la llama y la propagación del fuego de Romme para determinar el peligro potencial de incendio. Primero la cotejamos con el riesgo de incendio de la zona más próxima (tampón de 100 metros). Obtuvimos tres variables Calor100, (liberación de calor media en el tampón de 100 metros), propagación100, (potencial de propagación media en la zona tampón de 100 metros); Llama100, (longitud media de la llama en la zona tampón de 100 metros.

A continuación emprendimos la tarea más compleja de determinar el riesgo de la zona de los alrededores. Utilizamos el procedimiento EucDistance junto con la información de la vegetación para crear una media ponderada de riesgo de incendio. Para conseguirlo, dimos una mayor ponderación a la zona de mayor proximidad a la vivienda que a la zona más alejada. Tal y como sugiere Theobald, una distancia 0 se ponderaría como 1; 402 metros (¼ milla) como 0,75; 804 metros (½ milla) como 0,5; y 1.609 metros (1 milla) como 0,25 (Theobald, 2003). Para este estudio, la distancia 0 era la zona tampón de 100 metros. Obtuvimos así tres medias ponderadas de riesgo de incendio en un radio de una milla alrededor de los puntos de ubicación de viviendas. Calmed, (media ponderada del calor), Propmed, (media ponderada de propagación), Llamamed, (media ponderada de llama).

La siguiente capa de datos a considerar era la pendiente. La pendiente se calculó en porcentaje a partir del DEM (modelo de altitud digital) de Colorado. (USGS, 2001). Los puntos de ubicación de las viviendas se superpusieron sobre el mapa de pendiente. Seguidamente se calculó la pendiente media para la zona tampón de una milla utilizando el mismo procedimiento que para la estimación ponderada de la vegetación en la zona tampón de una milla (1,609 km).

Una vez calculadas todas las variables espaciales, pudimos desarrollar los modelos empíricos de disposición a pagar. La hipótesis es que la disposición de los propietarios de las viviendas para reducir los incendios forestales está relacionada con el peligro percibido y el peligro real del área en la que viven. El modelo comprende los datos derivados del análisis espacial, los datos de la encuesta y el valor calculado de las variables. Para probar la hipótesis utilizaremos un modelo logístico dependiente binario. El modelo logístico es el más adecuado ya que la variable dependiente es binaria, de modo "1 = el encuestado está dispuesto a pagar por la actividad" y "0 = el encuestado no está dispuesto a pagar."

Se estimaron cuatro modelos de regresión logísticos: los dos primeros representaban la disposición a pagar utilizando únicamente las variables del riesgo percibido y los otros dos representaban la disposición a pagar y el riesgo real de incendio calculado mediante el SIG. Las dos variables de disposición a pagar son: disposición a pagar por extinción de incendios (DAPEI) y disposición a pagar por prevención de incendios (DAPPI). Esas dos variables dependientes se codificaron de manera que "1= si, están dispuestos a pagar," y "0= no, no están dispuestos a pagar." Las variables independientes son:

Precio: el importe en dólares que se le pide que pague al propietario de la vivienda.

Peligro: si el propietario percibe que hay probabilidades de que se prenda su vivienda, 1= si; 0= no.

Frec: frecuencia percibida de incendios forestales, una vez cada 10 años se representa =10, etc

Distincen: Distancia en metros estimada mediante SIG desde la ubicación de la vivienda hasta el límite del incendio más próximo en 2000.

Areanoinfl: Si la vivienda tiene 9 metros de área no inflamable, de manera que 1= si, 0=no.

Calor100, Propag100, Llama100, Calormed, Propagmed, Llamamed.

Pendiente: Media ponderada del coeficiente de la pendiente en una milla (1,609 km) a la redonda de la vivienda.

Suponemos que el coeficiente del precio será negativo porque a medida que aumenta el importe del precio, el encuestado estará menos dispuesto a pagar. Esperamos que a medida que aumente la distancia al incendio más próximo, el encuestado estará menos dispuesto a pagar, por lo tanto esperamos un coeficiente negativo. Se espera que el coeficiente de la frecuencia o del intervalo entre incendios sea negativo, a medida que aumenta el tiempo entre dos incendios, se espera que el encuestado esté menos dispuesto a pagar. Esperamos que el coeficiente del Peligro sea positivo, ya que si el propietario percibe más peligro, será más probable que esté dispuesto a pagar. Esperamos que los coeficientes de Calor100, Propag100, Flame100, Calormed, Propagmed y Llamamed sean todos positivos, ya que a medida que aumenta el riesgo de incendio en la zona más próxima y los alrededores, aumenta la probabilidad de que el encuestado esté dispuesto a pagar por la gestión de incendios. También esperamos que el coeficiente de la pendiente sea positivo, porque a medida que aumenta la pendiente, aumenta el riesgo de incendio y por lo tanto el encuestado debería estar más dispuesto a pagar por la gestión de los incendios.

Antes de realizar las regresiones, comprobamos la correlación de las variables. Muchas tenían correlaciones elevadas, por lo tanto no las utilizaremos todas en el mismo modelo. Las dos variables con una correlación más elevada eran Llamamed y Calormed (0,8799) y Llama100 y Calor100 (0,8799).

Resultados

Para la primera parte se utilizaron dos modelos logit usando sólo el riesgo percibido, uno para cada DAP, la DAP por prevención de incendios y la DAP por extinción de incendios (Ecuación 1, Ecuación 2). Encontramos que la percepción por parte del encuestado de que su vivienda está en peligro o que no lo está, influye sobre la probabilidad de que esté dispuesto a pagar por prevención y extinción de incendios.

La frecuencia percibida o intervalo entre incendios es negativa, como se esperaba, pero insignificante. Nótese que un asterisco indica significación al nivel de 5%.

Ecuación 1:

DAP prevención incendios = 0,945C – 0,004Precio** + 1,353Peligro** – 0.018Frec
(Estadística Z) (1,497) (-2,018) (2,017) (-1,174)

Ecuación 2:

DAP extinción incendios = 0,251C – 0,002Precio* + 1,173Peligro* – 0,007Frec
(Estadística Z) (0,432) (-1,656) (1,927) (-0,460)

El siguiente conjunto de regresiones logísticas representa no sólo el peligro percibido declarado por los encuestados, sino también la estimación del peligro de incendio real calculado utilizando los modelos espaciales. Como cada variable influía sobre las distintas recomendaciones de gestión de incendios, presentaremos los mejores modelos de cada una de los métodos de gestión (Ecuación 3, Ecuación 4).

Ecuación 3:

DAP prevención de incendios =
-0,686C – 0,004Precio** + 0,919Peligro – 0,026Frec + 1,458Areanoinfl* + 0,002Heat100*
(-0,675) (-2,263) (1,185) (-1,383) (1,665) (1,630)

Ecuación 4:

DAP extinción incendios =
-2,142C – 0,003Precio* + 0,480Peligro – 0,013Frec + 0,227Areanoinfl + 0,008Calormed**
(-1,719) (-1,782) (0,681) (-0,711) (0,354) (2,216)

En el modelo de prevención de incendios encontramos que si el encuestado tiene una área no inflamable alrededor de su casa, tienen una mayor disposición a pagar por la prevención de incendios. Asimismo encontramos que si el aumenta el calor medio en 100 metros alrededor de la casa, el encuestado estará más dispuesto a pagar por prevención de incendios. En cuanto a la disposición a pagar por extinción de incendios, encontramos que el encuestado está más dispuesto a pagar si aumenta la media ponderada de calor en una milla (1,609 km) alrededor de la casa.

Como la interpretación del coeficiente en el modelo logit puede ser difícil, hemos convertido los coeficientes en valores de disposición a pagar. Para convertir los coeficientes logit en valores de disposición a pagar, se dividieron los coeficientes por todos los valores salvo el importe del precio, por el valor absoluto del coeficiente del precio. En el modelo del riesgo percibido, el encuestado aumentará su disposición a pagar por prevención de incendios en 338,25$ anuales si percibe que su vivienda está en peligro de incendio forestal. Cuando se incluyen las variables espaciales en la prevención encontramos que el encuestado aumentará su disposición a pagar en 364,50$ si su vivienda tiene una área no inflamable. También encontramos que el encuestado aumentará su disposición a pagar en 0,50$ por unidad de valor de calor (BTU/pie^2) si aumenta el valor medio del calor en la zona de 100 metros que rodea su casa.

Para el modelo de riesgo percibido de disposición a pagar por extinción de incendios, encontramos que el encuestado está dispuesto a pagar 586,50$ más si siente que su hogar está en peligro de arder en un incendio forestal. En el modelo con las variables espaciales, encontramos que el encuestado aumentará su disposición a

pagar en 2,64$ por unidad de valor (BTU/pie^2) si aumenta la media ponderada del incendio de fuego calor en la zona de una milla (1,609) alrededor de su vivienda.

Conclusión

Se realizó una encuesta para ver si los propietarios de viviendas de Colorado que viven en un radio de 10 millas (16 km) de distancia al territorio público pagarían por la prevención y extinción de incendios. Se determinó que los encuestados tenderían a pagar por ambos sistemas de gestión de incendios según su percepción del peligro de incendio. Ampliamos este modelo añadiendo medidas objetivas del riesgo de incendio calculado a partir de capas de modelización espacial. Utilizando datos del SIG calculamos una medida objetiva del riesgo de incendio. Concretamente medimos la distancia entre los incendios y los hogares de los encuestados. Seguidamente calculamos el peligro de incendio en la zona inmediatamente adyacente a la vivienda, 100 metros, y se calculó también la media ponderada de peligro de incendio en un radio de una milla (1,609 km) alrededor de la vivienda. Asimismo se calculó la pendiente media ponderada. Esta información nos permitió calcular el peligro de incendio potencial a que se enfrentaba cada uno de los propietarios de viviendas en nuestra muestra. El cálculo del riesgo de incendio junto a los cálculos sobre el terreno del área no inflamable y las respuestas a la encuesta nos permitieron desarrollar un modelo logit más completo de disposición a pagar.

En los modelos de riesgo percibido encontramos que el hecho de que el encuestado sienta que su vivienda está en peligro afecta de modo significativo a su disposición a pagar por prevención y extinción de incendios. Para el modelo completo, incluidas las variables espaciales, encontramos que anto el área no inflamable como el valor de calor del incendio forestal tienen un efecto sobre la disposición a pagar por prevención de incendios. En cuanto a la extinción de incendios, la media ponderada del valor del calor para la zona tiene influencia sobre la disposición a pagar. En conjunto, la inclusión de las variables del entorno que reflejan medidas objetivas del riesgo de incendio aumentaron el poder explicativo de los modelos logit de disposición a pagar en un tercio en el caso del programa de prevención y casi el doble en el caso del programa de extinción. Eso sugiere que las características del entorno pueden ser variables de alto poder explicativo en los de disposición a pagar por la proteción de los recursos naturales.

Referencias

Alexander, M.E., B.J. Stocks, B.M. Wotton, M.D. Flannigan, J.B. Todd, B.W. Butler, y R.A. Lanoville. 1998. The International Crown Fire Modeling Experiment: An Overview and Progress Report. In: Proceedings of the second symposium on fire and forest meteorology; January 12-14, 1998. Phoenix, AZ. Boston, MA: American Meteorological Society, pp. 20-23.

Arrow, K., R. Solow, P. Portney, E. Leamer, R. Radner, y H. Schuman. 1993. Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation. Federal Register 58. 1993: pp. 4601-4614.

Binkley, Gail. 2003. Dolores Area Landowners Learn About Defensible Space. Community wildfire information series. http://www.southwestcoloradofires.org/articles/article28.htm

Cohen, Jack D. 2001. Wildland-Urban Fire - A Different Approach. www.firelab.com. Fire Sciences Lab, Missoula, MT.

Cohen, Jack and Rick Stratton. 2003. Interim Hayman fire Case Study Analysis: Home Destruction Within the Hayman Fire Perimeter. http://www.fs.fed.us/rm/hayman_fire/text/04cohen/04cohen.html

Fried, Jeremy, Greg Winter, y Keith Gilless. 1999. Assessing the Benefits of Reducing Fire Risk in the Wildland-Urban Interface: A Contingent Valuation Approach. International Journal of Wildland Fire. 9(1):9-20.

Fried, Jeremy, Susan Stewart, y J. Keith Gilless. 1995. Objectives Setting in the Wildland Fire System: What Do the Customers Think? Proceedings of the 1994 Symposium on Systems Analysis in Forest Resources: management systems for a global economy with global resource concerns. Asilomar Conference Center, Pacific Grove, California. September 6-9, 1994. Corvallis, OR: Society of American Foresters: Oregon State University. p. 150-160.

Hanemann, W. Michael. 1994. Valuing the Environment through Contingent Valuation. The Journal of Economic Perspectives. 8(4):19-43.

Ingalsbee, Timothy. 2003. Money to Burn: The Economics of Fire and Fuels Management. www.americanland.org/forestweb/fire.htm

Kaval, Pamela. 2004. Public Values for Restoring Natural Ecosystems: Investigation into Non-Market Values of Anadromous Fish and Wildfire Management. Tesis doctoral. Programa de ecología del Ciclo Superior. Colorado State University. Fort Collins, CO.

Larimer County. 2003. Wildfire: Did you know? www.co.Larimer.co.us. Larimer County, CO. Fort Collins, CO.

Larimer County. 2002. What is Defensible Space? www.co.larimer.co.us/wildfire/what_is_defensible_space.html

Larimer County GIS and Mapping Services Department (MSD). 2000. 1999 Black and White Aerial Photography/ Larimer County, CO. Fort Collins, CO.

Larimer County GIS and Mapping Services Department (MSD). 2001. Summer 2000 Color Aerial Photography/ Larimer County, CO. Fort Collins, CO.

Romme, William. November 28, 2001. Entrevista. Profesor de silvicultura en Colorado State University. Fort Collins, CO.

Romme, William. July 9, 2003. Entrevista. Profesor de silvicultura en Colorado State University. Fort Collins, CO.

Romme, William H., Peter J. Barry, David D. Hanna, M. Lisa Floyd, y Scott White. 31 octubre, 2001. A Wildfire Hazard Assessment and Map for La Plata County, Colorado. Final Report on Phase I of the Study. Colorado State University. Fort Collins, Colorado.

Theobald, D.M. 18 Septiembre, 2003. Entrevista. Profesor de Sistemas de Información Geográfica en Colorado State University. Fort Collins, CO.

Theobald, D.M., N. Peterson, y W. Romme. 2003. The Colorado Vegetation Model: Using National Land Cover Data and Ancillary Spatial Data to Produce a High Resolution, Fine Classification Map of Colorado (v1.0). 28 abril. Informe no publicado, Natural Resource Ecology lab, Colorado State University. www.ndis.nrel.colostate.edu/davet/cvm.htm

USFS. 2003. Hayman Fire Case Study Analysis. www.fs.fed.us/rm/hayman_fire/

USFS. 2003. Fire Information. www.fs.fed.us

USGS. 2001. DEM Colorado. ESRI GRID 30 meters x 30 meters, NAD 1983 UTM Zone 13N Projected Coordinate System. GCS North American 1983 Geographic coordinate system.

Vicars, Maryhelen. Editor. 1999. Firesmart: Protecting your community from wildfire. Partners in Protection. Edmonton, Alberta.

Wildfire Hazard Information and Mitigation System (WHIMS). 2002. Boulder County, CO.

Winter, Greg y Jeremy S. Fried. 2000. Homeowner Perspectives on Fire Hazard, Responsibility, and Management Strategies at the Wildland-Urban Interface. Society and Natural Resources. 13:33-49.

Winter, G. y J. Fried. 2001. Estimating Contingent Values for Protection from Wildland Fire Using a Two-Stage Decision Framework. Forest Science. 47(3):349-360.

Esta página se deja en blanco intencionadamente.

Costes y Beneficios de la Reducción de la Producción de Sedimentos Procedentes de los Incendios Forestales Mediante la Quema Prescrita: Estudio del Caso del Incendio de Kinneloa[1]

Armando González-Cabán,[2] Peter Wohlgemuth,[3] John B. Loomis,[4] David R. Weise[3]

Resumen

Los Bosques Nacionales del sur de California contienen ecosistemas susceptibles a sufrir incendios y cuencas propensas a sufrir la erosión que sigue al fuego. Tomando como estudio de caso el incendio de Kinneloa, cerca de Pasadena CA, de 2.348 hectáreas y de las cuencas asociadas de basura y rastrojos, encontramos que un incendio forestal tras un largo intervalo de tiempo dio como resultado 2,5 millones de dólares de gestión de sedimentos y costes de recuperación de cuenca para varias Agencias de condados, estados y agencias federales. Los costes de la extinción del incendio alcanzaron 7.000.000 de dólares. Se perdieron 26 millones de Dólares en pérdidas de actividades de ocio debido al cierre forzoso de la zona abierta a la pública. El coste total del incendió de Kinneloa ascendió a 9.721 millones. Un análisis de la regresión múltiple del intervalo del incendio y la producción de sedimentos que provocó, indicó que la reducción del intervalo del incendio que pasó de una media de 22 años a una intervalo de quema prescrita de cinco años, reduciría la producción de sedimentos en 2 millones de metros cúbicos en los 86,2 kilómetros cuadrados de la cuenca y del adyacente Bosque Nacional de Ángeles. El ahorro consiste en la disminución del transporte de sedimentos a los depósitos de basura y rastrojos redujeron la necesidad de estructuras de emergencia para la protección de las infraestructuras. También se disminuyen el día de ocio perdidos a causa de los cierres de emergencia por incendio en las zonas de recreo de la cuenca. El importe de los ahorros directos en las Obras Públicas del Condado de los Ángeles en términos de la disminución de recogida de basura y rastrojos de la cuenca ascendería a 24 millones de dólares. No se han incluido en este análisis los efectos ecológicos de una quema prescrita a intervalos de cinco años.

---

[1] Una versión abreviada de este trabajo se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación, y economía de los programas de protección contra incendios forestales: una visión global, 19–22 Abril, 2004; Córdoba, España.

[2] Economist with the Fire Management in the Wildland/Urban Interface Research and Development Program at the Forest Fire Laboratory, Pacific Southwest Research Station, USDA Forest Service, 4955 Canyon Crest Drive, Riverside, CA 92507; Phone: 909.680.1525; email: agonzalezcaban@fs.ed.us.

[3] Hydrologist and Research Forester respectively with the Prescribed Fire and Fire Effects Research Work Unit at the Forest Fire Laboratory, Pacific Southwest Research Station, USDA Forest Service, 4955 Canyon Crest Drive, Riverside, CA 92507; email: pwohlgemuth@fs.ed.us; email: dweise@fs.fed.us.

[4] Professor, Department of Agricultural and Resource Economics, Colorado Sate University, Fort Collins, CO 80523; email: John.Loomis@colostate.edu.

Introducción

Los incendios forestales constituyen una de las principales causas de la aceleración de la erosión en las cuencas municipales de las zonas abruptas de entorno forestal del área urbana de la zona situada entre montañas y suroeste de los Estados Unidos. Un ejemplo claro es el sur de California. Varios cientos de miles de residente llaman hogar a las montañas del sur de California. Son varios los millones de personas en busca de actividades de ocio todos los años. Estos dos grupos, valoran las estéticas de las montañas y los bosques. Sin embargo, estos bosques contienen ecosistemas expuestos a los incendios y muchas cuencas que pueden sufrir la erosión después de los incendios. Esta ponencia presenta una metodología de estimación de los costes y beneficios que representa utilizar la quema prescrita para reducir los sedimentos de la erosión ocasionada por los incendios forestales en estas cuencas y ecosistemas asociados expuestos al fuego.

El ahorro en del coste es el resultado de una disminución en el transporte de sedimentos a los depósitos de basura y rastrojos y a una menor necesidad de estructuras de emergencia para la protección de las infraestructuras tales como barreras de contención de sedimentos o construcción de canales. También se economiza con una menor protección de las cuencas y una recuperación por hidrocultivo y reduciendo la pérdida de días de visita de los excursionistas dado los cierres obligados de emergencia por incendios de los servicios de recreo.

Esta ponencia facilita estimaciones cuantitativas de la reducción de sedimentos y del ahorro en los costes asociados para la compañía. Mediante la quema prescrita para lograr un régimen de incendios más frecuentes y de menor intensidad en la interfase forestal y urbana de las montañas de San Gabriel. Se recurre el incendio de Kinneloa (1993) para demostrar la aplicación de la metodología para analizar la gestión ordenada del fuego para sí determinar los costes que se evitaría si se utilizara la quema prescrita.

Revisión de la literatura

Durante décadas, el fuego y la erosión han constituido un tema espinoso de preocupación para la gestión ordenada del fuego.

En el Bosque Nacional Ángeles la erosión tras los incendios en las Montañas San Gabriel ha constituido una gran preocupación desde la Segunda Guerra Mundial cuando se investigaron los daños potenciales causados por una mayor escorrentía y erosión después de un incendio forestal (Buck et al. 1948). Algunos años más tarde Row et al. (1954) realizaron un análisis hidrológico de los efectos del fuego sobre las descargas procedentes de las cumbres en las Montañas de San Gabriel del sur de California. Encontraron que la erosión tras un año después del incendio alcanzaba una media de 35 veces los niveles de la superficie no quemada.

Durante los últimos 50 años, estas preocupaciones se han incrementado drásticamente al mismo tiempo que crecía el desarrollo de la interfase forestal y urbana. El riesgo de incendio no es el único riesgo al que tienen que enfrentarse cada vez más viviendas y sus bienes en la interfase forestal y urbana, pero los que sobreviven al fuego, se enfrentan a los riegos que siguen a los incendios en forma de flujos de basuras, rastrojos y sedimentos. Wells y al. (1987) demostraron que los

incendios al sur de California aumentaron la sedimentación en más de un orden de magnitud comparado con las zonas no quemadas.

En ciertas cuencas, el coste de la erosión después del incendio y de las basuras y rastrojos es mayor y viene añadirse al del sistema de suministro de agua. Se ha visto cada vez más que después de los incendios las basuras y rastrojos acaban en los depósitos de agua, tal como ha ocurrido últimamente después del incendio de Buffalo Crrek a las afueras de Denver, Colorado. El exceso de sedimentos dio lugar a una disminución de la capacidad de almacenamiento de agua en el depósito y un aumento de los gastos de tratamiento (Martín y Moody 2001; Holmes 1988; Moore y McCarl 1987). Todos estos costes han llevado a la búsqueda de formulas para reducir esta sedimentación esporádica y las basuras y rastrojos que se producen después de un incendio forestal. Después de los incendios se aplican diversos tratamientos para reducir estos incidentes (Robichaud et al. 2003). Wohlgemuth et al. (1999) se encontraban entre los primeros que sugirieron que uno de los muchos beneficios de la quema prescrita sería el de constituir una herramienta de gestión de los sedimentos. Se hizo un cálculo de la reducción de sedimentos en zonas ya previamente objeto de una quema prescrita antes de sufrir un incendio. Se observó la existencia de entre una décima y una venteaba parte de sedimentos procedentes de zonas en donde e había llevado a cabo una quema prescrita en comparación con zonas que no habían sido objeto de quema prescrita antes del incendio forestal. Los objetivos de la investigación aquí presentada son: (1) probar la hipótesis de que varios incendios seguidos llevarían a una reducción estadísticamente significativa de la producción de sedimentos en una mayor serie de cuencas a lo largo de las Montañas de San Gabriel; (2) cuantificar en términos monetarios el ahorro que puede resultar de la quema prescrita en la cuenca de Kinneloa.

Zona Estudiada y Valores en Riesgo

La zona estudiada comprende las cuencas del pie de la Montanas del condado de los Ángeles abarcando el Bosque Nacional de los Ángeles y las tierras privadas adyacentes (86 km^2), popularmente conocidas como Montañas de San Gabriel. En su conjunto, la zona tiene 57.227 casa, con un valor medio de 241.300$. La zona estudiada se eligió por ser típica de la zona de interfase forestal y urbana donde existen casas situadas en ecosistemas expuestos al fuego y terrenos privados junto a fincas públicas. Estas cadenas montañosas y cañones son bastante escarpados con gradientes de elevación de 150 a 850 pies por milla. El Chaparral, un matorral compuesto por múltiples especies de la zona, es un conjunto de variedades vegetativas inflamables (Moreno y Oechel 1994). La zona está sometida a fuertes vientos (20 m s^{-1}) en otoño que a menudo provocan periódicamente incendios devastadores en una o más zonas del sur de California, seguidos de lluvias invernales que rápidamente llenan los depósitos de basuras y rastrojos con sedimentos. Este modelo puede alterarse por el uso de quemas prescritas a intervalos regulares. Es probable que la cantidad adicional de basuras y rastrojos de una quema prescrita fuera bastante pequeña como para poder eliminarse a través de desagüe normal des depósito de basuras y rastrojos, evitando así la necesidad de limpiezas de emergencia. Y más importante aún, la frecuenta quema prescrita podría reducir la intensidad de cualquier incendia que se produjera en la cuenca, reduciendo así los combustibles disponibles. De erosión a causa de la lluvia. Los incendios de menor intensidad dejaran en pie algunos de los arbustos más grandes y a los árboles y junto con el

sistema radicular intacto reducirán la erosión provocada por la lluvia. Por lo tanto, la cantidad de material producida después de un incendio forestal se reduciría enormemente, evitando los costes de las limpiezas de emergencia.

Para poder demostrar estas ideas, hemos realizado un análisis a la vez hidrológico y económico. El primer paso de este análisis era determinar estadísticamente si los sedimentos y los flujos de las basuras y rastrojos podían reducirse mediante fuegos repetidos. Si encontramos una relación estadísticamente significativa, se puede conocer la disminución de los gastos de una limpieza más reducida de los sedimentos y de la urgente recuperación de la cuenca.

Análisis Estadístico de la Relación entre la Frecuencia de los incendios y la Formación de sedimentos

Datos Hidrológicos

Se recogieron datos de la acumulación de sedimentos en los depósitos de basuras y rastrojos de 41 cuencas en la vertiente sur de las Montañas de san Gabriel en el condado de los Ángeles. Se registraron las características topográficas, los historiales de los incendios, las precipitaciones y la formación de sedimentos en los depósitos de basuras y rastrojos en la cuenca en un periodo entre 30 y 60 años dependiendo de la edad del depósito de basuras y rastrojos. Sin embargo, conviene señalar que ninguno de los incendios recogidos en la base de datos son quemas prescritas. Utilizamos los incendios forestales como experimentos naturales para similar lo que sucedería con la quema prescrita. Reconocemos que los incendios forestales normalmente arden con mayor intensidad que las quemas prescritas, por ello las disminuciones de sedimentos asociadas a los incendios forestales repetidos pueden variar si se las compara con las secuencias de las quemas prescritas. No obstante, pensamos que es muy interesante utilizar los datos de este experimento natural y es muy representativa para valorar un régimen equivalente de quemas prescritas.

Modelo de Formación de Sedimentos

Al sur de California la cantidad de sedimentos producida por una cuenca es el resultado de una compleja serie de interacciones entre el lugar físico y las características del incendio lo que equivale a una respuesta dada. Las características de un incendio están integradas por el porcentaje de la zona quemada, la intensidad del incendio y la época del año. En esta zona, La intensidad del incendio es alta y muy alta. Mientras que la época del año es verano u otoño por lo que existe poca diferencia entre las dos variables. Sin embargo, existe una variación respecto al porcentaje de la cuenca quemada. Una forma de modelar la interacción entre factores físicos, hidrológicos y del incendio, es utilizar un doble enfoque de la cuenca. De forma específica, en las cuencas sometidas repetidamente a incendios, se puede hacer una comparación de la situación antes y después del fuego para asegurar el efecto del periodo sin incendios, registrando el valor de las precipitaciones y demás influencias. Este enfoque nos permite determinar el efecto sobre las formaciones de sedimentos procedentes de fuegos anteriores sobre las superficies quemadas con el fin de estimar la disminución de sedimentos como una función del tiempo transcurrido desde el incendio, porcentaje de la zona quemada, características de la cuenca y frecuencia y tipo de las precitaciones. Dado que existen muy buenas comparaciones entre

formación de sedimentos en zonas quemadas y no quemadas para cerca de 41 cuencas, se estima la formación de sedimentos con una regresión múltiple, en tal caso la ecuación se utiliza posteriormente para calcular las respuestas del sedimento para diversos escenarios de los periodos sin incendios. La disminución resultante del sedimento puede utilizarse en el análisis económico de la bajada de los costes en la reducción de sedimento en comparación con el coste de la quema prescrita.

Métodos Estadísticos de Análisis

Se utilizó un análisis de regresión múltiple para estimar la acumulación de sedimentos como función de control de los periodos sin incendios para otras variables. Específicamente la ecuación estimada es:

$$\ln(S) = \beta_0 + \beta_1 \ln(FireInterval) + \beta_2 \ln(RainLag) + \beta_3 \ln(TotalRain) + \beta_4 \ln(\mathrm{Re}liefRatio) + \beta_5 \ln(Burned\%)$$

donde S es igual al sedimento depositado pro km^2, *Periodo sin fuego (FIRE intervalo)* es igual al número de años sin incendios; *Retraso Pluvial (RainLag)* es igual al numero de días que hay entre el incendio y la primera lluvia importante (definida como 12,5 mm (0,5 pulgadas) o más); *Lluvia Total (TotalRain)* es igual a la cantidad total en mm de las 5 lluvias más importantes caídas en el año siguiente al incendio; *Índice de Descarga* (*ReliefRatio)* es igual al índice de inclinación de la cuenca; *%de superficie quemada (Burned%)* es igual al porcentaje de la Cuenca quemada.

Resultados Estadísticos de la Regresión

Los resultados del modelo de regresión múltiple son bastantes significativos. Algo más del 50 porciento de la variación en los sedimentos a partir de 66 observaciones se puede explicar por las 5 variables independientes (*tabla 1*. Cuanto más largo es el periodo sin incendios que precede a un fuego, mayores serán los sedimentos que se acumulen en el depósito de basuras y rastrojos durante el año del incendio. Dado que las variables dependientes se expresan en forma de logaritmos naturales, los coeficientes pueden interpretarse como elasticidades. Así pues, una disminución del 1 porciento en el número de años entre incendios (p.e., periodo sin incendios) lleva a una disminución de 0,577 de sedimentos por año. Pueden existir signos de otras variables, i.e., cuanto más alto es el porcentaje de cuenca quemada (*Burned%*) y mayor haya sido la lluvia caída ese invierno (*TotalRain*) mayor será el flujo anual de sedimentos acumulados en el depósito de basuras y rastrojos.

Tabla 1— Resultados de la regresión en el modelo de sedimento incluyendo el sedimento inferido para el sedimento reportado cero.

Variable	Coeficiente	Error estándar.	MediaVarL VarL	Pr > *t*
Constante	6.6611	1.0901	1.0000	0.0000
Ln(*Periodo sin Incendios)*	0.5772	0.1847	3.1113	0.0027
Ln(*RetrPuvial*)	-0.3372	0.1477	3.6376	0.0260
Ln(*índice de descarga*)	0.8237	0.5499	-1.1793	0.1394
Ln(*LluviaTotal*)	1.3852	0.2715	3.2958	0.0000
Ln(*%*)	0.6141	0.1749	-0.3355	0.0009

R-cuadrada	0.5551	Variable dependiente media	8.5566
R-cuadrada-ajustada	0.5180	S.E. de regresión	1.0447
F-estadística	14.9720	Prob. (F-estadística)	0.0000

Utilizando la Ecuación de Regresión como Modelo de Simulación de Sedimento para la Quema Prescrita

Se utilizó la ecuación de regresión para pronosticar la reducción de los sedimentos por km^2 en caso de disminución del periodo sin incendios pasando de la media actual de periodo sin incendio de 22,45 años para acortar los periodos sin incendios a 5, 10, y15 años. Esto se hace cambiando el nivel de la variable Ln(Periodo *sin Incendio*. Utilizamos la ecuación de regresión de la tabla 1 manteniendo las demás variables en sus respectivas medias, para llevar a cabo una simulación del efecto de distintos periodos sin incendios sobre la producción anual de sedimentos (tabla 2.

Tabla 2—Sedimento anual por km^2 con Periodos sin Incendios de más de Cinco Años

Periodo sin incendios (Años)	Producción de sedimentos (m^3 km^{-2}) Después del incendio	ΔS
5	17166	
10	25614	**8448**
15	32367	**15471**
Actual (22)	40843	**23677**

La Tabla 2 puede leerse de una de las dos maneras. Primero, hay aumentos manuales importantes de sedimento si el periodo sin incendio supera los cinco años (tabla 2). Dado que el problema proviene de la cantidad de sedimento descargado en un momento dado, podría disminuirse el coste reduciendo las cantidades máximas de sedimento que se acumulan. Esto puede lograrse con un periodo sin incendios de cinco en cinco años más que de 22 años – que es la media en la serie de datos. Con un periodo sin incendios de 5 años en vez de 22 años, la reducción anual de sedimentos es de 23.677 m^3 utilizando la regresión ajustada del sedimento de la tabla 1. En toda la zona estudiada (86 km^2), un periodo sin incendios de 5 años, reduciría la descarga anual de sedimentos en los depósitos de basura y rastrojos de Loa Ángeles en 2 millones de m^3 cada año. Alternativamente se puede utilizar la información de

la tabla 2 para calcular la reducción de sedimentos con un periodo de 10 años sin incendios, comparado con la media actual de 22 años de periodo sin incendio. Un periodo sin incendios de 10 años, daría como resultado, una reducción de sedimentos de 15.229 m^3 por año. Alternativamente puede utilizarse la información de la tabla 2 para calcular la reducción de los sedimentos con un periodo sin incendios de 10 años comparado con la media actual de 22 años de periodo sin incendios. Un periodo sin incendios de 10 años, daría como resultado una disminución de los sedimentos de 15,229 m^3 km^{-2}. Teniendo en cuenta otras consideraciones de uso múltiple como plantas autóctonas y viabilidad animal, un periodo sin incendios de 10 años puede ser el óptimo.

Disminución de los costes por reducción de sedimentos

Costes de Limpieza del depósito de basuras y rastrojos de Condado de Los Ángeles

El principal ahorro en los costes por una menor acumulación de sedimentos se atribuye a una reducción de los gastos de limpieza del depósito de basuras y rastrojos del Departamento de Fomento del Condado de los Ángeles. Los gastos de limpieza de los 41 depósitos de basuras fueron abonados por el Departamento de Obras Públicas desde los años 1969 a 1995. Debido a la inflación, estos gastos se actualizaron a doloras del 2000 $. El coste medio en los 41 depósitos y todos loa años se aproximaba a 12 dólares por yarda cúbica, con unos costes que oscilan entre 2,48 $por yarda cúbica (1 m^3 = 1.308 yd^3). Parte de esta variación en los costes puede depender de la distancia que tienen que recorrer los sedimentos extraídos. Esto va de un mínimo de media milla hasta un máximo de siete millas. Parte de esta variación del coste se debe la humedad del sedimento en el momento de su transporte (comunicación personal con Loreto Soriano, Departamento de Obras Públicas del Condado de Los Ángeles; 1 de agosto 2002). Si justo después de los incendios cae una lluvia intensa, ésta puede arrastrar grandes cantidades de material a los depósitos de basuras y rastrojos y llenar así los depósitos. Si esto sucede al principio de la estación las lluvias, este material deberá extraerse con rapidez para dejar espacio libre. La extracción de este material cuando está húmedo obliga a cargar los camiones sólo hasta la mitad por su peso. Lamentablemente, no se dispone de datos sobre el contenido acuoso del sedimento.

Utilizando el coste medio de $11.87 por yarda cúbica, el ahorro en costes directos para el Departamento de Obras Públicas del Condado de los Ángeles de una reducción anual de 2 millones de yardas cúbicas de sedimento asociada a un periodo sin incendios de cinco años, sería de 23.74 millones de $.

Actividades de Recreo en Zonas Forestales en riegos

Las zonas residenciales privadas de la cuenca están rodeadas por los Montes Naciones de los Ángeles. En su conjunto, este Monte Nacional recibe una cantidad estimada de 3.5 a 4 millón de visitante al año, siendo unos de los Montes Naciones más visitados de California (Servicio Forestal de Usa, 2001) las visitas en calidad de recreo al Monte Nacional de Los Ángeles representan 15 porciento de todas las visitas a los Montes Nacionales de California (Servicio Forestal de USDA 2001). En nuestra zona de estudio hay cinco zonas de camping y 21 destinada a zona de merienda. Estos lugares están provistos de mesas para comer, de aseos y fuentes de

agua. Hay también 15 campamentos de senderismo por el interior equipados con mesas y parrillas para hacer barbacoas. Es zona tiene además de 20 senderos para excursiones a pie. Contando con todos estos servicios, no sorprende que las actividades más comunes sean el senderismo y los picnics.

Para poder estimar el uso en actividades de ocio que se hace de estos servicios en la zona en cuestión, se han extraído datos del Seguimiento del Uso de los Visitantes al Servicios Forestal Nacional (NVUM). Se ha hecho un muestreo específico por día en los puntos de acceso a la Zona Forestal General (GFA's), Lugares acondicionados para uso Diurno (DUDS) y Nocturno (OUDS) en los que El Servicio Forestal USDA ha realizado un muestreo dentro de la zona estudiada. La duración media de las vistas, oscila entre un día para los lugares de uso diurno para actividades de recreo en la zona forestal y de algo más de un día (1,14) para aquellos lugares de uso nocturno. Teniendo en cuenta el factor de la duración de las estancias, las1.038.381 visitas estimadas a nuestra zona estudiada, representan 1.049.315 días de visita.

Utilizamos un informe del Servicio Forestal de USDA que refleja la clara disposición de los visitantes de pagar por días, haciendo un cálculo de TCM y estudios evaluación del contingente por cada tipo de actividades que se ofrecen en la zona objeto del estudio (Rosenberger y Loomis, 2001). La tabla 3 de Rosenberger y Loomis (2001: 13) nos facilita el precio de la entrada por días a la zona geográfica estudiada, Los Estados de Costa del Pacífico de California, Oregon y Washington. El precio diario según los estudios de que se supone son, 28,95$ para hacer Picnic, 22,87 $ por hacer senderismo y 77,27 $ para acampar. Estos precios son muy similares a los que se cobran a nivel nacional por las mismas actividades (Rosenberger y Loomis, 2001: 4). En la situación utilizada como punto de referencia, tiene los días visita divididos por lugares (p. e., lugares para uso diurno y lugares para uso nocturno) y actividades generales de recreo en las zonas forestales. Teniendo en cuenta los datos de nuestro estudio anteriormente citados, aproximadamente el 10% de los visitantes a los lugares de Uso Nocturno acamparon, 30 % fueron de Picnic y 60% hicieron senderismo, utilizamos esta mezcla de actividades para evaluar los días de visita en los lugares de Uso Nocturno. La media ponderada del precio de hacer senderismo, picnic y camping se utilizó para calcular el número total de días de visitantes al año y el precio total anual de las actividades de recreo en la zona estudiada. (Tabla 3. El valor ponderado es el porcentaje de usuarios para cada una de las tres actividades de recreo.

Tabla 3—Estudio existente sobre la zona de visita y su precio

Tipo de Centro	Visitas totales al año	Días de visitas al Año	Precio por Día	Ingresos Totales de la Zona de Recreo
Lugar de utilización nocturna	78,100	89,034	$30.13	$2,682,944
Lugar de uso diurno	362,113	362,113	$28.95	$10,483,159
Zonas forestales de recreo.	598,169	598,169	$22.87	$13,680,120
TOTAL	1,038,381	1,049,315		$26,846,223

Los ingresos de la zona recreativa que están en peligro de incendios son de 26.8$ millones. Esto es bastante considerable, y nos sugiere la posibilidad de evitar los cierres de las zonas de recreo debido a incendios o inundaciones después de éstos, pues es un beneficio potencial suficientemente importante para evitar los incendios devastadores en la zona estudiada.

Comparación de Beneficios con respecto al Coste entre Períodos de Cinco y Diez años sin incendios

Mientras que la tabla 2 indica que un periodo sin incendios de 5 años tuvo como resultado una mayor redacción del sedimento anual que el periodo de 10 años, esto no consideraba otros recursos de utilización múltiple ni otros costes. Quizá un periodo sin incendios de cinco años sea demasiado corto para que tengan una regeneración suficiente de especies de vegetación críticas para mantener la integridad y biodiversidad ecológica los bosques de chaparral en el Sur de California. Los cambios potenciales de vegetación que se alcanzan con un periodo sin incendios de cinco años y los cambios asociados de producción de sedimentos que se consiguen no han sido incluidos en este estudio. Esto podría afectar negativamente la fauna que depende de una vegetación más madura. Además, la quema prescrita resulta cara. Dada la acumulación de combustibles durante una media de 20 años sin incendios, la quema prescrita inicial requiere recursos significativos para tomar muchas precauciones. Los costes de los bosques nacionales en el sur de California alcanzan una media 250$ por acre para estas quemas iniciales (Walker, 2001) Las quemas siguientes a los 5 ó 10 años serían menos costosas, quizá un 50%. Además delos ahorros relativos a la cuenca, la quema prescrita reduciría la necesidad de cierres prolongados en las zonas de recreo después de los incendios forestales.

En la sección siguiente calculamos los beneficios de las zonas de recreo que se han perdido a causa de un incendio forestal en el Sur de California. La tabla 4 presenta los resultados de un análisis del valor actual neto de la reducción de costes relativos a la cuenca y las zonas de recreo en un periodo sin incendios de 5 y 10 años, a lo largo de 20 años. Seleccionamos 20 años porque esta es aproximadamente la media de tiempo que transcurre entre los incendios forestales en un lugar de nuestra base de datos. Este análisis comprara los beneficios de reducción de sedimentos de un incendio al vigésimo año con y sin quema prescrita anterior cada 5 y 10 años. (Por supuesto es posible que la quema prescrita anterior reduciría la posibilidad de un incendio o reduciría el alcance de la zona quemada por un incendio forestal –no podemos cuantificar estos beneficios) Utilizando las reducciones de sedimentos de la tabla 2 y el coste por yarda cúbica, calculamos la cantidad de sedimentos que se acumularían al vigésimo año después de un incendio forestal sin ninguna quema prescrita previa comparada con el sedimento en el vigésimo año incluyendo un programa de quema prescrita al cabo de diez años y al cabo de cinco. Los beneficios al vigésimo año después de un periodo sin incendios de cinco años serían de 281,046$ y con un periodo sin incendio de 10 años sería de 180,768$. Utilizando el índice de descuento del Servicio Forestal USDA de 4%, esto produce una disminución del coste al vigésimo año después de un periodo sin incendios de cinco años de 128,266$, y de 82.500$ para un período sin incendios de diez años. A esto añadimos el valor actual de evitar el cierre de la zona d e recreo por KM2 calculando los datos de utilización de la zona y los precios por día descritos en la tabla 3 y en el estudio de caso en la sección siguiente. En términos de los costes iniciales de la quema prescrita, utilizamos la multiplicación de 200$ por acre y 247 acres por KM2.

Las quemas prescritas utilizaron un 50% de este coste por acre y luego hubo un descuento del 4% durante el año en el que volvió a ver un incendio; los resultados se muestran en la tabla 4.

Considerando solamente la disminución de costes de la cuenca y del cierre de la zona de recreo que se evita, el periodo sin incendios de 10 años ofrece el valor neto actual más alto. Esto significa que el valor actual de los beneficios de l quema prescrita rebasa el valor actual de los costes. Un periodo sin incendios de 5 años tiene un valor actual neto negativo bajo. Si existen otros costes de utilización múltiples asociados con un periodo sin incendios más corto, el periodo sin incendios de cinco años podría tener un valor actual neto negativo a un mayor. Dados los datos de que disponemos, parece ser que un periodo sin incendios de diez años sería más eficaz con respecto al coste.

Tabla 4—Valor Actual Neto de Periodos entre quemas prescritas de 5 y 10 años

Periodos sin incendios (años)	***Valor Actual de Reducción de coste por km²***		PV de quemas prescrita coste/km^2	Valor actual neto/km^2
	Ahorro en la Cuenca	Zonas de Recreo		
5	$128,266	$8,802	$138,679	-$1,611
10	$82,500	$8,802	$82,608	$8,694

Estudio de la Disminución de Costes Evitados por la Quema Prescrita en el Caso del Incendio Forestal Kinneloa

A fin de demostrar cómo se podría utilizar este enfoque para el análisis de gestión de incendios, lo aplicamos a un estudio de caso de un incendio, a fin de determinar los costes que se podrían haber evitado potencialmente si se hubiera realizado un programa de quema preescrita. Dado que no podemos determinar el tamaño ni las pérdidas de un incendio potencial en la zona tratada, vamos a suponer que todos los costes de extinción asociados a este incendio podían haberse evitado. En este análisis, esto sería la disminución de costes asociado con este incendio que podría haberse evitado con el programa de quema prescrita. El incendio Kinneloa quemó alrededor de 2.348 Ha (5.800 acres) en la zona estudiada (1429 de bosque nacional y 919 de terreno privado y del condado) en octubre 1993. Dado que la zona del incendio corresponde directamente a la Cuenca Kinneloa y los dos contenedores de basura, resulta muy útil para utilizarlo como estudio de caso. Lo utilizamos para examinar cuáles han sido los costes a nivel federa, estatal, regional y de dos ciudades para realizar un control de sedimento después del incendio y de rehabilitación de cuenca. Estos son costes que podían haberse evitado posiblemente si se hubiera reducido el largo periodo sin incendio (63 años) a un periodo de cinco años.

La disminución de los costes o beneficios de estas reducciones de sedimento fueron cuantificada recogiendo datos sobre: a) Coste de a Agencia Federal de Gestión de Emergencias (160.000$); b) Coste del Servicio de Conservación de Recursos Naturales USDA, obras públicas del condado de Los Ángeles así como de las ciudades Pasadena y Sierra Madre para las zonas residenciales, otros terrenos probados, la protección del agua potable, las calles y otras infraestructuras (Servicio

de Conservación de la Tierra USDA, 1994), evitando la necesidad de la hidro-siembra barreras para contener la basura, y la construcción de canales para las inundaciones (1.700.00$); Coste del Servicio Forestal de USDA para el bosque nacional de LA en cuanto a la rehabilitación de la zona de la Cuenca quemada (USDA Servicio Forestal, 1995) por evitar la siembra aérea (600.00$); y las pérdidas en las zonas de recreo.

El incendio Kinneloa tuvo como resultado el cierre de 6 itinerarios de senderismo desde el 27 de octubre hasta la primavera siguiente cuando terminó la temperad de lluvias. Estos seis itinerarios eran clasificados como zona forestal general aunque contenían varios campamentos de senderismo (MT. LOWE, HOEGEE´S, Idlehour) La mayor parte de los itinerarios de senderismo se encuentran en el entorno forestal del área urbana y están a escasa distancia de las carreteras principales (I-210) y a varias millas de las zonas residenciales. Por lo tanto, durante los fines de semana utilizamos las estimaciones de la media de visitantes por día para el "nivel de uso moderado" pero, a fin de utilizar un cálculo conservador, utilizamos el nivel bajo de utilización" para los días entre semana. Es decir, que alrededor de 210 días de visita se calculan para los fines de semana y las vacaciones, y 20 en los días laborables. El período de cierre empezó el 27 de octubre de 1993 y se amplió hasta el final de la temporada de lluvia de marzo, por razones de seguridad dad la preocupación de peligro de inundaciones en las zonas quemadas. Los resultados, aplicando el índice de visitas diarias al número de días laborables, fines de semana y vacaciones durante este periodo, dan como resultado una pérdida estimada de 11.339 días de visita. Dado que la utilización de recreo más importante en el área forestal general es el senderismo y la zona cerrad era sobre todo de senderos, vamos a utilizar el valor de beneficios transferidos de Rosenberger u Loomis (2000:13) para el senderismo. Utilizando este precio diario de 22,87$, las pérdidas de beneficios relativos a las zonas de recreo ascendieron a 261,582$ (tabla).

Creemos que esta cifra representa una pérdida neta de beneficios de las visitas porque los lugares son la zona de recreo más próxima a los sitios donde vive mucha gente. Dado que no se cerraron lugares más distantes, el coste adicional del desplazamiento y el tiempo de desplazamiento para alcanzar estos lugares reduciría los beneficios netos o excedentes de consumidores de estas personas que tenían que hacer un largo viaje para llegar a la zona. Además, dado el alto nivel de demanda durante los fines de semana y los días de fiesta en la zona de los ángeles, los demás senderos disponibles serían seguramente utilizados al máximo de su capacidad. Los intentos de las personas desplazadas para ir salas zonas no quemadas también llevaría a una reducción de los beneficios netos si no hubiera un aparcamiento adecuado ara acomodar a las personas desplazadas, o en casos en que hubiera aparcamiento, un aumento en el embotellamiento causado por las personas desplazadas hubiera reducido los beneficios diarios. No sólo las personas desplazadas a estos itinerarios de senderismo han recibido menos beneficios en una experiencia de mayor embotellamiento, sino que también ocurriría esto con las personas de los itinerarios que permanecían abiertos.

Tabla 5—Pérdidas de valor en la zona de recreo debido al Cierre a causa del Incendio Kinneloa

	Fin de Semana	Días Laborables	Total de Días
Índice de Visita	210.7	19.7	
Días de Cierre	44	110	154
Días de Visita	9270.8(	2167	11,438
Precio por D	$22.87	$22.87	$22.87
Total en zona de Recreo	$212,023	$49,559	$261,582
Pérdidas			

Resumen del Estudio de Caso Kinneloa

Calculándolo en $ del 2001, la disminución en costes de gestión de la cuenca anteriormente citada en cuanto de (a) a (c) de evitar el incendio forestal de Kinneloa hubiera alcanzado un total 2,46$ millones. Las pérdidas en zonas recreativas hubieran sido de 261.582$. Además, los costes de extinción del incendio forestal ascendieron a 7$ millones (2981Ha) (Servicio forestal de EEUU, 1995) que podrían haberse evitado. El coste de la quema prescrita en las montañas de l Sur de California es de una media de 250$ por acre (617,5Ha) (Walker, 2001) La quema prescrita de 5.800 acres en la zona de incendio forestal de Kinneloa costaría 1,45 $ millones inicialmente y una cantidad equivalente que se descuenta cada vez. Utilizando el índice de descuento del Servicio Forestal de EEUU de un 4%, una quema prescrita inicial seguida por quemas prescritas posteriores, después de 11 y 21 años, tendrían un valor actual de costes de 3$ millones. El valor actual de los 9.721$ en beneficios por evitar el incendio Kinneloa a lo largo de ese periodo 22 años sería de 4.26$ millones. Es decir, que si hubiera tres quemas prescritas a lo largo de un periodo de 22 años, habría un valor neto positivo actualmente.

CONCLUSIÓN

Esta investigación demuestra un enfoque que se puede utilizar con una frecuencia de incendios previos y datos sobre la erosión a fin de realizar una estimación sobre la relación entre los periodos sin incendios y la producción de sedimentos. En la zona estudiada, en el entorno forestal del área urbano, de las Montañas de San Gabriel al Sur de California, encontramos una relación significativa desde el punto de vista estadístico en la relación entre el periodo sin incendios y la producción de sedimentos después de éstos. Un 1% de disminución en los años transcurridos entre los incendio tiene como resultado una disminución de 0.58% en la producción anual de sedimentos de los contenedores de basura. En la zona estudiada esto indica que un periodo sin incendios de cinco años reduciría la producción de sedimentos anual por KM desde 40.843 m2 con el actual periodo sin incendio hasta 17166m3. Esta reducción anual de sedimentos ahorraría al Departamento de Obras Públicas del Condado de los LA 24 millones al año en términos de menores costes de limpieza en el contenedor de basura.

Sin embargo, si se comparara el valor actual neto de los periodos de 5 y 10 años entre las quemas prescritas se ve que un periodo de 10 años ofrece beneficios netos.

Con un periodo de 5 años de quema prescrita hay una reducción mayor de sedimentos, pero tiene un valor actual neto menor debido a la necesidad de una quema prescrita adicional. Por otra parte el periodo de cinco años puede ser demasiado corto para mantener a integridad y biodiversidad ecológica de muchas plantas autóctonas y especies animales asociadas. Nuestro estudio del incendio forestal de Kinneloa indica que los costes de una quema prescrita hubieran sido mucho menores que si se incluía la extinción del incendio forestal y los costes de rehabilitación de la Cuenca después del incendio.

Las implicaciones de la gestión de esta investigación sugieren que los beneficios relacionados con la cuenca pueden ser una cantidad considerable añadida a los beneficios tradicionales de reducción del peligro de incendios que proceden de una quema prescrita. Los gestores d incendios que trabajan en el entorno forestal del área urbano deberían incluir las disminuciones en el coste que acarrean una menor limpieza de sedimentos, una reducción en los costes de la rehabilitación dela cuenca y el evitar los cierres de la zona recreativa cuando se realizan evaluaciones económicas de la quema prescrita. Esta investigación proporciona algunas estimaciones de los ahorros que se consiguen en las montañas de San Gabriel y presenta un enfoque para estimar las disminuciones de coste en otros entornos forestales del área urbana.

Referencias

Buck, C.C., W.L. Fons, and C.M. Countryman. 1948. Fire Damage from Increased Run-Off and Erosion on the southern California National Forests. California Forest and Range Experiment Station, USDA Forest Service, Berkeley, CA.

Holmes, T. 1988. The Offsite Impact of Soil Erosion on the Water Treatment Industry. Land Economics 64(4): 356-366.

Martin, D. and Moody. J. 2001. Comparison of Soil Infiltration Rates in Burned and Unburned Mountainous Watersheds. Hydrological Processes 15: 2893-2903.

Moreno, J.M., Oechel, W.C. (eds.), 1994. The Role of Fire in Mediterranean-type Ecosystems. Ecological Studies 107, Springer-Verlag, New York. 201 p.

Moore, W. and B. McCarl. 1987. Off-Site Costs of Soil Erosion: A Case Study of the Willamette Valley. Western Journal of Agricultural Economics 12(1): 42-50.

Robichaud, P., McDonald, L., Freeouf, J., Neary, D., Martin, D., and L. Ashmun. 2003. Postfire rehabilitation of the Hayman Fire, pp. 293-314 In Graham, Russell T., Technical Editor. 2003. Hayman Fire Case Study. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-114. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 396 p.

Rosenberger, Randy and John Loomis. 2001. Benefit Transfer of Outdoor Recreation Use Values. RMRS-GTR-72. Rocky Mountain Research Station, USDA Forest Service, Fort Collins, CO

Rowe, P., C. Countryman and H. Storey. 1954. Hydrologic Analysis Used to Determine Effects of Fire on Peak Discharges and Erosion Rates in Southern California Watersheds. California Forest and Range Experiment Station, USDA Forest Service. 49p.

USDA Forest Service, Angeles National Forest. January 30, 1995. Kinneloa Burned Area Accomplishment Report. 701 Santa Anita Ave, Arcadia, CA.

USDA Forest Service, Angeles National Forest. National Visitor Use Monitoring Results, Region 5.

USDA Soil Conservation Service. 1994. Kinneola Wildfire Emergency Watershed Protection Program. Natural Resources Conservation Service 4481 North Date Ave, Lancaster, CA.

Walker, Norm. 2001. Prescribed Fire Costs. Email from Norm Walker, Division Chief, San Jacinto District, San Bernardino National Forest to Lucas Bair, Colorado State University. January 26, 2001.

Wells, W., P. Wohlgemuth, A. Campbell, F. Weirch. 1987. Postfire Sediment Movement by Debris Flows in the Santa Ynez Mountains, California. In Erosion and Sedimentation in the Pacific Rim. IAHS Publication No. 165. International Association of Hydrological Sciences, Washington DC. 275-276.

Wohlgemuth, P.; Beyers, J.; Conard, S. 1999. Postfire Hillslope Erosion in Southern California Chaparral: A Case Study of Prescribed Fire as a Sediment Management Tool. In Proceedings of the Symposium on Fire Economics, Planning and Policy: Bottom Lines. Technical Editors: Armando González-Cabán and Phil Omi. PSW-GTR-173, Pacific Southwest Research Station, USDA Forest Service, Albany, CA.

Gestión del Riesgo de Incendios Forestales en el Interior del Noroeste de Estados Unidos: Un "Problema Perverso" para la Política de Fincas Públicas[1]

Matthew S. Carroll,[2] Keith A. Blatner,[2] Patricia J. Cohn,[2] Charles E. Keegan III,[3] Todd Morgan[3]

Resumen

En el clásico artículo, publicado en *Journal of Forestry* en 1986, Gerald Allen y Ernest Gold comentaban que los problemas más desalentadores asociados a la gestión pública forestal tienen un elemento "perverso": *los problemas perversos tienen características comunes. Cada uno puede considerarse como siendo sencillamente el síntoma de un problema de más alto nivel... La definición está en la mente del observador y la forma que esta persona elige para explicar el problema determina el alcance de la búsqueda de solución. Además, no hay ninguna fórmula correcta única para un problema perverso sólo algunas más o menos útiles* (Pág. 22). Esta descripción parece adaptarse muy bien a las dificultades asociadas con la gestión del riego creciente de incendios forestales en gran parte del oeste de EEUU. Actualmente, la causa de esta situación es una mezcla compleja de desarrollos físicos, ecológicos, económicas y sociales que han tenido lugar durantes más de cien años. Los pasos sugeridos para mejorar la situación actual implican una dinámica igualmente compleja que no permite simplemente un pensamiento lineal. Utilizando como ejemplo fundamental la región Interior Noroeste de EEUU, esta ponencia investiga la compleja dinámica relacionada con las posibles mejoras y los dilemas inherentes. Entre los elementos del problema examinado se incluye la polarización política que existe desde hace tiempo en la gestión de fincas públicas, los modelos de desarrollo urbanístico en la llamada Interfaz Forestal-Urbana, una creencia establecida desde hace tiempo en la sociedad de que el fuego es el enemigo del bosque, las incertidumbres en cuanto a la tolerancia y los efectos sobre la salud del humo de las quemas prescritas, la economía de utilizar madera de pequeño diámetro como un subproducto para el aclareo forestal, el impacto de los tratamientos forestales o la ausencia de éstos sobre el hábitat de la fauna y as consecuencias del fuego controlado y no controlado sobre la falta o liberación de carbono. Como conclusión, se puede decir que todas las soluciones a los problemas asociados con el peligro de incendios implican complejas compensaciones que exigen un examen cuidadoso y deliberaciones públicas.

Introducción

Durantes los últimos años, los periódicos de verano han estado llenos de titulares sobre incendios y la destrucción que suponen para la comunidad y los bosques, sobre todo en el Oeste americano. Junto a estos relatos se suele comentar cómo la gestión

[1] Una versión abreviada de esta ponencia se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía de los programas de protección contra incendios forestales, 19 a 22 Abril, Córdoba, España.

[2] Associate Professor, Professor and Chair, Research Associate, respectively, Department of Natural Resource Sciences, Washington State University, Pullman, WA 99164-6410.

[3] Research Professor and Research Forester, respectively, The University of Montana, Bureau of Business and Economic Research, Gallagher Business Building, 32 Campus Drive #6840, Missoula, MT 59812-6840.

de los bosques públicos han llevado a estos incendios. Y cómo los bosques pueden recuperar la "salud" combinando el aclareo, la quema prescrita y el análisis medioambiental más eficiente. El tema de los incendios ha devuelto la gestión de las fincas públicas forestales a la agenda política nacional.

Sugerimos que así como la causa actual de la situación en estos bosques es una mezcla de desarrollos físicos, ecológicos, económicos y sociales en los últimos cien años, las soluciones para gestionar el riesgo de incendios son igualmente complejas e incluyen una serie de dilemas. Nuestro objetivo no es proponer una "solución" al problema de los incendios, sino presentar lo que nos parece ser el origen más importante de la complejidades inherentes a cualquier intento de mejora de lo que vemos cómo el típico problema perverso (Allen y Gold, 1986) Hay abundantes pruebas que demuestran que el tema del incendio se adapta a la idea de "problema perverso". Los diferentes interlocutores ven el problema de los incendios como un problema de más alto nivel pero no se ponen de acuerdo sobre la naturaleza del mismo. Alguno lo ven como siendo la prueba de una gestión forestal excesiva o errónea, y otros como una falta de gestión adecuada. Cada parte puede señalar ejemplos para apoyar su idea.

Utilizamos *sistemas flexibles o metodología de sistemas flexible* (SSM) (Checklan, 1981 Daniels y Walker, 2001; Wilson y Morren, 1990) para analizar este problema. Este enfoque fue concebido para tratar los problemas menos bien definidos comunes a las líneas políticas de los complejos temas públicos. Estos problemas "confusos" son caracterizados por objetivos y fines múltiples o que compiten entre sí. El enfoque SSM reconoce que no se puede llegar a un acuerdo total o una solución única, sino más bien que el alcanzar pequeñas mejoras de la situación s una aspiración más realista, El enfoque también supone que los conocimientos necesarios para mejorar quizá no existan de antemano (al menos en un solo lugar) pero más bien insiste en el cambio progresivo de las deliberaciones pública y el aprendizaje paso a paso (Daniels y Walker, 2001). Utilizamos esta aproximación para representar a grandes rasgos lo que creemos ser los componentes más importantes del problema del incendio, utilizando el interior del Noroeste de EEUU como ejemplo y para sugerir líneas de pensamiento sobre los vínculos entre estos componentes. Según el espíritu de SSM no pretendemos que nuestro planteamiento del problema sea definitivo. Esperamos que sea útil como instrumento heurístico para avanzar en la reflexión, y para llegar a mejorar el sistema en lo que se refiere al grave problema que tienen ante ellos los responsables de la gestión territoriales y, en definitiva, de los que elaboran las líneas políticas.

¿Cómo hemos llegado hasta aquí?

Hemos empezado preguntando " ¿cómo hemos llegado a la situación actual, con respecto al riesgo de incendios devastadores en los bosques públicos"¿ Debemos reconocer que hay dos Situaciones diferentes pero interconectadas en la situación actual. Uno de ellos es la situación "biofísico", o la situación actual de los bosques públicos en el interior Noroeste, y el segundo la situación sociopolítica, que incluye el debate actual sobre el riesgo de incendios, interfaz de terrenos y comunidades y la gestión de los bosques públicos. Ambos puntos han evolucionado durante mas de cien años y son el resultado de una compleja mezcla de desarrollos físicos, ecológicos, económicos y sociales.

Situación Biofísica

El Interior Noroeste abarca el Este de Washington (al Este de la cascada Mountains), el Norte de Idaho (Norte de río Clearwater) y el Oeste de Montana (Oeste del Continental Divide) Los tipos de bosques dominantes en el Este de Washington son el pino ponderosa, abeto Douglas y las coníferas mixtas (Agee1993, Tridata, 1997) El pino ponderosa, abeto Douglas y los bosques de pinos Lodgepole son los tipos dominantes de bosque en Montana e Idaho (Adams, 1995) La interacción del hombre y la Naturaleza ha acarreado cambios en la estructura forestal y regímenes de incendios. los americanos nativos se han dedicado a hacer fuego, cazar, y a otras actividades desde hace por lo menos 6000 años (Barret y Arno, 1999) Después de los asentamientos en los últimos 150 años, la explotación forestal, el pastoreo, la minería, la explotación de granjas, la selvicultura y la extinción de los incendios también han conformado los bosques del interior Noroeste (Arno y Allison-Bunnell, 2002, Basman y otros, 2003, Hesburg y Agee, 2003). Actualmente, las estructuras forestales son más homogéneas y densas con bóvedas de muchas capas; han aumentado las especies que pueden vivir a la sombra de los bosques y otras que no son tolerantes al fuego y han disminuido las espacies resistentes al fuego. Los niveles de combustible terrestre, y de combustible en los árboles, se ha prolongado el período de tiempo sin incendios, y el comportamiento y la intensidad de los incendios se han hecho más extremados (AGE, 1993; Hesburg y Agee, 2003)

Regímenes de gravedad de los incendios

Hesburg y Agee (2003) describen los regímenes históricos de incendios en los bosques del interior Noroeste como "... un espectro completo de regímenes de escasa gravedad (no mortales), moderados (mixtos), y muy graves (mortales)" (Pág. 24) Describen cada régimen de la manera siguiente: "los regímenes de escasa gravedad presentaban frecuentes intervalos con retorno del fuego, escasa intensidad de fuego, tamaño pequeño de los rodales, y bordes pequeños. Los regímenes de gravedad mixta presentaban retornos del fuego menos presentes, una mezcla de intensidades del fuego que incluían quema ligera y de sustitución de árboles, rodales de tamaño intermedio y bordes grandes entre los rodales. Los regímenes muy graves presentaban incendios poco frecuentes, una intensidad bastante alta de lo incendios, tamaños grandes de rodales y bordes de tamaño intermedio entre éstos" (Pág. 24) Los tipos de vegetación en estos regímenes de incendios son el pino ponderosa y el alerce occidental (escasa gravedad); el abeto Douglas (escasa gravedad asta gravedad mixta); Abeto blanco y "grande" (escasa gravedad a gravedad mixta) pino "lodgepol" (gravedad mixta); Cicuta occidental- alta gravedad y abeto subalpino (alta gravedad)

Situación Sociopolítica

En la gestión de incendios en las fincas pública forestales han pasado por diversas fases desde 1910, cada una con su propia estrategia de protección, gestión e investigación (Pyne, 1982) La era del control de incendios comenzó después de los incendios 1910. Una extinción agresiva de los incendios redujo las pérdidas pero permitió que se acumularan los combustibles, especialmente en las zonas en que el régimen de incendios era de escasa gravedad. En los años 70, el control de incendios fue sustituido por la gestión. La reducción y contención y la quema prescrita

adquirieron más importancia y se estableció la política de incendios naturales prescritos, popularmente conocida como "incendio permitido". Esta política perdió popularidad en los incendios de Yellowstone de 1988, y comenzó el debate público sobre el papel de los incendios en los bosques públicos. Este debate culminó con el Plan Nacional de Incendios que aboga por una cooperación en la gestión de incendios forestales y combustibles, por la recuperación de ecosistemas preparados para el fuego y la rehabilitación después de un incendio, de los rodales estatales y privados e inicia una nueva era para la gestión de incendios (Plan Nacional de Incendios 2000) Actualmente, continúa el debate sobre el papel del incendio y la estrategia de extinción, que se une con el debate sobre la gestión de los bosques públicos y la "salud de los bosques".

El paradigma del incendio forestal ha cambiado junto con las tácticas de extinción. Después de 1910, el incendio era "nocivo". Ahora, mas bien se cree que algunos incendios son buenos. Pero este cambio se ha tenido lugar sobre todo a nivel de los responsables de la gestión de recursos; en general, el incendio forestal es considerado nocivo, y este punto de vista está más arraigado en el Interior Noroeste a causa de los devastadores incendios del 2000 y el 2002.

Los movimientos de emigración rural, han cambiado varias veces de forma drástica en los últimos 50 años (Jhonson y Fugitt, 2000) Una fase de evidente emigración que terminó a finales de los años 1980 fue seguida por un "boom" de inmigración en los 90 que todavía dura (McCool y Kruger, 2003, Rudzitis, 1999) El Interior Noroeste ha experimentado también este aumento, y el Valle Bitteroot de Montana es un ejemplo de este tipo de inmigración. Ha habido un aumento de población en 94 de 100 condados en el interior de Columbia Basin, que incluye la zona estudiada durante los años 1990-94. Lo que realmente atrae a los inmigrantes hacia el Oeste de EEUU es la presencia de los recursos naturales convertidos en zonas de recreo en los territorios federales (McCool y Kruger, 2003, Rudziti, 1999) Los paisajes, ríos y bosques, y entretenimientos son tan atractivos como los rasgos tradicionales de bajo nivel de delincuencia, menor coste de vida y un ritmo más tranquilo. Esto es especialmente apreciado por los jubilados, que conforman el mayor grupo de inmigrantes de los condados que poseen entretenimientos basados en los recursos naturales. Se espera que este segmento de la población aumente e las próximas décadas, cuando se jubilen los "babyboomers" (McCool y Kruger, 2003, Rudzitis, 1999)

Hay quien afirma que los recién llegados tienen actitudes y valores que chocan con los intereses tradicionales sobre los productos básicos o gestión de los recursos de extracción de los antiguos pobladores. La existencia de esta división en las actitudes de los recién llegados y los antiguos pobladores no es tan evidente como se sugiere en algunos estereotipos (McCool y Kruger, 2003) Existen pruebas de que hay pequeñas diferencias de actitud hacia la gestión de fincas públicas, pero que ambos grupos están a favor de estrategias que protejan el medio ambiente (Rudzitis, 1999) Aunque la conservación de los atractivos que les han llevado a estas comunidades rurales es importante para los recién llegados, son más bien las personas foráneas o los grupos que luchan en favor del medio ambiente a nivel nacional los que parecen oponerse con más fuerza a las actividades de extracción tradicionales. Durante décadas de desconfianza general en las "guerras de gestión forestal", una legislación cada vez más firme, y la existencia de muchos litigios han detenido gran cantidad de actividades de gestión en las fincas públicas forestales. Los proyectos que sobreviven en ese entorno son implantados (si llegan a serlo) tras

largos retrasos, en todo caso, y es muy frecuente que haya bloqueos legales o administrativos. Las personas a favor de una gestión activa de los bosques públicos se dan cuenta de que los departamentos de gestión territorial no gestionan los bosques de manera eficaz. Aquellos que se oponen a casi toda la comercialización de la madera a nivel federal sospechan que cualquier propuesta sobre la tala de árboles son presagios de un retorno a la época en la cual la gestión de bosques federales era dominada por la industria maderera. El resultado ha sido una pérdida de confianza por parte de todos.

A nivel local, la llegada de nuevos residentes a las comunidades locales ha creado tensiones incluso en los departamentos de lucha contra el fuego por parte de voluntarios. La lucha contra los incendios forestales también ha sido afectada. Los bomberos deben tener en cuenta las zonas residenciales y la comunidad de vecinos, con lo que las tácticas han cambiado de un ataque indirecto a uno directo y agresivo que pone en peligro tanto a los bomberos como a los bosques para defender las urbanizaciones y comunidades de vecinos en el entorno forestal del área urbano (McCool y Kruger, 2003)

La mayor parte de las zonas forestales del interior noroeste es gestionada por agencias federales (por ejemplo, USFS y PLM) Todo el mundo está de acuerdo en que los incendios forestales constituyen un riesgo para las personas, la propiedad y los recursos forestales y que las agencias federales de gestión territorial tiene que actuar para reducir el riesgo de un incendio forestal. Muchos de los dilemas sobre los tratamientos propuestos para reducir los riesgos de los incendios y recuperar los bosques públicos a la situación más parecida a la original, son consecuencia de estos desacuerdos subyacentes sobre las políticas y los valores a conservar. Otras dificultades (por ejemplo, el aumento de riesgo de incendios en zonas residenciales y los peligros en el suministro de agua municipal) proceden específicamente de las condiciones económicas inestables en las que se encuentran muchos bosques. En realidad, estos dos acuerdos son los que hacen tan conflictiva la aplicación de tratamientos para evitar los peligros de los incendios y las condiciones ecológicas que se refieren a ellos.

Opciones de Tratamiento

Esta sección considera tres grandes opciones de tratamiento y objetivos para la reducción de riesgo de los incendios públicos del Interior Noroeste: ausencia de tratamiento, quema prescrita, y tala mecánica de árboles. Las dos últimas opciones se suelen realizar combinadas, pero son descritas aquí por separado. El debate sobre los tratamientos no suele centrarse en los aspectos científicos o técnicos de su aplicación, sino en dónde se van a realizar (zonas interiores, o entorno forestales del área urbana), y los motivos que lleva a hacerlo (recuperación contra explotación) Hay que señalar también que aunque existen muchos conocimientos científicos sobre la respuesta de los bosques a los tratamientos de silvicultura, nunca se ha intentado nada sobre lo que está considerado como reducción de riesgos de incendio forestal en los bosques de Norteamérica. Esto sería, en realidad, un proceso de aprendizaje.

Ausencia de Tratamiento

La ausencia de tratamiento significa que no se realice ningún tipo de aclareo precomercial ni comercial o de explotación, ninguna quema prescrita, u otras

actividades que imiten a los incendios naturales o cambien las condiciones forestales existentes. Una variante de la ausencia de tratamiento es realizar este sólo en los bosques remotos con un índice de alto riesgo donde las estructuras forestales y los regímenes de incendios no han cambiado tan espectacularmente (Hessburg y Agee, 2003) Esta opción no incluye las actividades de extinción de incendios forestales mencionadas anteriormente.

Quema Prescrita

La quema prescrita es el uso de un incendio causado por el hombre o por causas naturales para alcanzar objetivos de gestión territorial en regímenes de incendios por lo general de escasa gravedad. En este contexto, la quema prescrita se utiliza para la reducción de combustibles peligrosos en los bosques, especialmente en el entorno forestal del área urbana, y para recuperar ecosistemas preparados para el fuego. Dadas las condiciones forestales actuales, esta opción no puede realizar una reducción de combustibles peligrosos y recuperación del bosque sin llevar a cabo un tratamiento mecánico previo. En los tipos de bosque con regímenes de incendios de escasa gravedad, las cargas de combustible son demasiado grandes como para implantar esta opción de forma segura sin un tratamiento previo. Las quemas prescritas con sustitución de árboles cumplirían estos objetivos de reducción de peligro de fuego en los regímenes de incendio mixtos y de alta gravedad, pero son arriesgados y el público y los responsables de la gestión territorial no suelen aceptar este riesgo (Arno, 2000; Clarck y Sampson, 1995)

Tala Mecánica de Árboles

Uno de los enfoques que se suele defender para tratar la acumulación relativamente alta y "poco natural" en parte de los bosques del Oeste de EEUU es te aclareo agresivo. Este tratamiento exige la retirada mecánica de los árboles seleccionados para reducir el nivel de combustible, controlar los insectos y las enfermedades y recuperar los bosques preparados para el fuego. Esta aplicación incluye: escaso aclareo; tala y aclareo rentable; y tratamientos ecológicos.

El *escaso aclareo* suprimiría todos los árboles por debajo de un cierto tamaño (límite de diámetro), para reducir la intensidad (por ejemplo TPA, BA) y los combustibles almacenados en vertical. La *tala y aclareo rentable* retiraría de los bosques públicos, la madera valiosa desde el punto de vista comercial a fin de reducir los combustibles peligrosos, tanto en el interior como en el entorno forestal del área urbana. Los *tratamientos ecológicos* conservarían y suprimirían árboles de diferentes tamaños y especies, de un tipo determinado para conseguir una situación más sostenible en las zonas forestales. Este enfoque se utiliza tanto en el interior como en el entorno forestal del área urbana, puede reducir considerablemente el riesgo de incendio, y generalmente tiene un bajo coste (Fiedler y otros, 2001-2002)

Dilemas de las Opciones de Tratamiento

Es más fácil definir que implantar una opción de tratamiento. Los responsables de la gestión forestal se enfrentan a cuestiones científicas y técnicas difíciles, así como a aspectos sociales y políticos para que los tratamientos sean considerados aceptables y tengan éxito. Quizá la cuestión más espinosa sea la de la escala de tiempo. Aunque

los y tratamientos pueden mitigar el problema de los incendios o de la "salud del bosque" se calcula que se tarda de cincuenta a cien años en tratarse los bosques expuestos a incendios y en cambiar los ecosistemas forestales para que estén en mejores condiciones (Pass, 2004) Esta duración es casi incomprensible para un sistema político y un público que suele ser impaciente en cuanto a la resolución de problemas. Esta complejidad de temas complica el discurso sobre la gestión de los incendios en las fincas públicas y puede entorpecer o evitar su implantación (figura 1) No se puede invertir en una década un proceso de 150 años de extinción de incendios, explotación forestal, pastoreo y crecimiento de la población y los cambios resultantes en los ecosistemas forestales. La interacción de las cuestiones técnicas y sociopolíticas y las distintas duraciones que tienen hacen de los incendios un "problema" perverso y crítico.

Dilemas sobre las Quemas Prescritas

Un dilema asociado a la quema controlada es el de la tolerancia al humo del público y la mala calidad de aire e impacto sobre la salud generados por este tipo de incendios (Pyne, 2001; Sandberg y Dost, 1990; Schindler y Reed, 1996; Schindler y Toman, 2003; Winter y otros, 2002) Aunque los expertos opinan que la quema controlada produce menos humo que los incendios forestales incontrolados que estas quemas pueden evitar (Hesburg y Agee, 2003; HUFF y otros, 1995), este análisis no garantiza la aceptación por parte del público. Otro dilema sería el miedo a los escapes en la quema controlada (Schindler y Reed, 1996; Schindler y Toman, 2003) Existe un alto riesgo de sanción pública para todos los que permitan que haya escapes al incendio controlado, según se vio en la reacción pública al incendio de Cerro Grande del año 2000 (Pyne, 2001). Por consiguiente, el momento de la realización de estas quemas resulta problemático. Dado que las quemas prescritas suelen ser realizadas cuando las condiciones climáticas (escaso viento, abundante humedad, bajas temperaturas) son adecuadas para controlar mejor el fuego y el humo puede retrasarse la quema de combustibles. Por consiguiente, es posible que no se alcancen los objetivos de reducción de combustibles y recuperación cuando se llevan a cabo quemas en el momento adecuado y razonablemente seguro. Un tema relacionado con esto es la responsabilidad legal asociada a los escapes de las quemas controladas (Carrol y otros, 2004)

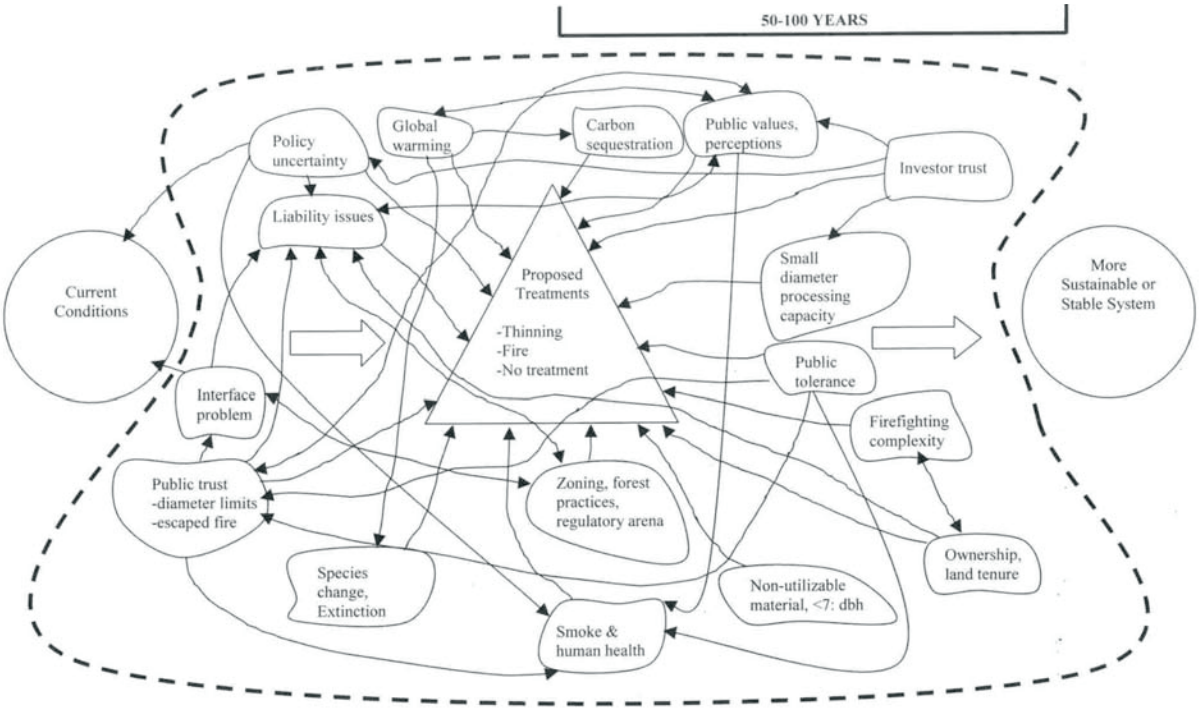


Figura 1— *Modelo de sistema flexible para los dilemas relativos al tratamiento*

El recalentamiento global y la escasez de carbono son dilemas entremezclados con las quemas y aclareos; constituyen un desafío para el equilibrio del carbono, de la reducción de combustible y el riesgo de incendios. Ambos tratamientos conllevan la posibilidad de afectar la escasez de carbono pero de manera opuesta. La escasez de carbono en los ecosistemas y la utilización del crecimiento de la madera como producto comercial aumenta la escasez de carbono mientras que la quema prescrita para la recuperación del ecosistema y la reducción de combustible libera mas carbono (en forma de dióxido de carbono) en la atmósfera, agravando potencialmente el calentamiento del clima (RAPP, 2004)

Los modelos de cambio de clima indican que en occidente los veranos serán más cálidos y húmedos, aumentando el crecimiento de la madera así como el combustible. Este crecimiento de la madera y el combustible, debido al cambio climático, está vinculado al aumento del peligro de incendios así como a otros cambios en la vegetación y otros trastornos. Por ejemplo, en el interior oeste la extensión de bosques de pino ponderosa está aumentando y la especie abeto Douglas puede extenderse. Estos cambios en la vegetación también tienen implicaciones para la fauna según aumente o disminuya su hábitat (Rapp, 2004)

Dilemas sobre el Aclareo

Aunque mucho defienden el aclareo como una respuesta parcial al "problema del incendio" en la región, aplicar esta herramienta en los paisajes variados del Interior Noroeste de EEUU no es una solución sencilla. Esto supondría abordar temas de gran

envergadura: 1) ¿Qué superficie necesita un tratamiento o debería tratarse desde un punto de vista biológico y social? 2) ¿Con qué frecuencia la zona tratada debe volver a tratarse después? 3) ¿Qué prioridad debemos dar en el tratamiento de territorios? y 4) ¿Qué extensión de la zona seleccionada para un posible tratamiento puede ser realmente tratada dada la situación actual del mercado, la tecnología y limitación de los accesos?

Estas cuestiones operativas son aún más confusas cuando se considera la necesidad de reducir el riesgo de incendios para las zonas residenciales situadas en áreas rurales expuestas al fuego, así como el deseo de preservar zonas importantes desde el punto de vista histórico o cultural. Algunas veces se cuestiona la eficacia de estas acciones cuando los territorios adyacentes no reciben tratamiento al entremezclarse las autoridades federales, estatales y el dominio de territorios privados.

Además, los responsables de la gestión territorial deben tener en cuenta el efecto del aclareo sobre la vegetación en general, el hábitat de la fauna, la biodiversidad y las especies amenazadas o en peligro de extinción. Por ejemplo, no está del todo establecido cómo se podría realizar el aclareo en bosques de la misma edad; el aclareo desde abajo evotaría el desarrollo de estructuras de edad diferente, una condición frecuente y deseable desde el punto de vista ecológico en los tipos de bosques secos y de escasa elevación. Tampoco resulta claro si el aclareo sería eficaz en los regímenes de incendios mixtos y de alta gravedad (por ejemplo, los bosques de pino Lodgepole de Montana) donde los incendios son provocados por el clima y no por el combustible (Arnold y Alliso-Bunnell, 2002; Hesburg y Agee, 2003)

Otro importante dilema relacionado con los tratamientos de aclareo es el de la confianza por parte del público y el programa de aclareo a gran escala. El gobierno federal está promocionando programas agresivos de aclareo bajo la Ley de Recuperación de Bosques Sanos (HFRA) y podemos preguntarnos cuánto tiempo querrá esperar el público para que estos tratamientos reduzcan significativamente el peligro de incendio. Si se aplica el aclareo solamente en el entorno forestal del área urbana quizás grandes zonas forestales amenazadas por los incendios puede que no se traten. Como ya hemos señalado pueden pasar de cincuenta a cien años antes de que los tratamiento de aclareo empiecen a reducir significativamente el riesgo de incendios forestales devastadores. Otros autores han visto que algunos tipos de aclareo no reducen considerablemente el peligro de incendios (Fiedler y otros 2001-2002)

El aclareo resulta caro, y aún mas si no se consigue rentabilizar el material recogido (Fiedler y otros 2001-2002) Este material no rentable es el que está implicado en el problema del peligro de incendios. ¿Cómo se debería manejar este material después del aclareo? La mayor parte de los expertos forestales recomiendan la quema, lo cual plantea una serie de dilemas que ya hemos comentado. En muchas zonas del Oeste existe un mercado limitado para los árboles de pequeño diámetro (de 7 a 9" dbh) lo cual reduce la capacidad de los gestores territoriales de trasladar este material de forma rentable en muchos lugares. Los estudios sobre capacidad y utilización muestran que menos del 10% de la madera procesada de la zona estudiada proviene de árboles de menos de diez" DBH. La capacidad de procesamiento regional está subutilizada actualmente, pero el diámetro y las preferencias sobre las especies limitarían la utilización total (Keegan y otros 2004) a fin de complicar aún mas la situación las últimas investigaciones demuestran que los nuevos aserraderos de signados para utilizar este material no son rentables (Stiward y otros, 2003 a, b) y

que la industria de productos forestales no va a invertir en nuevos aserraderos sin tener la seguridad de que haya un suministro a largo plazo (de 0 a 20 años) (Keegan y otros, 20004). A la inversa, dados lo problemas históricos existentes con los contratos de suministro a largo plazo, parece improbable o problemática la creación de nuevos contratos desde una perspectiva política.

El trasladado de la madera valiosa desde un punto de vista comercial pagaría el traslado fuera de los bosques del material no rentable y haría más atractivas las ventas. Sin embargo, esta opción se suele mencionar como un tratamiento aplicable en el interior o en las zonas carentes de carretera, y sin duda encontraría fuerte resistencia en los grupos ecologistas. Retirar únicamente los árboles valiosos desde un punto de vista comercial no beneficiaría el traslado de los árboles de madera no rentable, dejando gran parte del entorno forestal de la zona urbana sin tratar. El talar las rozas aumentaría el peligro de incendios si no se hace correctamente.

Un dilema asociado al aclareo forestal es claramente político, en parte debido a la Ley de Recuperación de Bosques sanos que insiste en el aclareo. Esta ley fue propuesta por la administración Bush y el movimiento ecologista a nivel nacional tiene una gran desconfianza hacia a ella. Este movimiento llama a la ley "talar con otro nombre", y considera que junto con otras propuestas medioambientales de esta Administración va en contra del medio ambiente. Por otro lado la ley de recuperación de bosques sanos suele ser apoyada por la industria de productos forestales y sus seguidores que ven esta propuesta como una vuelta a la gestión forestal "sensata". Por consiguiente, esta ley puede ser un capítulo mas en la polarización sobre gestión forestal.

Dilema de la Ausencia de Tratamiento

El enfoque de la ausencia de tratamiento en la gestión del riesgo de incendios forestales sobre fincas públicas es, desde luego, la opción por defecto cuando las luchas políticas o legales evitan aplicarse cualquier tratamiento específico o prescripción (Arno y Allison-Bunnell, 2002) Los dilemas que genera esta opción son los mismos que están asociados con la amenaza actual del incendio forestal: existencia de humo, ataque a los recursos (por ejemplo, de agua, madera, hábitat, fauna, etc) pérdidas, malas hierbas y daños en las funciones del ecosistema. Puede haber incendios distintos a los ya ocurridos, sobre todo en los regímenes de incendio de escasa gravedad, si no son tratados esos bosques. El resultado puede ser de mayores pérdidas de vida y propiedades, más altos costes de responsabilidad y un aumento de recursos de capital y recursos físicos dedicados ala lucha contra el fuego, a expensas de otros programas. Según aumenta el entorno forestal de zonas urbanas será mayor la complejidad de la lucha contra el fuego. Aunque en esta opción no existe una recuperación forestal ni actividades de reducción de combustibles peligrosos seguirá existiendo un proceso ecológico y antropogénico que contribuye a un mayor riesgo de incendio forestal (por ejemplo, regeneración y densificación del bosque, extinción del fuego) Por consiguiente, las amenazas asociadas al incendio forestal no disminuyen si lo que pueden aumentar, al quemarse más cantidad de terreno y exponiéndose más al peligro del fuego.

Dilemas Generales

Los tratamientos de los incendios y sus dilemas se pueden resumir en tres grandes categorías. La primera es la confianza. Como hemos señalado, hay en general muy poca confianza hacia el gobierno y las agencias de gestión territorial por parte del público en la región e incluso en todo el país. Podríamos asegurar que de todas las cuestiones de gestión territorial que implican que haya confianza, ninguna genera tanta desconfianza como las que se refieren al fuego. La segunda categoría general es la de la tolerancia hacia un tratamiento determinado cuando es llevado a cabo sobre el terreno. La gente se encariña con ver los paisajes aunque no sean iguales que antes ni sean naturales. Casi todos los tratamientos cambian la apariencia y las "sensaciones" que provocan los paisajes, por lo tanto, casi todos los tratamientos chocan con alguna opinión en contra (Arno y Allison-Bunnell, 2002) La tercera categoría general es la de la incertidumbre política. La incertidumbre política de las fincas públicas en la región es tan endémica que se ha convertido en un círculo vicioso. En este entorno nadie puede garantizar que aunque actúe de buena fe obtendrá la respuesta deseable en los demás. Esto es cierto en cualquier punto ideológico en el que nos situemos.

Conclusión

Existe un acuerdo casi general de que una parte significativa de las zonas forestales en el Interior Noroeste se encuentran fuera de la variabilidad histórica y que una consecuencia de esta situación es una mayor probabilidad de incendios forestales devastadores. Hay también un acuerdo casi general, sobre todo entre los que viven cerca de estos bosques de que este aumento de probabilidad es inaceptable dadas las consecuencias de estos acontecimientos. Dado que la situación actual se ve en general como inaceptable, es necesario realizar cambios en las condiciones forestales. Sin embargo, la naturaleza de estos cambios y los medios para alcanzarlos están sometidos a una serie de dilemas biofísicos y sociopolíticos que confunden la aplicación de los tratamientos propuestos. Como ya hemos señalado, Gould y Allen (1986) indican que estos problemas perversos deben verse como síntomas de problemas de más alto nivel, y que los distintos observadores a menudo están en desacuerdo sobre la naturaleza de estos problemas de más alto nivel. Ciertamente, el debate que existe hoy sobre el problema del fuego ilustra esta tendencia. Probablemente no vale la pena gastar más energía en el debate filosófico sobre qué tipo de problema de más alto nivel refleja el dilema del fuego, ni pensar en términos de una vez por todas o soluciones rápidas para el "problema del peligro de incendio". Quizá sería más útil pensar en términos de mejora del sistema. Ciertamente, el problema del peligro de incendio existirá durante mucho tiempo y quizá sería un primer paso que los responsables de la gestión forestal acepten esta realidad biofísica y preparen al público para este largo recorrido. Pasará por lo menos una generación antes de que sepamos realmente si hemos hecho progresos significativos en la mejora del paisaje en lo referente al "problema del peligro de incendios", incluso entonces puede ser difícil calibrar los progresos realizados en términos de relación de causa y efecto, teniendo en cuenta el impacto de acontecimientos incontrolables y casi incontrolables como los ciclos de humedad y sequía y cambio climático sobre frecuencia e intensidad de incendios. También sería útil enfrentarse con la realidad sociopolítica de que debe intentarse necesariamente estas mejoras, al menos por ahora en un entorno de confianza relativamente escasa y de un gran desacuerdo e

incertidumbre científico y político. A esto se añade el hecho de que el "problema del peligro de incendio" cruza fronteras jurídicas, categorías de propiedad de la tierra y miles de interlocutores. Así que sugerimos un enfoque flexible y centrado en las personas, como defiende Gould y Allen (1986) mas que "un remedio para todos" tecnocrático. Aunque sin duda es importante tener en cuenta la gran dinámica de paisajes descrita por Hesssburh y Agee (2003) y otros ecologistas del paisaje en su análisis del "problema del peligro de incendio" pensamos que las mejoras de los sistemas tienen que irse aumentando. Dada la naturaleza de estas mejoras y el desfase de tiempo entre los tratamientos y la respuesta ecológica, es improbable que se produzca un momento totalmente satisfactorio en el podemos proclamar que el problema está "resuelto". En vez de esto, lo mejor que podemos esperar es un cambio gradual y el aprendizaje social y económico necesarios debe acompañar este cambio.

Referencias

Adams, David L. 1995. **The northern Rocky Mountain region.** In: Barrett, Robert J., ed. Regional silviculture of the United States. New York: John Wiley and Sons, Inc.; 387-440.

Allen, Gerald M.; Gould, Ernest M. 1986. **Complexity, wickedness, and public forests.** Journal of Forestry (84)4: 20-24.

Arno, Stephen F. 2000. **Fire regimes in western forest ecosystems.** In: Brown, J.K. ed. Effects of fire on flora. Gen. Tech. Rep. RM-GTR-42, vol. 2. Fort Collins, CO: Rocky Mountain Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture; 97-120.

Agee, James K. 1993. **Fire ecology of Pacific Northwest forests.** Washington, D.C.: Island Press; 493 p.

Arno, Stephen F.; Allison-Bunnell, Steven. 2002. **Flames in our forest: Disaster or renewal?** Washington, D.C.: Island Press; 227 p.

Barrett, Stephen W.; Arno, Stephen F. 1999. **Indian fires in the Northern Rockies.** In: Boyd, R., ed. Indians, fire and the land in the Pacific Northwest. Corvallis, OR: Oregon State University Press; 50-64.

Bassman, John H.; Johnson, Jon D.; Fins, Lauren; Dobrowolski, James P. 2003. **Rocky Mountain ecosystems: Diversity, complexity and interactions.** Tree Physiology (23): 1081-1089.

Carroll, Matthew S.; Cohn, Patricia J.; Blatner, Keith A. 2004. **Private and tribal forest landowners and fire risk: A two county case study in Washington State.** Unpublished paper supplied by authors.

Checkland, Peter. 1981. **Systems thinking, systems practice.** New York: John Wiley and Sons, Inc.; 330 p.

Clark, Lance R.; Sampson, R. Neil. 1995. **Forest ecosystem health in the Inland West: A science and policy reader.** Washington, D.C.: Forest Policy Center, American Forests; 37 p.

Daniels, Steven E.; Walker, Gregg B. 2001. **Working through environmental conflict: The collaborative learning approach.** Westport, CT: Praeger; 299 p.

Fiedler, Carl E.; Keegan, Charles E.; Woodall, Chris W.; Morgan, Todd A; Robertson, Steve H.; and Chmelik, John T. 2001. **A strategic assessment of fire hazard in Montana.**

Missoula: Bur. Business and Economic Research, The Univ. of Montana. 39 p. Available from BBER. Missoula, MT.

Fiedler, Carl E.; Keegan, Charles E.; Robertson, Stephen H.; Morgan, Todd A.; Woodall, Chris W.; Chmelik, John T. 2002. **A strategic assessment of fire hazard in New Mexico.** Missoula: Bur. Business and Economic Research, The Univ. of Montana. 27 p. Available from BBER. Missoula, MT.

Hessburg, Paul F.; Agee, James K. 2003. **An environmental narrative of Inland Northwest United States forests, 1800-2000.** Forest Ecology and Management 178: 23-59.

Huff, Mark H.; Ottmar, Roger D.; Alvarado, Ernesto; Vihnanek, Robert E.; Lehmkuhl, John F.; Hessburg, Paul F.; Everett, Richard L. 1995. **Historical and current forest landscapes in eastern Oregon and Washington. Part II: Linking vegetation characteristics to potential fire behavior and related smoke production**. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-355. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 43 p.

Johnson, Kenneth N.; Glenn V. Fuguitt (2000). **Continuity and change in rural migration patterns, 1950-1995**. Rural Sociology 65(1): 27-49.

Keegan Charles E.; Morgan, Todd A; Wagner Frances G; Spoelma, Timothy P.; Cohn, Patricia J; Blatner, Keith A.; Shook, Steven R. 2004. **Timber use, processing capacity, and capability to utilize small-diameter timber within USDA Forest Service, Region One timber-processing area.** Missoula: Bur. Business and Economic Research, The Univ. of Montana. 24 p. Available from BBER. Missoula, MT.

McCool, Stephen F.; Kruger, Linda E. 2003. **Human migration and natural resources: Implications for land managers and challenges for researchers**. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-580. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 19 p.

National Fire Plan. 2000. **A collaborative approach for reducing wildland fire risks to communities and the environment 10-year comprehensive strategy implementation plan.** http://www.fireplan.gov/reports/11-23-en.pdf

Pass, James. 2004. **A ponderosa pine forest stand and fuel dynamics model.** Pullman, WA: Washington State University; M.S. Thesis.

Pyne, Stephen J. 1982. **Fire in America: A cultural history of wildland and rural fire.** Princeton: Princeton University Press; 654 p.

Pyne, Stephen J. 2001. **The perils of prescribed fire: A reconsideration.** Natural Resources Journal 41: 1-8.

Rapp, Valerie, ed. 2004. **Western forests, fire risk and climate change.** Science Update 6(1). Portland, OR: Pacific Northwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture; 12 p.

Rudzitis, Gundars. 1999. **Amenities increasingly draw people to the rural west.** Rural Development Perspectives 14(2): 9-13.

Sandberg, David V.; Dost Frank N. 1990. **Effects of prescribed fire on air quality and human health.** In Walstad, John D.; Radosevich, Steven R.; Sandberg, David V. eds. Natural and prescribed fire in Pacific Northwest Forests. Corvallis, OR: Oregon State University Press; 191-218.

Schindler, Bruce; Reed, Michelle A. 1996. **Forest management in the Blue Mountains: Public perspectives on prescribed fire and mechanical thinning.** Corvallis, OR: Department of Forest Resources, Oregon State University 70 p.

Schindler, Bruce; Toman, Eric. 2003. **Fuel reduction strategies in forest communities: A longitudinal analysis of public support.** Journal of Forestry 101(6):8-15.

Stewart, Hayden G.; Blatner, Keith A.; Wagner, Frances G.; Keegan, Charles E. 2003a. **Risk and economic feasibility of processing small-diameter material in the U.S. West part I: Structural lumber.** Unpublished draft supplied by the authors.

Stewart, Hayden G.; Blatner, Keith A.; Keegan, Charles E. 2003b. **Risk and economic feasibility of processing small-diameter material in the U.S. West part II: market Pulp and OSB.** Unpublished draft supplied by the authors.

TriData. 1997. **Fire program review: Final report for the State of Washington.** Olympia: Department of Natural Resources. 284 p. Olympia, WA.

Winter, Gregory J.; Vogt, Christine; Fried, Jeremy S. 2002. **Fuel treatments at the wildland-urban interface: Common concerns in diverse regions.** Journal of Forestry 100(1): 15-21.

Wilson, Kathleen K.; Morren, George E.B. 1990. **Systems approaches for improvements in agriculture and resource management.** New York: MacMillan; 361 p.

Estimación de Factores de Riesgo Humano de Ignición en España Mediante Regresión Logística[1]

Jesús Martínez,[2] Emilio Chuvieco,[3] Pilar Martín[4]

Resumen

La actividad humana es el factor principal de ignición de incendios forestales en España, al igual que en el resto de los países del Sur de Europa. Dado que la mayor parte de los incendios son el resultado de la actividad y el comportamiento humanos, su análisis debe basarse en los signos dejados en el territorio por aquellos que podemos considerar responsables. Sin embargo, como resulta normalmente difícil de conseguir directamente, una buena solución podría ser deducir los orígenes humanos de la ignición a partir de indicadores indirectos de su número, actividad y distribución.

El primer objetivo de este trabajo era identificar las variables significativas que pueden utilizarse para predecir el riesgo de ignición por causas humanas en España. El segundo es proponer un modelo de predicción de ocurrencia de incendios por causas humanas, con un horizonte a largo plazo. El modelo se ha construido utilizando la regresión logística mediante el análisis de las relaciones entre la densidad de incendios causados por el ser humano en el área forestal municipal durante un periodo de 13 años (variable dependiente) y 26 variables geográficas, socioeconómicas y medioambientales (variables independientes) para 7704 municipios del territorio peninsular español y las islas Baleares. El modelo predice adecuadamente la probabilidad de que cada unidad espacial tenga una incidencia alta o baja de incendios producidos por causas humanas y proporciona una idea de la importancia relativa de cada factor humano para explicar la ignición.

Introducción

Según revelan datos de la Dirección General para la Conservación de la Naturaleza (DGCN) para el periodo 1988-99, el 96 por ciento de los incendios en España se debió directa o indirectamente a la acción del hombre, lo que pone de manifiesto la estrecha relación existente entre incendios y actividades humanas. A la vista de estos datos, es evidente el interés de considerar el factor humano en los planes de prevención. Sin embargo, esta evidencia contrasta con la escasa importancia concedida a los factores humanos frente a los físicos (topografía, combustibles y meteorología) en los análisis cuantitativos del riesgo de incendio.

[1] Una versión abreviada de esta ponencia se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía de los programs de protección contra incendios forestales: una visión global, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] Becario de investigación en el Departamento de Geografía de la Universidad de Alcalá. C/ Colegios 2, 28801 Alcalá de Henares. España. jesus.mar@uah.es.

[3] Catedrático de Análisis Geográfico Regional del Departamento de Geografía. Universidad de Alcalá.

[4] Científica Titular del Instituto de Economía y Geografía del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. C/ Pinar 25, 28006 Madrid. España.

El riesgo humano de ignición puede definirse como la probabilidad de que ocurra un incendio como consecuencia de la presencia y actividad, ya sea directa o indirecta, del hombre. En este sentido, evaluar la acción humana como agente de ignición resulta una tarea compleja, entre otras razones por la dificultad para obtener datos sobre la cantidad de personas presentes en una zona forestal, las actividades que realizan y cómo utilizan el fuego (Vega García y otros 1993). De hecho, los datos temporales y diarios necesarios para evaluar el factor humano del riesgo de incendio no están generalmente disponibles (Martell y otros 1987) tal y como lo pueden estar variables como la temperatura o la humedad relativa. Además, el hombre, es uno de los elementos más dinámicos del espacio y su actividad o actitudes, en ciertas ocasiones, no tiende a seguir patrones espaciales determinados, o al menos, resulta más difícil determinarlos, como es el caso de la piromanía o ciertas motivaciones intencionadas. Sin embargo, para otro tipo de causas, como las relacionadas con las actividades recreativas o con las quemas agrícolas y ganaderas, si que parece más sencillo obtener variables espaciales. Todas estas dificultades han llevado frecuentemente a los investigadores y a los organismos responsables de la lucha contra incendios a adoptar dos tipos de soluciones al respecto; por una parte a dejar el componente de riesgo humano fuera de sus modelos de predicción o, al menos, a tratarlo de manera muy marginal, y, por otra, a obtener algunos estimadores indirectos de las actividades humanas de riesgo, es decir, indicadores de actividades que sean causa habitual de incendio, y que principalmente son de carácter estructural, es decir, hacen referencia a los rasgos más permanentes del territorio y la población.

En este trabajo se parte de la hipótesis de que los incendios producidos por el hombre de forma reiterada en un determinado ámbito geográfico, no pueden explicarse sólo por las condiciones físicas o naturales del medio. Por otro lado, tampoco se pueden reducir a factores de comportamiento humano individual, sujetos únicamente a las reglas del puro azar. Pensamos, más bien, que este tipo de incendios, suelen ser resultado de una pauta social cuyo origen hay que buscar en las condiciones forestales, ambientales y socioeconómicas de cada zona.

En lo que se refiere al riesgo humano de ignición, ya desde los años sesenta aparecen algunos estudios en los que se intenta considerar el factor humano para explicar o predecir la ocurrencia de incendios a partir de variables, más o menos indirectas, sobre el número, distribución y actividades de los seres humanos sobre el territorio, obtenidas fundamentalmente de fuentes censales y encuestas (Altobellis 1983, Bertrand y Baird 1975, Christiansen y Folkman 1971, Cole y Kaufman 1963, Doolittle1972, Hasbrough 1961, Johnson 1968, Jones y otros 1965). En general, en estos estudios se concluye que más importantes que quienes son los incendiarios parecen ser las actividades que desarrollaban

En década de los 80 comienzan a aparecer los primeros estudios de riesgo de incendio con un enfoque claramente más “espacial” o “cartográfico”, en los que se consideran, junto a variables físicas, este tipo de factores o variables humanas (Aerial Information Systems Inc. 1981, Bradshaw y otros 1987, Chuvieco y Congalton 1989, Donoghue y Main, 1985, Phillips y Nickey 1978). A partir de los años 90 su número se ha incrementado gracias a la mayor disponibilidad de datos digitales cartográficos y estadísticos que se integran en Sistemas de Información Geográfica (entre otros: Abhineet y otros 1996, Benvenuti y otros 2002, Chou 1990 y 1992; Chuvieco y otros 1999, Kalabokidis y otros 2002, Salas y Chuvieco 1994, Vega-García y otros 1993 y 1995, Vasconcelos y otros 2001, Vliegher 1992). En todos ellos se utilizan fundamentalmente variables relacionadas con las actividades recreativas en el monte,

las vías de comunicación (proximidad a carreteras y sendas, etc), o con la presión y presencia antrópica (densidad de población, asentamientos humanos). Este tipo de variables son las que, desde el principio, más se han utilizado en casi todas las investigaciones, ya que son las más fácilmente espacializables, aunque, dependiendo de las zonas, no siempre son las más importantes. A veces, se introducen ciertas modificaciones, o se proponen diferentes modos para estimar un determinado factor (por ejemplo, utilizando la distancia a las zonas más habitadas en vez de a las carreteras, o se emplea la accesibilidad a ciertos elementos recreativos en vez de las zonas de acampada) o bien se introducen otros nuevos, no considerados anteriormente, como el valor comercial del bosque o el tipo de propiedad.

A pesar de la existencia de estos trabajos empíricos, existe aún un largo camino por recorrer en la predicción y modelización del riesgo de incendios de origen humano. Para ello, un primer paso consiste en identificar y establecer la importancia relativa de todos los factores de riesgo vinculados a la actividad humana en cada zona de estudio. Este esfuerzo previo, se hecha en falta en algunas de las investigaciones revisadas, que incluso pueden parecer algo reduccionistas, ya que consideran solo una pequeña parte del conjunto de factores humanos que estarían realmente vinculados a la ocurrencia. Sin embargo, resulta positivo observar como hay un progresivo interés en la utilización de este tipo de variables.

Objetivos

El objetivo de esta comunicación es presentar la metodología y los resultados provisionales obtenidos para modelar el riesgo humano a escala nacional en España. Se pretende obtener un índice mediante regresión logística para predecir la probabilidad de que una unidad espacial tenga una alta o baja ocurrencia de incendios de origen humano. A su vez, se pretendía que el modelo proporcionara una idea de la importancia relativa de cada factor humano en la ocurrencia de incendios. Los resultados se representan en forma de mapas de riesgo.

Área de estudio y unidad de análisis

Puesto que el objetivo es obtener un visión global de los factores humanos de ignición en España, el área de estudio abarca todo el territorio peninsular español y el archipiélago de Baleares. No se ha podido incluir las Comunidades de Navarra y Canarias debido a la falta de datos para algunas variables de importancia. En futuros trabajos se tendrá en cuenta la diversidad de situaciones de causalidad y riesgo existentes a lo largo del país, comparando diferentes modelos para varias regiones.

La unidad espacial de análisis se ha escogido en función de la variable dependiente, es decir teniendo en cuenta la disponibilidad de datos sobre incendios. En España, por ejemplo, no se pueden considerar los puntos de ignición, ya que son muy escasos los partes de incendios en los que se recogen las coordenadas x e y. Por ello, se han utilizado los municipios (7004 para la zona de estudio) como base tanto para localizar geográficamente los incendios, a partir de la base de datos de los partes suministrada por la DGCN, como para generar las variables independientes.

Metodología

El primer paso de nuestro trabajo consistió en identificar, a partir de revisiones bibliográficas y consultas a expertos, los factores antrópicos relacionados con la ocurrencia de incendios forestales en España (Martínez y otros 2004). Esto nos permitió elaborar una lista de factores de riesgo en la que se propone una o varias variables para medirlos cuantitativamente. Dependiendo de la fuente de adquisición de los datos, estas variables pueden ser estadísticas y/o cartográficas.

Generación de variables de riesgo y análisis espacial

La "geo-base de datos" creada para los 7004 municipios del área de estudio está compuesta por 23 variables de ocurrencia y causalidad histórica de incendios forestales y por 108 variables independientes referidas a características sociodemográficas y territoriales. Las variables estadísticas[5] fueron recopiladas de fuentes censales y las variables espaciales[6], tales como la red de carreteras, los espacios naturales protegidos, usos del suelo, etc., se obtuvieron de mapas digitales de organismos nacionales. Para obtener superficies municipales y otro tipo de variables derivadas, fue necesario realizar variadas operaciones y análisis espaciales con herramientas incorporadas en los Sistemas de Información Geográfica Se utilizaron los programas ArcInfo 7.2, ArcGis-ArcInfo 8, ArcView 3.2. e Idrisi 3.2.

Variable dependiente

Una de las cuestiones más relevantes fue escoger la variable dependiente, aquella que se pretendía explicar y predecir, que finalmente se definió como el número de incendios de origen humano ocurridos en el período 1988-2000. La elección del período temporal responde a dos razones: la disponibilidad de datos y la mayor homogeneidad de los mismos tanto en lo que se refiere a la recogida de la información como a las características de causalidad de los incendios ocurridos en este período. Debido a que la unidad espacial de referencia elegida para el análisis, el municipio, presenta tamaños muy diversos, fue necesario relativizar la variable dividiendo el número de incendios ocurrido en cada municipio por la superficie forestal municipal, según lo que la DGCN considera como índice de ignición.

Variables independientes

Una de las principales dificultades de este trabajo fue encontrar datos en formato digital accesibles, actualizados y homogéneos para todas los municipios del país. Con

[5] **Fuentes estadísticas**: (1) Censo de Población y Viviendas de 1991, INE. (2) Padrón Municipal de 1996. Cifras oficiales de Población, INE. (3) Cifras oficiales de población y padrón Municipal de 2001, INE. (4) Nomenclátor de 2001 y Relación de unidades poblacionales, INE. (5) Series históricas de población de hecho desde 1900 hasta 1991, INE. (6) Atlas de la Población Española: Análisis de Base Municipal (CD-ROM). (7) Censo Agrario de 1989, INE (8) Censo Agrario de 1999, INE (9) Encuestas de la U.E de ganado por tipo de animales, 1999. (10) Base de datos de los partes de incendio.

[6] **Fuentes cartográficas**: (1) Mapa de Usos Forestales del 2º Inventario Forestal Nacional 1:50.000, 1986-96, DGCN. (2) Mapa de Propiedades del 2º Inventario Forestal Nacional 1:50.000, 1986-1996, DGCN. (3) Mapa de Espacios Naturales Protegidos 1:50.000, DGCN. (4) Mapa de Cultivos y Aprovechamientos 1:50.000, Ministerio de Agricultura, 1974-1980. (5) Mapa de Productividad Potencial Forestal 1:200.000, Ministerio de Medio Ambiente (6) Corine Land Cover de España (raster 100x100 m), European Topic Center on Land Cover (ECT/LC), European Environment Agency. (7) Mapa de potenciales de población de España (Univ. de Zaragoza) resolución de 25 km^2. (8) Mapa de carreteras 1:1000000 adaptado por ESRI España. (9) Mapa de ferrocarriles 1:1.000.000, Instituto Geográfico Nacional. (10) Limites municipales 1996 1:200.000, Instituto Nacional de Estadística (INE).

frecuencia los datos necesarios para medir un determinado factor no existen para todas o algunas de unidades de estudio. En otras ocasiones el esfuerzo económico o de recopilación era muy elevado. Por ello, no fue posible conseguir el conjunto "ideal" de variables, teniendo que descartar algunas variables, teóricamente muy relacionadas con los incendios (por ejemplo las áreas recreativas, la caza, recursos de extinción y vigilancia, permisos de quemas agrícolas y ganaderas, líneas eléctricas, vertederos, sendas forestales, etc). En total se generaron 108 variables independientes, agrupadas según el tipo de factor de riesgo humano al que contribuyen. Aunque muchas de ellas en realidad representan conceptos similares, se procuró que cada variable recogiese alguna característica específica que la diferenciase del resto. Sin embargo, siempre que se trabaja con un conjunto tan grande de variables, el grado de multicolinearidad es inevitablemente muy elevado. A pesar de ello, lo que se pretendía era seleccionar únicamente aquellas variables que para un determinado factor tuvieran mayor influencia o relación con la ocurrencia de incendios, cosa que de partida desconocíamos.

Con el fin de reducir los posibles efectos de multicolinealidad y el ruido de variables irrelevantes, se realizaron análisis exploratorios y matrices de correlación entre todas las variables. Además se examinaron varios estadísticos de diagnóstico de multicolinealidad obtenidos en análisis de regresión lineal, como el coeficiente de tolerancia, el factor de inflacción de la varianza (VIF), etc. Tras todos estos análisis se seleccionaron 26 variables para crear el modelo de riesgo final.

Para comprobar que la selección de esas 26 variables era adecuada, se llevaron a cabo también algunos test de estadística comparativa entre conjuntos de datos. En este caso, interesaba comprobar si existía o no una diferencia significativa en los valores de las variables seleccionadas correspondientes a dos muestras de municipios, unos con alta incidencia de incendios y otros con baja incidencia. Si estos test mostraban una escasa diferencia entre los valores de una determinada variable entre esos dos conjuntos de municipios se podría asumir que esa variable no estaba relacionada con la ocurrencia de incendios. Se aplicaron las pruebas paramétricas y no paramétricas de U-Mann-Whitney y Ji Cuadrado para dos muestras y la prueba H de Kruskal-Wallis para cuatro muestras. Las tres pruebas presentaron resultados muy similares, señalando como significativamente todas las variables previamente seleccionadas, a un nivel inferior al 0,05.

Regresión Logística

El modelo de regresión logística ha sido utilizado previamente, y con buenos resultados, para predecir la probabilidad de ocurrencia de incendios y examinar las los factores más críticos de incidencia tanto a escala local (Chou 1992, Chou y otros 1993, Latham y Schilieter 1989, Loftsgaarden y Andrews 1992, Vasconcelos y otros 2000, Vega-García y otros 1993 y 1995) como regional y global (Chuvieco y otros 1999, Martell y otros 1987 y 1989). Esta técnica de regresión, muy flexible y fácil de usar, es la más conocida y utilizada cuando la variable dependiente a predecir es dicotómica, en función los valores de un conjunto de variables predictoras. Se basa en la siguiente función:

$$f(z) = \frac{1}{1 + e^{-z}}$$

donde z se obtiene por una combinación lineal estimada de las variables independientes mediante un ajuste de máxima probabilidad. Los valores z se pueden

interpretar como la probabilidad de ocurrencia del fenómeno. La función $f(z)$ convierte los valores de z en una función continua cuyo rango oscila entre 0 y 1. Habitualmente los valores menores a 0,5 se asignan a no ocurrencia del fenómeno y los iguales o superiores se interpretan como ocurrencia.

Antes de abordar el análisis de regresión, se seleccionaron únicamente aquellos municipios que cumpliesen dos requisitos: tener uno o más incendios durante el periodo de estudio y poseer más de 50 ha (0,5 km^2) de superficie forestal. Se pretendía con ello reducir casos con valores extremos o extraños en la variable dependiente. Así se redujo en número de casos de 7704 a 6080 municipios. Además, y con el propósito de realizar una validación de los resultados obtenidos, se seleccionaron aleatoriamente el 60% de los casos (es decir, 3619 municipios) que fueron los que finalmente se emplearon para calcular la función de regresión. El 40% restante, se utilizó posteriormente para validar o medir la calidad de las estimaciones.

Por otro lado, como se trataba de predecir la probabilidad de alta o baja ocurrencia de incendios, fue preciso convertir la variable dependiente en una variable dicotómica. Para hacerlo, se optó por ordenar, de menor a mayor incidencia, los 3619 municipios seleccionados tomando como referencia la variable dependiente. A continuación, se dividió la variable en tres grupos con idéntico número de casos (1206). A los municipios incluidos en el primer grupo (baja incidencia) se les dio el valor 0 y a los del grupo 3 (alta incidencia) se les asignó el valor 1. Se descartaron los municipios del grupo 2 (incidencia media) para la construcción del modelo.

Los cálculos de la regresión logística se realizaron con el paquete estadístico SPSS v.11.5. Se ensayaron diversos métodos automáticos, controlando los criterios por los cuales las variables se introducen y se eliminan de la ecuación: por pasos hacia delante, por pasos hacia atrás e introducir todos. El punto de corte para la clasificación de los casos se estableció en 0,5.

Resultados

Tras probar diferentes métodos automáticos de selección de variables, se eligió el "stepwise forward selection algorithm", que nos proporcionó 17 modelos diferentes. Entre todos ellos se escogió el último modelo que lograba el porcentaje de acierto global más alto e incluía el mayor número de variables. Aunque quizá no sea aconsejable incluir en el modelo un número tan elevado de variables, se eligió éste porque pretendíamos, más que obtener buenas predicciones, lograr un modelo explicativo, en el que se observaran las variables y factores más influyentes en la ocurrencia. Las variables incluidas en el modelo (con números arábigos) y agrupadas por tipo de factores (indicados en letra cursiva) son las siguientes:

Transformaciones socioeconomicas en entornos urbanos: presión antrópica sobre zonas forestales y crecimiento urbano:

1. Porcentaje de zona de interfaz urbano forestal en el municipio (IUFSUP_P)
2. Variación de la población de hecho entre 1950 y 1970 (CRE50_70)

Transformaciones socioeconomicas en áreas rurales: éxodo rural, envejecimiento de la población, abandono de cultivos y actividades tradicionales en el monte

3. Porcentaje de sup. agrícola que cambió a forestal entre los 70 y 90 (ICO_90)

Mantenimiento de actividades tradicionales relacionadas con el fuego en áreas rurales: agricultura y ganadería

4. Porcentaje de ocupados en el sector primario (OCUPAGRA)
5. Porcentaje de zona de interfaz cultivo-forestal en el municipio (ICFSUP_P)
6. Densidad de ganado en régimen extensivo sobre la sup. forestal (GAN_FOR)
7. Porcentaje de zona de interfaz pasto-forestal en el municipio (IPFSUP_P)

Desinterés por el monte y su conservación. Insuficiente protección y gestión de los terrenos forestales:

8. Porcentaje de superficie de montes con menor gestión, control y ordenamiento a lo largo del tiempo (montes privados, de entidades locales de libre disposición consorciados y los montes vecinales en mano común). (NOGES_PF)

Accesibilidad y riesgo derivado de las vías de comunicación:

9. Densidad de carreteras por superficie municipal (ROADMU_D)
10. Densidad de vías de ferrocarril por superficie municipal (FFCCMU_D)

Otros factores que pueden causar incendios por accidentes o negligencias:

11. Densidad de maquinaria agrícola sobre superficie municipal (MAQUIN_D)
12. Porcentaje de la zona de interfaz entre infraestructuras de riesgo (vertederos, minas y canteras) y las zonas forestales. (IFIFSU_P)

Estructura del paisaje, territorio y poblamiento:

13. Densidad de parcelas agrícolas (fragmentación agrícola) (PAR_SEXP)
14. Porcentaje de población que vive en diseminados (DISEM_P)
15. Densidad de entidades singulares de población (ENTSIN_M)
16. Media municipal del índice de fragmentación. (FRAG7X7)

Factores que generan conflictos y pueden desembocar en incendios intencionados:

17. Tasa de paro (PARO)

En la *tabla 1* se observan los coeficientes de la regresión y el estadístico *Wald*, con su correspondiente nivel de significación, para cada variable independiente. Las variables han sido ordenadas de forma descendente según el nivel de significación del estadístico *Wald*. También se ha calculado el cambio en –2LL si una variable es eliminada en cada paso (-2LL es el logaritmo neperiano del coeficiente de verosimilitud multiplicado por –2), que es también una medida complementaria de la importancia de las variables en el modelo. Las variables que primero aparecen en la *tabla 1*, por orden descendente, son las que más influencia tienen en la ocurrencia de incendios a nivel nacional: la densidad de maquinaria agraria, la densidad de parcelas agrícolas, la densidad de entidades singulares de población, la densidad de ganado en régimen extensivo en zonas forestales y la tasa de paro.

Tabla 1— *Variables incluidas en el modelo y coeficientes de la regresión*

Variables: Paso 17	Coef B	E.T.	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	Cambio en -2LL si se elimina la variable
MAQUIN_D	0,538	0,047	129,150	1	0,0000	1,7132	186,234
PAR_SEXP	0,013	0,002	64,595	1	0,0000	1,0130	76,107
ENTSIN_M	6,999	0,974	51,647	1	0,0000	1095,8907	71,469
GAN_FOR	0,013	0,002	51,451	1	0,0000	1,0127	88,979
PARO	0,026	0,005	25,014	1	0,0000	1,0259	25,047
ICFSUP_P	-0,130	0,027	22,853	1	0,0000	0,8778	23,785
CRE50_70	0,011	0,002	22,796	1	0,0000	1,0109	27,955
ROADMU_D	0,002	0,000	16,492	1	0,0000	1,0020	17,040
FRAG7X7	102,114	25,165	16,465	1	0,0000	2,225E+44	16,895
DISEM_P	-0,027	0,007	15,474	1	0,0001	0,9731	17,271
FFCCMU_D	0,003	0,001	9,377	1	0,0022	1,0030	9,624
OCUPAGRA	0,010	0,004	7,391	1	0,0066	1,0101	7,431
IPFSUP_P	-0,125	0,046	7,282	1	0,0070	0,8827	7,549
IFIFSU_P	0,767	0,317	5,840	1	0,0157	2,1531	7,609
IUFSUP_P	0,319	0,141	5,100	1	0,0239	1,3752	6,490
ICO_90	0,011	0,005	4,759	1	0,0291	1,0109	4,667
NOGES_PF	-0,005	0,002	4,443	1	0,0350	0,9949	4,420
Constant	-3,766	0,326	133,579	1	0,0000	0,0231	

Según estos resultados, factores de riesgo como la estructura del territorio, especialmente la fragmentación de la actividad agrícola, y la utilización negligente del fuego en actividades tradicionales en zonas rurales (quemas de matorral realizadas por pastores para regenerar los pastos y quemas de rastrojos, restos y podas agrarias) son de gran importancia en la ocurrencia de incendios en España. Otras variables incluidas en el modelo son: el interfaz urbano-forestal, la presencia y densidad de carreteras y ferrocarril y la variación de población entre 1950-1970. La mayoría de los signos de los coeficientes para cada variable son lógicos en relación al conocimiento previo que se tiene de las causas de incendios en España. Para alguna variable la relación no es la esperada, como en el caso del interfaz agrícola-forestal, cuyo coeficiente es negativo. Estos signos contradictorios se pueden deber a posibles efectos de multicolinealidad que no se han podido eliminar.

La bondad de ajuste de la regresión se recoge en la *tabla 2*. El porcentaje de acierto global de la clasificación supera el 85 % y alcanza el 90% para los municipios con baja incidencia de incendios. Se puede decir que la exactitud de la clasificación es muy buena, si consideramos que el área de estudio es bastante grande y abarca situaciones de riesgo y causalidad humana muy diferentes, y que no se han tenido en cuenta variables de tipo físico.

Tabla 2— *Tabla de contingencia acierto/error de la clasificación por regresión logística. Casos predichos frente a observados (muestra del 60%)*

OBSERVADO		**PREDICHO**		
		Baja	Alta	% de acuerdo
		0	1	
Baja ocurrencia	0	1080	117	90,23
Alta ocurrencia	1	221	976	81,54
Porcentaje global de acierto				**85,88**

Para confirmar la validez de los resultados, se aplicó la ecuación resultante del modelo a la muestra de control que incluía el 40 % de los municipios (1640). El porcentaje global de acuerdo es casi el mismo (84% correctamente clasificados) que el obtenido con la muestra original del 60% con la que se construyó el modelo.

En la *figura 1* se presenta un mapa contrastando la probabilidad de ignición pronosticada con la observada para el conjunto de municipios utilizados en la validación (muestra del 40%). Los municipios donde no coincide la ocurrencia pronosticada y la ocurrencia observada se representan en color azul (sobrestimado ó predicho pero no observado) o en color verde (observado pero no predicho ó infraestimado). Para estos casos el modelo no funciona adecuadamente, lo que indica que es necesario tener en cuenta otras variables explicativas, o incluso diseñar otro modelo diferente para estos casos. En rojo y naranja aparecen los municipios correctamente clasificados.

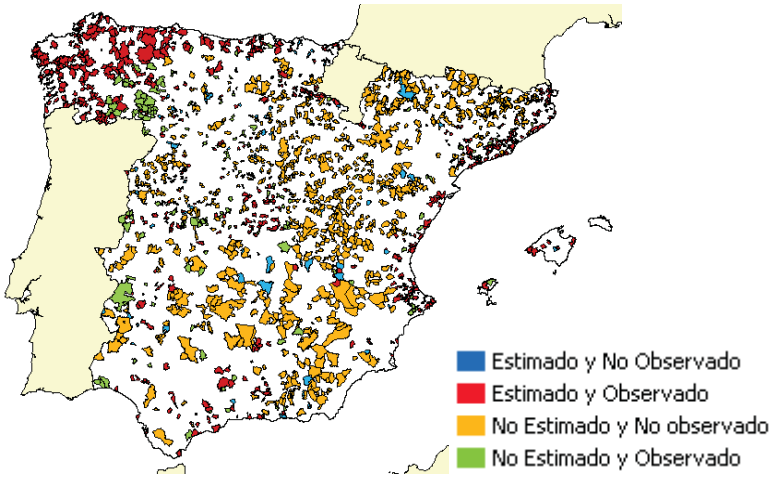


Figura 1—Validación del modelo de estimación de la ocurrencia. Ocurrencia pronosticada frente a observada (muestra del 40%)

Una vez verificada la validez del modelo, se aplicó a todos los casos del área de estudio que cumplían los requisitos previamente mencionados (6080 municipios) y se generó un mapa que expresa, en una escala probabilística comprendida entre 0 y 1, la posibilidad estimada de que un municipio cuente con alta incidencia de incendios provocados por la actividad humana (*fig. 2*). La escala ha sido dividida en cinco intervalos con el mismo número de casos (cuantiles) para facilitar su visualización. Los municipios que aparecen en blanco son aquellos que no entraron dentro del análisis por no haber padecido incendios y no tener más de 50 ha de forestales.

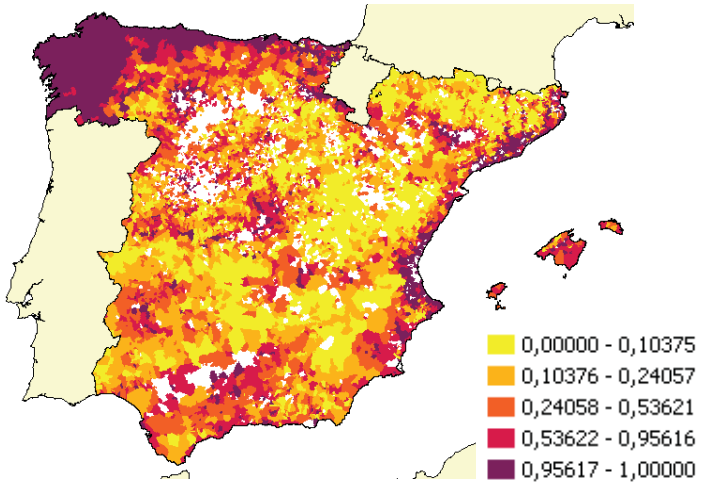


Figura 2—Probabilidad de alta ocurrencia de incendios por factores humanos

La comparación visual entre este mapa y el que aparece en la *figura 3*, que representa la variable dependiente original, nos da una idea de la buena adecuación del modelo con la realidad de la ocurrencia histórica.

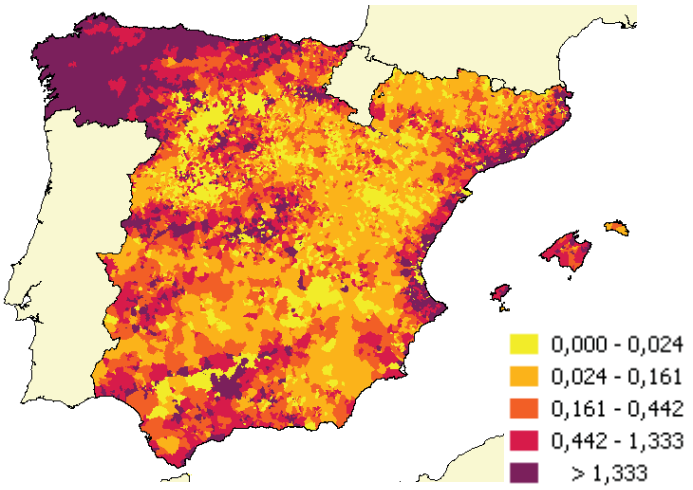


Figura 3— Índice de ignición: número de incendios forestales de origen humano / superficie forestal del municipio (clasificación de intervalos por cuantiles)

Conclusiones y discusión

En este trabajo se ha intentado mostrar la potencialidad de la estadística espacial y de la cartografía del riesgo estructural como herramientas para mejorar el conocimiento sobre los incendios forestales, especialmente necesario sobre todo de cara a planificar y diseñar los planes y políticas de prevención a escala estatal. El método de regresión logística, se ha mostrado nuevamente, aunque con ciertas limitaciones, como una técnica sencilla y eficaz para el estudio de las variables que explican el riesgo de incendio, en este caso para identificar los factores humanos más influyentes a escala global en España.

Los resultados obtenidos confirman la importancia que tiene la utilización negligente o intencionada del fuego en actividades ganaderas y agrícolas en zonas rurales. Según datos de causalidad para el periodo 1988-2001, las quemas de matorral

para regenerar el pasto y las quemas agrícolas con fines diversos, son la causa principal conocida tanto de negligencias (42,7%) como de incendios intencionados (69,6%). Ambas suponen el origen del 20,4% del total de incendios, aunque se estima que pueden alcanzar el 50%. Por otro lado, factores referidos a la estructura del paisaje o territorio, como el grado de fraccionamiento de la propiedad agrícola (minifundismo) o el índice de fragmentación, unido al abandono agrario (porcentaje de cambio agrícola a forestal) parecen contribuir a crear situaciones graves de peligro. Pensamos que el abandono generalizado de parcelas agrícolas, aunque sean de muy pequeño tamaño, y que han sido colonizadas por vegetación altamente inflamable, constituye una seria amenaza para las zonas forestales contiguas, aunque éstas se encuentren bien cuidadas. Esta situación se ve en ocasiones agravada por la existencia de conflictos sociales y de aprovechamientos.

Los resultados también confirman que la contigüidad de determinados tipos de ocupación puede favorecer la ocurrencia (interfaces forestal/agrícola, forestal/pastos y urbano/forestal) ya que, además del riesgo asociado al uso del fuego negligente o intencionado en las propias actividades rurales o urbanas, estas estructuras implican un mayor tránsito por zonas forestales en contraposición a las grandes masas forestales homogéneas. En concreto el riesgo puede ser muy alto en la zona de interfase urbano/forestal. Otro tipo de factores influyentes se refieren a la forma en que la población habita y se distribuye por el territorio (densidad de entidades singulares de población y población viviendo en diseminados) ya que pueden favorecer una mayor presencia de agentes humanos en contacto habitual con el monte.

Por último, como era de esperar, la presencia y densidad de carreteras y vías de ferrocarril, muestran relación significativa con los incendios, así como la variación de población entre 1950 y 1970, época más destacada en España de éxodo rural y crecimiento urbano. También la tasa de paro, parece encontrarse bien relacionada con la ocurrencia. En este sentido, algunos autores (Bertrand y Baird 1975, Leone y Vita 1982, Vélez 2000), han señalado que las dificultades económicas pueden influir en la aparición de conflictos que se manifiesten en el uso del fuego intencionado

Todos estos resultados deben ser considerados únicamente validos para el conjunto de España, ya que no hay ninguna garantía de que sean aplicables en cualquier otro lugar. Muy probablemente, algunas de las variables seleccionadas aquí no se encuentren relacionadas con la ocurrencia en otras regiones o países. Por otro lado, el modelo desarrollado tiene carácter global, en el sentido de que no contempla variaciones locales y regionales dentro del área de estudio, que de hecho son bastante importantes. Por ello, consideramos que este trabajo debe ampliarse construyendo modelos de regresión ponderados espacialmente para cada una de las unidades de análisis, por medio de técnicas de estadística espacial de tipo local que permiten identificar las variables cuyos coeficientes de regresión varían significativamente a lo largo del espacio, tanto en signo como en magnitud (Fotheringham 2002).

Referencias

Altobellis, A. 1983. **A survey of rural population density and forest fire occurrence in the South, 1956-1970**. Report S0-294. New Orleans, Southern Forest Experimental Station. Forest Service, U.S. Department of Agriculture.

Abhineet, J.; Ravan, S. A. et al. 1996. **Forest fire risk modelling using remote sensing and geographic information system**. Current Science 70(10): 928-933.

wildland fire occurrence. Crestline, California, USDA, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. Report C0027.00

Benvenuti, M., Testi, C. et al. 2002. **Forest Fires Ignition Probability Model: test and validation on FORFAIT Italian pilot site.** En: IV International Conference on Forest Fire Research & 2002 Wildland Fire Safety Summit, ADAI & Univ of Coimbra.

Bertrand, A.L.; Baird, A.W. 1975. **Incendiarims in Southern Forest: a decade of sociological research**, Southern. For. Exp. Stat. Social Science Research Center at Mississipi University. Bulletin nº 838. Forest Service.U.S. Department of .Agriculture.

Bradshaw, W.G.; Webster, A.L. et al. 1987. **GIS and Wildland Fire Prevention Planning: an on-the-Ground Test**. En: Proceedings of GIS' 87, San Francisco, California.

Chou, Y.H. 1990. **Modeling Fire Occurrence for Wildland Fire Management: A GIS Spatial Analysis for Fire Control and Prevention**. En: Proceedings of GIS/LIS'90, Anaheim, California.

Chou, Y.H. 1992. **Management of Wildfires with a Geographical Information System**. International Journal of Geographical Information Systems 6(2): 123-140.

Christiansen, J.; Folkman, W. 1971. **Characteristics of people who start fires...some preliminary findings**. Berkeley, Cal., Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. Research Note PSW-251. Forest Service. U.S. Department of .Agriculture.

Chuvieco, E.; Congalton, R.G. 1989. **Application of remote sensing and Geographic Information Systems to Forest fire hazard mapping**. Remote Sensing of Environment 29: 147-159.

Chuvieco, E.; Salas, F. J. et al. 1999. **Integrated fire risk mapping**. En: Chuvieco, E., ed. Remote Sensing of Large Wildfires in the European Mediterranean Basin. Berlin, Springer-Verlag: 61-84.

Cole, L.W.; Kaufman H.F. 1963. **Socio-economic factors and forest fire in Mississipi counties**. Preliminary Report 14. Mississipi. USA: Mississipi State University Social Sciences Research Centre; 68 p.

Donoghue, L.R.; Main, W.A. 1985. **Some Factors Influencing Wildfire Occurence and Measurement of Fire Prevention Effectiveness**. Journal of Environmental Management 20(1): 87-96.

Doolittle, M.L. 1972. **The dimensions of man-caused forest fire risk: a systematic assessment**.. Seattle, University of Washington, College of Forest Resources. Tesis Doctoral.

Fotheringham, A. S., Brunsdon, C. y Charlton, M. 2002. **Geographically Weighted Regression. The analysis of spatially varying relationships.** West Sussex, John Wiley & Sons, Ltd.: 269 p.

Hasbrough, T. 1961. **A sociological analysis of man-caused forest fires in Lousiana**. Baton Rouge, Lousiana State University. Ph.D. Thesis.

Johnson, F.B. 1968. **Demographic and socioeconomic factors and forest fire in the southearstern United States.** Mississipi, USA., Mississippi State University M.Sc.Thesis: 73 p.

Jones, A.R.; Taylor, M.L. et al. 1965. **Some human factors in woods burning**. Agricultural Experiment Station Bulletin Nº. 601. Baton Rouge, La., La. State University: 28 p.

Kalabokidis, K.D.; Konstantinidis, P. et al. 2002. **GIS analysis of physical and human impact on wildfire patterns**. En: IV International Conference on Forest Fire Research & 2002 Wildland Fire Safety Summit, Coimbra, Portugal, ADAI & Univ. of Coimbra.

Latham, D.J.; Schlieter, J.A. 1989. **Ignition probabilities of wildland fuels based on simulated lighting discharges**. Res. Pap. INT-411. Ogden. UT: Intermountain Research Station. Forest Service, U.S. Department of Agriculture: 16 p.

Leone, V.; Vita, F. 1982. **Incendi boschivi e marginalitá economica: il caso della Puglia**. Cellulosa e Carta 7/8: 41-57.

Lin 1999. **Modeling probability of ignition in Taiwan Red Pine Forests**. Taiwan Journal Forest Science 14(3): 339-44.

Loftsgaarden, D.; Andrews P.L. 1992. **Constructing and testing logistic regression models for binary data: applications to the National Fire Danger Rating System**. General Technical Report INT-286. Ogden, UT: Intermountain Research Station. Forest Service U.S. Department of Agriculture: 36.

Martell, D.L.; Bevilacqua, E. et al. 1989. **Modelling seasonal variation in daily people-caused forest fire occurrence**. Canadian Journal of Forest Research 19(12): 1555-1563.

Martell, D.L.; Otukol, S. et al. 1987. **A logistic model for predicting daily people-caused forest fire occurrence in Ontario**. Canadian Journal of Forest Research 17: 394-401.

Martínez, J., Martín, M. P. et al. 2004 [en prensa]. **El factor humano en los incendios forestales: análisis de factores socio-económicos relacionados con la incidencia de incendios forestales en España**. En: Chuvieco E.; Martín. M.P. e.d. Nuevas tecnologías para la estimación del riesgo de incendios forestales. Madrid. Colección de Estudios Ambientales del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Phillips, C.B; Nickey. 1978. **The concept of spatial risk and its application to fire prevention**. Fire Management Notes 39(4): 7-8-19.

Salas, J.; Chuvieco, E. 1994. **GIS applications to forest fire risk mapping**. Wildfire 3:7-13.

Vasconcelos, M.J.P.; Silva, S. et al. 2001. **Spatial prediction of fire ignition probabilities: comparing logistic regression and neural networks**. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 67(1): 73-83.

Vega Garcia, C.; Woodard, P.M. et al. 1993. **Geographic and temporal factors that seem to explain human-caused fire occurrence in Withecourt Forest, Alberta**. En: Proceedings of GIS'93 Symposium, Vancouver, British Columbia.

Vega García, C.; Woodard, P.M. et al. 1995. **A logit model for predicting the daily occurence of human caused forest fires**. International Journal of Wildland Fire 5(2): 101-111.

Vélez, R. 2000. **La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y experiencias**. En: McGraw-Hill/Interamericana de España S.A.U. Madrid: 1281 p.

Vliegher, B.M.d. 1992. **Risk assessment for environmental degradation caused by fires using remote sensing and GIS in a Mediterranean Region (South-Euboia, Central Greece)**. En: IGARSS'92. Int. Geoscience and Remote Sensing Symposium. Houston, TX: 44-47.

Esta página se deja en blanco intencionadamente.

Valor Socioeconómico de los Servicios Meteorológicos contra Incendios: Estudio de Casos de Información Sobre el Tiempo Propicio para los Incendios Forestales con Respecto a la Quema Reglamentaria[1]

Don Gunasekera, Graham Mills, Tony Bannister [2]

Resumen

Los servicios meteorológicos contra incendios que comprenden desde los avisos con respecto al tiempo propicio para los incendios forestales hasta las previsiones especiales con respecto a las quemas para reducción de riesgo son aportaciones importantes para los procesos de toma de decisiones por parte de las autoridades encargadas de la gestión de incendios que permiten la toma eficaz de decisiones en las diversas fases de la gestión de incendios. Por ejemplo, las autoridades encargadas de la gestión de incendios pueden hacer acopio de personal y equipos para minimizar los daños de los incendios basándose en las previsiones y avisos meteorológicos puntuales y precisos con respecto al peligro de incendios. El valor o el beneficio socioeconómico de las previsiones refleja la mejora en los resultados económicos y los resultados relacionados derivados del uso de los servicios meteorológicos contra incendios. El objeto de este estudio es el valor o el beneficio socioeconómico de los servicios meteorológicos actuales y mejorados contra incendios destinados a la quema reglamentaria en la región de Victoria en Australia. El estudio tiene tres componentes principales. El primero está relacionado con la formulación de un marco conceptual para analizar los probables resultados que se derivan del mejor uso de los servicios meteorológicos contra incendios al llevar a cabo la quema reglamentaria, y las correspondientes ventajas. Dependiendo de las circunstancias, estos resultados se relacionarán con una mejora en la reducción del combustible y una menor incidencia de incendios de alta intensidad con extensa propagación. Las posibles ventajas correspondientes se relacionarán con la minimización o la evitación: de daños a los activos de la madera, a la propiedad privada y a la infraestructura pública; de pérdidas de producción agrícola; de la interrupción de otras actividades económicas; de lesiones y muertes humanas; de daños a lugares recreativos y servicios públicos; de los impactos ecológicos y medioambientales adversos; y del efecto negativo en la salud pública y la visibilidad general debido a la dispersión del humo. El segundo componente principal del estudio está relacionado con una evaluación de las correspondientes ventajas que se derivan del mejor uso de los servicios meteorológicos contra el fuego. Algunas de estas ventajas tendrán valores de mercado y otras tendrán valores que no son de mercado. El componente final del estudio hará una comparación entre los posibles beneficios socioeconómicos del mejor uso de los servicios meteorológicos contra el fuego destinados a la quema reglamentaria y los costes relacionados con la prestación de los servicios meteorológicos actuales y mejorados contra incendios. Las comparaciones entre los costes y los beneficios pueden proporcionar información útil para la mejora de los programas meteorológicos existentes contra incendios y contribuir a la toma de decisiones con respecto a las futuras inversiones en actividades específicas.

---

[1] Artículo que se presentará en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía en la defensa contra los incendios forestales, Universidad de Córdoba, Campus de Rabanales, Córdoba, España, 19-22 de abril de 2004.

[2] Los autores están adscritos a la Agencia Australiana de Meteorología, GPO Box 1289K, Melbourne, VIC 3000, Australia.

Introducción

Los incendios forestales son un fenómeno importante en el medio ambiente australiano con capacidad para amenazar la vida humana y dañar a la propiedad, la infraestructura, la producción agrícola y forestal, la ganadería, la biodiversidad, el aire y el agua limpios y el patrimonio cultural. Durante las tres ultimas décadas, Australia se ha visto afectada por entre 20 y 25 incendios forestales de gran importancia (véase BTE [Oficina de Economía del Transporte] 2001). Además de estos grandes incendios forestales, en Australia se producen cada año muchos incidentes relacionados con incendios forestales a pequeña escala, que causan daños a las propiedades y, en algunos casos, pérdidas de vidas humanas. El riesgo para las propiedades y la vida humana sigue aumentando a medida que las zonas forestales de los alrededores de las zonas urbanas están más densamente pobladas (véase CIE [Centro de Economía Internacional]2001).

La gestión de incendios forestales implica la toma de decisiones en varias fases de la gestión de incendios, incluida la prevención, la mitigación y la respuesta. La reducción eficaz del combustible puede desempeñar un papel crucial en la prevención y mitigación de los incendios. Aunque hay una variedad de métodos de reducción del combustible, la quema reglamentaria o planificada es el método de reducción del combustible más común y eficaz para las zonas grandes de tierra. Tras los importantes incendios forestales del pasado reciente, se ha vuelto a hacer hincapié en los programas de reducción del combustible, entre los que se incluye la quema reglamentaria. La quema reglamentaria se puede considerar un método mediante el cual se puede reducir el impacto de los incendios forestales (Gobierno de Victoria 2003). A la quema reglamentaria se asocia la cuestión de la dispersión de los penachos de humo producidos y su posible impacto en la salud humana. Los servicios meteorológicos contra incendios, incluidas las previsiones especiales para lugares específicos, son aportaciones importantes para los procesos de toma de decisiones por parte de las autoridades encargadas de la gestión de incendios que se ocupan de una gama de actividades de gestión de incendios, incluida la quema reglamentaria.

El proceso de prestar y usar servicios meteorológicos contra incendios exige muchos recursos e implica tareas desafiantes. Uno de los objetivos primordiales de proporcionar y usar información sobre el tiempo propicio para los incendios forestales en la prevención y mitigación de incendios forestales es garantizar que se minimizan o evitan las amenazas posibles y reales a la vida humana, las propiedades y otros activos debidas a los incendios forestales. Por tanto, el objeto de este articulo es el valor o los beneficios que probablemente se deriven del uso de los servicios meteorológicos contra incendios, haciendo especial hincapié en los servicios meteorológicos contra incendios destinados a la quema reglamentaria.

En la próxima sección se describirá un marco conceptual para analizar los resultados probables y las correspondientes ventajas que se derivan del uso de los servicios meteorológicos contra incendios para llevar a cabo la quema reglamentaria. En la tercera sección del articulo se hará un intento de evaluar las correspondientes ventajas que se derivan del mejor uso de los servicios meteorológicos contra incendios, utilizando la región de Victoria como estudio de casos. En la cuarta sección se intenta hacer una comparación entre los beneficios y los costes del mejor uso de los servicios meteorológicos contra incendios. En la última sección habrá algunas conclusiones.

Marco conceptual

Es importante reconocer que el impacto de los incendios forestales se ve influido por muchos factores, incluido el clima y las condiciones climáticas, el alcance y las condiciones de la carga de combustible, las estructuras forestales, la actividad humana, los procedimientos de gestión y mitigación de incendios, etc. No es fácil cuantificar la

importancia relativa de los factores individuales y después atribuir claramente el efecto de cada uno de estos factores sobre el impacto de los incendios forestales. Sin embargo, es obvio que un análisis más detallado de cada uno de estos factores podría proporcionar información útil sobre la gestión, el control y la reducción del impacto de los incendios forestales. El objetivo de este articulo es el impacto de los servicios meteorológicos contra incendios prestados a los organismos encargados de la gestión de incendios como apoyo a la gestión y mitigación de incendios.

Servicios meteorológicos contra incendios

Hay un amplio reconocimiento de la importancia de los servicios meteorológicos contra incendios al comprender y abordar el efecto del clima y las condiciones climáticas en el impacto de los incendios forestales. Sin una comprensión clara de lo "contrafactual" – el mundo sin los servicios meteorológicos contra incendios de la Agencia Australiana de Meteorología (la Agencia) – es imposible evaluar el verdadero efecto que han tenido, y continúan teniendo, los servicios meteorológicos contra incendios en el control y la reducción del impacto de los incendios forestales. Sin embargo, dado el gasto considerable en buenos servicios meteorológicos públicos, incluidos los servicios meteorológicos contra incendios, es importante evaluar este impacto de alguna forma.

Como se indicó previamente, la prestación de servicios meteorológicos contra incendios es financiada generalmente por el Gobierno. Entonces, la cuestión es qué obtiene la comunidad (y la economía) a cambio de su dinero en cuanto al control y a la reducción de impacto de los incendios forestales.

La Agencia presta una gama de servicios meteorológicos contra incendios en cada estado, incluido Victoria, como parte de un marco nacional para la prestación de dichos servicios (Agencia de Meteorología 2004) (véase *cuadro 1*). Se están haciendo esfuerzos de forma continua por ampliar estos servicios a fin de mejorar la precisión y la utilidad operacional de las previsiones, perspectivas y avisos meteorológicos con respecto al peligro de incendios. Estos esfuerzos con respecto a la mejora y prestación de los servicios se financian internamente en la Agencia (como parte del proceso de mejora continúa existente) y en algunos casos se financian externamente mediante una serie de esfuerzos de colaboración como, por ejemplo, el recién establecido Centro de Investigación Cooperativa (CRC) para Incendios Forestales.

Cuadro 1 - Servicios meteorológicos contra incendios prestados por la Agencia en Victoria

La Agencia Australiana de Meteorología presta servicios meteorológicos contra incendios en Victoria como parte de un marco nacional para la prestación de dichos servicios de conformidad con las disposiciones de la Ley de Meteorología (1955).

Los objetivos principales de los servicios meteorológicos contra incendios son:

a) Proporcionar al público:

- Previsiones sistemáticas del peligro de incendios durante la estación más propicia para los incendios forestales;

- Avisos meteorológicos con respecto al peligro de incendios cuando se espera que el peligro de incendio exceda de un cierta nivel crítico; y

b) Proporcionar a las autoridades encargadas de la gestión de incendios, organizaciones de protección civil, policía y otros servicios de urgencias:

- Previsiones sistemáticas detalladas durante las épocas de incendios;

- Avisos meteorológicos con respecto al peligro de incendios cuando se

espera que el peligro de incendio exceda de un cierta nivel crítico;

- Previsiones operacionales para ayudar a combatir los incendios existentes;

- Previsiones especiales con respecto a las quemas para reducción de riesgo;

- Asesoramiento con respecto a la instalación y al funcionamiento de las estaciones meteorológicas especiales dirigidas por las autoridades encargadas de la gestión de incendios;

- Asesoramiento consultivo e información climatológica para colaborar en la evaluación del riesgo, el desarrollo de una estrategia de prevención de incendios y otros aspectos de la gestión de incendios

Los Servicios Sistemáticos

Durante las épocas de incendios en Victoria (normalmente desde noviembre hasta abril), el Centro Regional de Pronósticos de Victoria (RFC) perteneciente a la Agencia habitualmente presta a la Autoridad encargada de la Gestión de Incendios Rurales (CFA) y al Departamento de Sostenibilidad y Medio Ambiente (DSE) los siguientes servicios:

- pronósticos emitidos cada mañana a las 6:30 sobre el tiempo y los Peligros de Incendios Forestales con respecto al día actual para 25 centros de Victoria (más las zonas fronterizas del Estado);

- Informes Meteorológicos contra Incendios emitidos por escrito cada mañana a las 10:45 que se centran en las condiciones diurnas actuales y en cómo está evolucionando realmente la situación descrita en el pronóstico de las 6:30;

- una serie de pronósticos de 4 días emitida cada tarde que comprende:

- pronósticos del tiempo y Clasificaciones del Peligro de Incendios Forestales correspondientes a los dos días siguientes para 25 lugares de Victoria;

- pronósticos a más largo plazo sobre el tiempo y el Peligro de Incendios correspondientes a los 3 y 4 días siguientes para 9 lugares de Victoria;

- una secuencia de los mapas de predicciones y el correspondiente texto que describe la evolución prevista de la pauta meteorológica durante los próximos 4 días.

También se facilita a la comunidad general información sobre las previsiones meteorológicas sistemáticas con respecto al peligro de incendios en forma de Clasificaciones del Peligro de Incendios que se adjuntan a los Pronósticos del Distrito.

Avisos y Servicios Especiales de Incendios

Además de los servicios habituales que se prestan cada día durante la Época de Incendios, cuando se prevé un gran peligro de incendios o se está produciendo algún incendio se prestan servicios adicionales. Entre estos se incluyen:

Avisos Meteorológicos con respecto al Peligro de Incendios emitidos con respecto a un Distrito cuando se espera que el peligro de incendios llegue a ser Extremo. Estos se emiten al público y son utilizados por la Autoridad encargada de la Gestión de Incendios Rurales (CFA) como datos clave para las decisiones sobre la declaración de una Prohibición de Fuego Total;

Carta de Cambio del Viento: Esta se emite para los organismos encargados de la gestión de incendios en los días de riesgo significativo de incendios cuando se espera que un cambio del viento afecte al Estado. Estas cartas indican la situación actual y la situación futura prevista del cambio y son utilizadas por los organismos cuando se crean estrategias y tácticas operacionales de gestión de incendios;

Previsiones de Fuegos Salpicados: Estas son previsiones meteorológicas con respecto al riesgo de incendios que se emiten para lugares específicos en los que se está produciendo un incendio o donde se planifica una quema controlada. Incluyen información sobre el viento, la temperatura y la humedad previstos y otros factores meteorológicos como la cronometración de cualquier cambio del viento.

Previa solicitud, la Agencia podrá facilitar un meteorólogo en la

Sede de la CFA los días críticos y, con respecto a los grandes incendios existentes, un meteorólogo podrá ocupar un "puesto de avanzada" en un centro de control de incidentes relativos a incendios;

Los meteorólogos de la Agencia y los organismos encargados de la gestión de incendios se hacen consultas regulares. El personal de la Agencia proporciona informes detallados a los directivos encargados de la gestión de incendios y a los altos cargos encargados de las operaciones y participa en reuniones operativas tanto en persona como por teleconferencia.

Resultados de los Servicios Meteorológicos contra Incendios

Se puede argüir que los servicios meteorológicos actuales y mejorados contra incendios de la Agencia, una vez incorporados en los procesos de toma de decisiones y en las actividades de gestión de incendios de las autoridades encargadas de la gestión de incendios ayudarán a las autoridades a operar de forma puntual y eficaz movilizando mejor a su personal y equipos, lo que da lugar a una reducción del impacto de los incendios forestales y de los riesgos para el personal. La prestación y el uso de los servicios meteorológicos actuales y mejorados contra incendios tienen una amplia variedad de efectos económicos, sociales y medioambientales *(figura 1)*. Se comparte la idea de que la comunidad y la economía reciben considerables beneficios (o sufren menos pérdidas) a consecuencia del uso de los servicios meteorológicos contra incendios (Sol 1994). Sin embargo, no todos los beneficios o reducción de pérdidas son fáciles de cuantificar, y es más probable que los más fáciles de cuantificar sean los beneficios o reducción de pérdidas con respecto a individuos, explotaciones agrícolas o empresas privadas y cualquier otra entidad específica. Cuantificar todos los beneficios o reducción de pérdidas es una tarea casi imposible.



Figura 1—Resumen de los logros y resultados de los servicios meteorológicos contra incendios.

Posibles beneficios o reducción de pérdidas

Los posibles beneficios de la reducción del impacto de los incendios forestales se pueden considerar desde la perspectiva de las consecuencias económicas/comerciales, sociales y medioambientales. Las consecuencias económicas o comerciales pueden implicar una reducción de daños a los activos de la madera, a la propiedad, infraestructura, edificios, vallas y vehículos, producción agrícola, actividades de empresas, pertenencias personales, etc. Las consecuencias sociales podrían incluir la reducción de muertes y lesiones humanas, traumas psicológicos y destrucción de objetos personales de interés. Las consecuencias medioambientales pueden incluir la reducción de daños a la flora y fauna nativas, a la calidad del agua, a los valores de los servicios públicos y la reducción de las emisiones de gas de efecto invernadero (véase CIE 2001). La falta de reducción del impacto de los incendios forestales supone una serie de costes para la comunidad y la economía. Algunos de estos costes tiene valores de mercado (tangibles) y se pueden cuantificar fácilmente, mientras que otros tienen valores que no son de mercado (intangibles) y no se pueden cuantificar fácilmente. Basándose en el CIE (2001) y en la BTE (2001), los principales tipos de costes y las técnicas apropiadas para calcular cada componente del coste se resumen en la *tabla 1*. Es muy probable que los servicios meteorológicos actuales y mejorados contra incendios de la Agencia, una vez incorporados en los procesos de toma de decisiones y en las actividades de gestión de incendios de las autoridades encargadas de la gestión de incendios ayuden realmente a las autoridades a operar de forma puntual y eficaz movilizando mejor a su personal y equipos, lo que dará lugar a una reducción del impacto de los incendios forestales y, por tanto, a una reducción de los costes para la comunidad y la economía.

Comparación de escenarios

Un método lógico de analizar las probables consecuencias y los correspondientes beneficios que se derivan de la prestación y el uso de los servicios meteorológicos contra incendios es comparar los resultados que se obtienen a partir de un escenario de "línea de base" con los de un escenario "alternativo". El escenario de "línea de base" se puede describir como el futuro impacto previsto de los incendios forestales durante un período especificado presumiendo el uso de los servicios meteorológicos *actuales* contra incendios para colaborar en los procedimientos de prevención y control que se destinan a la gestión de incendios forestales. El escenario alternativo es un caso en el que el impacto de los incendios forestales se reduce a medida que se utilizan previsiones meteorológicas *mejoradas* con respecto al peligro de incendios para contribuir a los procedimientos de prevención y control que se destinan a la gestión de incendios forestales. Los beneficios globales o brutos de los servicios meteorológicos *mejorados* contra incendios se pueden expresar como la diferencia en los costes de los daños causados por los incendios forestales "con" y "sin" la adopción de servicios meteorológicos *mejorados* contra incendios.

El escenario de línea de base representa la prestación de la serie actual de servicios meteorológicos contra incendios emitida por la Agencia, incluido el alcance y la naturaleza de los servicios destinados a ayudar a las autoridades encargadas de la gestión de incendios y a la comunidad a impedir o minimizar los incendios forestales. Es lógico suponer que, dado que otros factores pertinentes no cambiaron, el uso de la serie actual de servicios meteorológicos contra incendios por parte de la comunidad y de las autoridades encargadas de la gestión de incendios dará lugar a la continuación del nivel de statu quo del impacto de los incendios forestales.

Un escenario alternativo puede reflejar una mejora de la serie actual de servicios meteorológicos contra incendios, que incluye una mejora de la puntualidad, una mayor precisión y una mejor comunicación de los servicios prestados por la Agencia. Con este escenario, se espera que las autoridades encargadas de la gestión del fuego y la comunidad hagan un mejor uso de estos servicios mejorados. Los probables resultados debidos a un mejor uso de estos servicios meteorológicos mejorados contra incendios por parte de las autoridades encargadas de la gestión de incendios pueden incluir la quema reglamentaria eficaz que podría dar lugar a una mejora en la reducción de combustible y a una reducción de incidencias con respecto a incendios de alta intensidad con gran propagación. Además, el mejor uso de los servicios meteorológicos mejorados contra incendios permitirá a las autoridades encargadas de la gestión de incendios y a otros proveedores de servicios de gestión de urgencias hacer un mejor acopio de sus recursos, incluido el traslado/despliegue y movilización de personal y equipos, lo que lleva a un reducción del impacto de las pérdidas o daños relacionados con los incendios forestales. Como se indicó previamente, los posibles beneficios relacionados podrían ser de amplio alcance dependiendo de la ubicación y de las circunstancias de los casos específicos de incendios forestales. Estos posibles beneficios estarán relacionados con la minimización o evitación: de daños a los activos de la madera, a la propiedad privada y a la infraestructura pública; de pérdidas de producción agrícola; de la interrupción de otras actividades económicas; de lesiones y muertes humanas; de daños a lugares recreativos y servicios públicos; de los impactos ecológicos y medioambientales adversos; y del efecto negativo en la salud pública y la visibilidad general debido a la dispersión del humo.

Tabla 1—*Resumen de los tipos de costes que se podrían reducir mediante el uso eficaz de los servicios meteorológicos contra incendios.*

Componente del coste	**Técnica de cálculo estimativo**
Componentes de mercado o tangibles	
Daños a los activos de la madera	Valor de mercado
Daños a los activos de la propiedad privada	Indemnizaciones de seguros
Pérdidas de producción agrícola	Valor de mercado o indemnizaciones de seguros
Daños a la infraestructura pública	Costes de reposición o reparación
Interrupción de actividades	Pérdida de ingresos netos
Interrupción de servicios de mercancías y transporte y flete por carretera	Costes de demora ocasionados a las empresas afectadas
Degradación de la calidad del agua en las zonas y áreas de captación afectadas	Costes adicionales del tratamiento del agua
Costes de transacciones (por ejemplo, procedimientos judiciales)	Costes observados a partir de sucesos previos
Componentes que no son de mercado o intangibles	
Muertes humanas	Método de capital humano o método de preferencia indicado
Lesiones humanas	Método de capital humano o método de preferencia indicado
Pérdida de objetos personales de interés	Método de preferencia indicado
Traumas psicológicos	Método de preferencia indicado
Daños a los lugares recreativos	Método de preferencia indicado o método de preferencia revelado
Daños a la flora y fauna nativas	Método de preferencia indicado
Emisiones de gas de efecto invernadero	Coste estimado de las emisiones de carbono en virtud del plan de actividad con permiso

La evaluación de los beneficios globales de los servicios meteorológicos *mejorados* contra incendios exigiría un cálculo estimativo de los costes de los daños causados por los incendios forestales "con" y "sin" la adopción de servicios meteorológicos mejorados contra incendios. Para estimar los costes de los daños causados por los incendios forestales, el CIE (2001) hace hincapié en dos amplios procedimientos: primero, la importancia de evaluar los *costes de los daños por hectárea quemada* con respecto a *casos de incendios forestales de poca importancia* y las pérdidas asociadas de madera; y con respecto a otras situaciones como lesiones, muertes y daños derivados de *casos de incendios forestales de gran importancia*, la idoneidad de calcular *los costes de los daños en función de las frecuencias de los casos* en lugar de hacerlo en función de las superficies quemadas. Por tanto, de acuerdo con el CIE (2001), no es apropiado evaluar los riesgos sanitarios y en materia de seguridad relacionados con un incendio forestal, en función de la superficie quemada. En cambio, es más apropiado estimar los costes de los daños totales, incluido el coste de las lesiones y muertes, multiplicando el coste estimado de un caso individual de incendio forestal por la futura frecuencia prevista de los casos con y sin la adopción de, por ejemplo, servicios meteorológicos mejorados contra incendios (véase el CIE 2001).

Evaluación de los beneficios o la reducción de pérdidas

En esta sección se hará un intento preliminar de evaluar los correspondientes beneficios o reducción de pérdidas que se derivan del mejor uso de los servicios meteorológicos contra incendios, utilizando la región de Victoria como estudio de casos. La idea es evaluar estos beneficios partiendo de ciertos supuestos lógicos sobre varios factores clave, a saber: el nivel y la serie actuales de servicios meteorológicos contra incendios prestados por la Agencia en la región de Victoria, los esfuerzos en análisis e investigación, (y, por tanto, el flujo con respecto a los resultados previstos) que se están llevando a cabo actualmente para mejorar estos servicios en el futuro, y las consecuencias probables que tendrá el uso eficaz de los servicios meteorológicos mejorados contra incendios por parte de las autoridades encargadas de la gestión de incendios, otros proveedores de servicios de gestión de urgencias y la comunidad en el impacto de los incendios forestales. Teniendo en cuenta los datos y la información disponibles a partir de diversas fuentes, se lleva a cabo un análisis aproximado para estimar los costes de los daños causados por los incendios forestales "con" y "sin" la adopción de servicios meteorológicos mejorados contra incendios.

Cálculos estimativos de los costes de los daños causados por los incendios forestales

Los costes de los daños causados por los incendios forestales que se utilizan en este articulo se basan en un análisis detallado de dichos costes calculados por el CIE (2001) en un estudio reciente de los beneficios previstos de la reducción del impacto de los incendios forestales en Australia que se espera que se derive del estudio de investigación y desarrollo llevado a cabo por la Organización de Investigación Industrial y Científica de la Mancomunidad (CSIRO). El objeto del estudio de la CSIRO (Proyecto Vesta) era desarrollar protocolos mejorados para la quema reglamentaria basándose en la investigación sobre la conducta y la propagación de incendios forestales de alta densidad. Está previsto que los resultados del estudio de la CSIRO se utilicen para: reducir la incidencia de incendios forestales perjudiciales mejorando las directrices y procedimientos de la quema reglamentaria; reducir los riesgos para los bomberos en materia de salud y seguridad proporcionado mejores medios para las decisiones tácticas; y reducir los riesgos para el público en materia de salud y seguridad desarrollando mejores sistemas de advertencia (CIE 2001). Aunque el estudio de la CSIRO y los continuos esfuerzos de la Agencia por mejorar los servicios meteorológicos contra incendios no son

directamente comparables, ambos están destinados a reducir el impacto de los incendios forestales. Es decir, en ambos casos el objeto en última instancia es reducir el impacto de los incendios forestales. Teniendo esto en cuenta y la escasez de información y de cálculos estimativos de los costes de los daños causados por los incendios forestales, este artículo se basa en gran medida en los costes de los daños causados por los incendios forestales que se estiman en el CIE (2001) basándose en el Proyecto Vesta de la CSIRO.

Las estimaciones que hace el CIE (2001) de los costes de los daños causados por los incendios forestales se basan en el análisis de dos fuentes fundamentales de datos primarios. Estas Fuentes incluyen una base de datos denominada EMATrack, que mantiene Emergency Management Australia, y varios registros electrónicos que pertenecen a organismos de ordenación territorial estatal en Australia.

Costes de los daños por superficie quemada – incendios forestales de poca importancia

Extrapolando la información sobre el coste de los casos de incendios forestales de gran importancia que contiene EMATrack a los casos de incendios forestales de poca importancia registrados en las bases de datos sobre incendios del Estado, el CIE (2001) ha estimado el coste unitario relacionado con casos de poca importancia, expresado como pérdidas por superficie quemada. Esto equivale a un coste de daños de 133.000 dólares por cada 1.000 hectáreas quemadas por incendios forestales. Estos costes se relacionan con los daños causados a la propiedad, activos y producción agrícola (CIE 2001). El análisis del CIE (2001) basado en las estadísticas del organismo estatal indica que la superficie media anual quemada debido a los incendios forestales a escala nacional en Australia (excluido el Territorio del Norte) es de aproximadamente 440.000 hectáreas. En el estado de Victoria, se estima que la superficie media anual quemada debido a los incendios forestales es de aproximadamente 110.000 hectáreas con una media anual de 600 incendios aproximadamente (CIE 2001). Esto implica que el 25% de la superficie quemada en Australia (excluido el Territorio del Norte) debido a incendios forestales generalmente se encuentra en Victoria.

Costes de los daños – incendios forestales de gran importancia

Los casos de incendios forestales de gran importancia ocasionan diversas pérdidas que comprenden desde las pérdidas aseguradas con respecto a propiedad, activos y producción agrícola, hasta muertes y lesiones humanas. Como se indicó previamente, desde mediados de la década de 1960 Australia experimenta entre 20 y 25 casos de incendios forestales de gran importancia. Según el CIE (2001), esto equivale a un caso de incendio forestal de gran importancia cada 17 meses (o aproximadamente cada año y medio) y por término medio cada caso de gran importancia ha ocasionado pérdidas aseguradas por un valor actual de 106 millones de dólares. Esto implica que la pérdida anual asegurada debida a incendios forestales de gran importancia es de aproximadamente 70 millones de dólares al año *(tabla 2)*.

La mayoría de los bosques de Australia (justo por encima del 90%) se consideran improductivos, lo que significa que están protegidos de la tala o que no son comercialmente viables para la cosecha (véase CIE 2001). El resto mayoritariamente son bosques nativos de madera dura, y una pequeña parte contiene plantaciones de madera de coníferas y de madera dura (CIE 2001). Se calcula que estos recursos de madera tienen en conjunto un valor en pie de 10.400 millones de dólares (véase CIE 2001). Teniendo en cuenta la superficie media de los bosques afectados anualmente por incendios forestales, el CIE (2001) ha estimado que el valor actual de las pérdidas anuales de madera es aproximadamente de 7,3 millones de dólares al año *(tabla 2)*.

El CIE (2001) también ha calculado el coste económico de las muertes y lesiones relacionadas con los incendios forestales, basándose en los cálculos estimativos realizados por la BTE (2001) en relación con el coste económico de los desastres naturales. Los cálculos estimativos de la BTE (2001) con respecto al coste económico de las muertes y lesiones humanas se basan en el uso del método del 'valor de capital humano' para

cuantificar el coste de las muertes y de las lesiones no mortales. Según estos cálculos estimativos, los costes por muerte humana y por lesión grave son de aproximadamente 1,4 millones de dólares 0,2 millones de dólares respectivamente (BTE 2001 y CIE 2001). Según los cálculos estimativos del CIE (2001) basados en estadísticas sobre los daños de incendios forestales nacionales, por término medio se han producido nueve muertes por caso de incendio forestal de gran importancia. Esto implica que el coste económico de las muertes humanas por caso de incendio forestal de gran importancia es de aproximadamente 12,5 millones de dólares (o 8,3 millones de dólares al año suponiendo que ocurra un caso de incendio forestal de gran importancia cada 17 meses (o cada año y medio aproximadamente) como se comentó previamente) *(tabla 2).* Los cálculos estimativos del CIE (2001) también indican que durante las últimas décadas el número medio de personas lesionadas debido a incendios forestales es de aproximadamente el 104% y la proporción lesiones graves / lesiones leves es de 1 a 3, lo que implica que el número medio de lesiones humanas graves por caso es de 26 aproximadamente. Teniendo en cuenta el coste estimado 0,2 millones de dólares por lesión grave que se indicó previamente, estas cifras implican que el coste económico de las lesiones humanas graves por caso de incendio forestal de gran importancia es de 5,2 millones de dólares o de 3,5 millones de dólares al año *(tabla 2).* Como se ilustra en la *tabla 2*, se estima que el coste total anual de los daños causados por incendios forestales de gran importancia en Australia alcanza casi los 90 millones de dólares al año.

Tabla 2—*Resumen de los gastos estimados de los daños debidos a incendios forestales de poca y gran importancia en Australia*

Tipo de coste	Coste estimado
Incendios forestales de poca importancia	
Costes de daños por superficie quemada	133.000 $ por cada 1.000 hectáreas quemadas por incendios forestales
Incendios forestales de gran importancia	
Pérdidas aseguradas (por ejemplo, con respecto a la propiedad, los activos y la producción agrícola)	70 millones $ al año
Daños a los activos de la madera	7,3 millones $ al año
Coste de muertes humanas	8,3 millones $ al año
Coste de lesiones humanas graves	3,5 millones $ al año

Fuente: Basándose en el CIE (2001) y la BTE (2001)

Como se describió previamente, se estima que la superficie quemada media anual en Victoria debido a los incendios forestales es de aproximadamente 110.000 hectáreas. Suponiendo un coste de daños por superficie quemada de 133.000 dólares por cada 1.000 hectáreas *(tabla 2),* el importe asciende a 14,6 millones de dólares al año. Además, partiendo de que el 25% de la superficie quemada en Australia debido a incendios forestales suele producirse en Victoria, se podría inferir que el 25% de los costes totales de los daños debidos a incendios forestales de gran importancia en Australia que ascienden a 90 millones de dólares al año (es decir, 22,5 millones al año) también se ocasionará en el estado de Victoria. Aunque el alcance del impacto de los daños causados por incendios forestales que se analiza en el presente es una aproximación, proporciona una amplia orientación sobre los probables costes de los daños con el paso del tiempo partiendo de la mejor información y supuestos lógicos disponibles.

Escenario básico

Con el escenario básico, se presume que continuarán la prestación y el uso de los servicios meteorológicos actuales contra incendios por parte de la Agencia en la región de Victoria para contribuir a los procedimientos de prevención y control aplicados por las autoridades encargadas de la gestión de incendios, otros proveedores de servicios de

gestión de urgencias y la comunidad más amplia. Esto también implica que las autoridades encargadas de la gestión de incendios, otros proveedores de servicios de gestión de urgencias y la comunidad más amplia continuarán adoptando sus planteamientos y métodos actuales para impedir y controlar los incendios forestales en Victoria, lo que da lugar a un nivel de statu quo del impacto de los incendios forestales. Por tanto, los costes de los daños causados por incendios forestales en Victoria con el escenario básico seguirán siendo del nivel actual partiendo de las estimaciones históricas que implican un coste estimado de 14,6 millones de dólares en concepto de daños debido a la superficie quemada y un coste adicional de aproximadamente 22,5 millones de dólares en concepto de daños debido a las pérdidas aseguradas, daños a los activos de la madera y pérdidas debidas a muertes y lesiones graves humanas. En términos generales, esto asciende a una media estimada de 37 millones de dólares al año.

Es importante reconocer la mejora continua que es probable que tenga lugar con el tiempo en relación con los servicios de previsión meteorológica con respecto al peligro de incendios, las actividades de las autoridades encargadas de la gestión de incendios y los servicios de los demás proveedores de servicios de gestión de urgencias. Como resultado de esta mejora continua de los servicios globales destinados a la gestión de incendios forestales, es probable que con el tiempo haya alguna reducción de las pérdidas y los costes previstos de los daños relacionados con futuros incendios forestales. En este análisis no se tienen en cuenta explícitamente estas reducciones de las pérdidas y costes de los daños.

Escenario alternativo

Actualmente la Agencia continua sus servicios meteorológicos contra incendios emprendiendo varios proyectos. Algunos de estos esfuerzos se financian internamente y el resto se financia externamente mediante varios sistemas de colaboración como, por ejemplo, el Bushfire CRC (Centro de Investigación Cooperativa para Incendios Forestales).

Se presume que con el escenario alternativo la Agencia prestará servicios meteorológicos *mejorados* contra incendios en Victoria, que contribuirán a los procedimientos de prevención y control que aplican las autoridades encargadas de la gestión de incendios, otros proveedores de servicios de gestión de urgencias y la comunidad más amplia. Estos servicios meteorológicos mejorados contra incendios consistirán en mejoras adicionales en la serie actual de servicios meteorológicos contra incendios, que incluyen una mejora de la puntualidad, una mayor precisión de los servicios prestados por la Agencia, así como otros servicios mejorados. Con este escenario alternativo, se presume que las autoridades encargadas de la gestión de incendios, los proveedores de servicios de gestión de urgencias y la comunidad harán un mejor uso de estos servicios meteorológicos mejorados contra incendios. Entre los probables resultados debidos al mejor uso de estos servicios meteorológicos mejorados contra incendios por parte de las autoridades encargadas de la gestión de incendios se podría incluir una quema reglamentaria más eficaz que podría dar lugar a una mejor reducción del combustible y a la reducción de incidencias con respecto a los incendios de alta intensidad con extensa propagación. Además, el mejor uso de los servicios meteorológicos mejorados contra incendios permitirá a las autoridades encargadas de la gestión de incendios y otros proveedores de servicios de gestión de urgencias hacer un mejor acopio de sus recursos, incluido el traslado/despliegue y la movilización de personal y equipos, lo que lleva a una reducción del impacto de los incendios forestales y de las pérdidas o daños relacionados.

En el presente se presume que los servicios meteorológicos mejorados contra incendios prestados por la Agencia en Victoria llevarán a una reducción del impacto de los incendios forestales y los correspondientes daños y pérdidas, lo que culminará, por ejemplo, en una reducción del 5% al 10% en los daños totales que se pueden prever, durante un período de tiempo a medio plazo (5 –10 años), (es decir, durante un período de 7 años). Como se comentó previamente, el coste total estimado de los daños debidos a los incendios forestales en Victoria es de aproximadamente 37 millones de dólares al año por término medio, lo que supone alrededor de 260 millones de dólares durante un período de

7 años. Partiendo del análisis expuesto anteriormente, una supuesta reducción del 5% al 10% en los daños totales debido al mejor uso de los servicios meteorológicos mejorados contra incendios dará lugar a una reducción de 13 a 26 millones de dólares en los costes totales de los daños durante un período de 7 años. Si estas mejoras en los servicios meteorológicos contra incendios se aplicaran en todo el país, se podría esperar que la reducción total de las pérdidas en concepto de daños causados por incendios se cuadruplicara, por lo que ascendería a 50 – 100 millones de dólares durante un período de 7 años.

Comparación entre beneficios y costes

Como se indicó previamente, la Agencia está planeando usar los recursos adicionales asignados como parte de la financiación extra por parte del recién establecido CRC (Centro de Investigación Cooperativa) para Incendios Forestales para financiar los esfuerzos por mejorar los servicios meteorológicos contra incendios que se abordan en este artículo. Estos fondos adicionales ascienden a aproximadamente 0,4 millones de dólares al año durante 7 años, comenzando en 2003-04 (es decir, 2,8 millones de dólares durante 7 años). Estos fondos adicionales se consideran el coste adicional de la mejora de la precisión, la puntualidad y la naturaleza de los servicios meteorológicos mejorados contra incendios descritos en este artículo. Se presume que el coste de difundir y utilizar los servicios meteorológicos mejorados contra incendios es insignificante ya que los procesos implican “hacer mejor las cosas” con los recursos existentes (desde la perspectiva de los servicios de pronóstico meteorológico, las autoridades encargadas de la gestión de incendios y otros proveedores de servicios de urgencia) en lugar de aumentar la cantidad de esfuerzos relacionados con la gestión de incendios forestales. Como resultado, no se añaden costes adicionales a los 0,4 millones de dólares al año durante 7 años (es decir, 2,8 millones de dólares durante 7 años) en el escenario alternativo que se analiza en el presente.

Presumiendo que el coste adicional de los servicios meteorológicos mejorados contra incendios prestados por la Agencia será aproximadamente de 0,4 millones de dólares al año durante 7 años, y que el uso de estos servicios mejorados dará lugar a una reducción del 5% al 10% en el impacto de los incendios forestales y los correspondientes daños durante un período de 7 años, se estima que la consiguiente reducción de pérdidas es aproximadamente de 13 a 26 millones de dólares en Victoria durante ese periodo. Esto supone un beneficio (o una reducción de daños) de 5 a 9 veces el coste adicional de los servicios meteorológicos contra incendios, en el caso de Victoria. Si estas mejoras en los servicios meteorológicos contra incendios se aplicaran en todo el país, se podría esperar que la reducción total de las pérdidas en concepto de daños causados por incendios se cuadruplicara, por lo que ascendería a 50 – 100 millones de dólares durante un período de 7 años e implicaría (o reducción de daños) de 18 a 36 veces el coste adicional de la prestación de los servicios meteorológicos mejorados contra incendios, a escala nacional.

Conclusiones

En este artículo se presenta un marco conceptual básico para analizar el valor socioeconómico de los servicios meteorológicos contra incendios. Además, con los datos y la información disponibles, en este artículo se lleva a cabo un análisis preliminar aproximado de los beneficios o la reducción de pérdidas que podrían derivarse del uso de los servicios meteorológicos mejorados contra incendios. El análisis inicial basado en los mejores datos y supuestos lógicos disponibles pone de manifiesto que los probables beneficios derivados del uso de los servicios meteorológicos mejorados contra incendios pueden ser de 5 a 9 veces el coste adicional de los servicios meteorológicos contra incendios, en el caso de Victoria. Si estas mejoras en los servicios meteorológicos contra incendios se aplican en todo el país, los posibles beneficios globales pueden ser de 18 a 36 veces el coste adicional de la prestación de los servicios meteorológicos mejorados contra incendios, a escala nacional. Esta comparación entre los costes y beneficios se basa en el supuesto clave de que es probable que la prestación y el uso de los servicios

meteorológicos mejorados contra incendios den lugar a una reducción del impacto de los incendios forestales y de los correspondientes daños y pérdidas, lo que culminará, por ejemplo, durante un período de 7 años en una reducción del 5% al 10% en los daños totales que se pueden estimar. Un aspecto importante de la futura investigación que cabe mencionar en el presente es un análisis detallado de la aplicabilidad de este supuesto.

Agradecimientos

La responsabilidad de los puntos de vista expresados recae sobre los autores. Los autores agradecen los valiosos comentarios y sugerencias de Mike Manton, Bob Brook, Tom Keenan, John Zillman, John Handmer y Stephen Dovers.

Bibliografía

BT E (Bureau of Transport Economics) 2001. **Economic costs of natural disasters in Australia,** Report No. 103, Canberra

Bureau of Meteorology 2004. **Meteorological aspects of the Eastern Victorian fires, January-March 2003,** Melbourne.

CIE (Center for International Economics) 2001. **Assessing the contribution of CSIRO – CSIRO pricing review,** elaborado para CSIRO, Canberra y Sydney, http://www.bbm.csiro.au/vesta/assets/pdf/Vesta_Final_Report.PDF

Sol, B. 1994. **Economic impact of weather forecast for forest fires**, Meteorological Applications 1: 155-158

Victorian Government 2003. **Report of the inquiry into the 2002-03 Victorian bushfires,** Melbourne

Esta página se deja en blanco intencionadamente.

Reconstrucción de Escenarios Forestales a Través de Geostadística Como Soporte para la Valoración de Areas Incendiadas[1]

J. Germán Flores G.,[2] David A. Moreno G.,[2] Francisco Rincón R.[3]

Resumen

Frecuentemente, no se tienen bases para valorar económicamente un bosque después de un incendio. Esta valoración debe contemplar: a) El valor comercial original del bosque (madera, turismo, germoplasma, etc.); b) El costo de restauración a su condición original; y c) El costo de oportunidad involucrado en la restauración. En esencia esto es factible si se conoce cual fue el escenario forestal original antes del incendio. No obstante, uno de los problemas mas frecuentes en el manejo de recursos forestales es la dificultad de definir la distribución espacial de las características del bosque. Por lo que en este trabajo se describe el uso de técnicas geostadísticas en la definición de superficies continuas de algunas características de una masa forestal: área basal; número de especies; diámetro promedio; y numero de árboles por hectárea, como base para la reconstrucción de escenarios forestales pre-incendio. Los datos fueron tomados en un bosque del estado de Chihuahua, México (1998). Se muestrearon 554 sitios, distribuidos al azar, dentro de un área de 1400 ha. La definición de superficies continuas fue hecha en base a kriging ordinario (KO), e base al cual fue posible modelar aceptablemente la distribución espacial de las características señaladas. De esta forma se puede estimar cual es el escenario original de cualquier área que se encuentre dentro de la zona de estudio. En caso que no se cuente con un inventario previo, se sugiere usar la presente metodología estableciendo sitios de muestreo alrededor del área quemada.

Introducción

El fuego es un elemento que forma parte del proceso evolutivo de los recursos forestales y han sido por mucho tiempo, una herramienta de trabajo muy útil de los habitantes de las zonas rurales de México, para limpiar sus áreas agrícolas y pecuarias (Rincón, 2002). No obstante, cuando éste es utilizado sin las precauciones debidas, puede salirse de control y extendiéndose en grandes superficies forestales. Como consecuencia de esto se provocan cuantiosos daños en los ecosistemas forestales y demás recursos naturales asociados. Esto repercute en la economía no solo de los poblados que directamente trabajan en lo producción, sino también se afecta el mercado de los productos forestales. A pesar de la importancia de estos efectos, actualmente no se cuenta con estrategias para valorar confiablemente las perdidas de recursos forestales ocurridas por un incendio. Por lo que se debe implementar una metodología para evaluar los destrozos que ocasionan los incendios

[1] Una version más corta de este trabajo fue presentada en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economia de los programas de protección contra incendios forestales, 19–22 Abril, 2004.

[2] Investigador Forestal, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Parque Los Colomos S/N, Col. Independencia. Guadalajara, Jalisco. México. 44660.

[3] Ingeniero Forestal, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Colima, Colima. México.

forestales a la sociedad; para lo cual se debe considerar: : a) El valor comercial original del bosque (madera, turismo, germoplasma, etc.); b) El costo de restauración a su condición original; y c) El costo de oportunidad involucrado en la restauración. Además debería evaluarse los impactos ecológicos y sociales, ocasionados en la región, así como los daños ocasionados a la cuenca hidrológica en donde se presenten.

La evaluación de los impactos económicos de los incendios es relativamente factible si se conoce cual fue el escenario forestal original antes del incendio. No obstante, uno de los problemas mas frecuentes en el manejo de recursos forestales en México es la dificultad de definir la distribución espacial de las características del bosque. Aunque se cuenta con información de inventarios forestales, a nivel de superficies se manejan estadísticos a nivel de media y varianza (UCODEFO,1997), los cuales no reflejan la variación potencial en la distribución espacial de los parámetros forestales. No obstante es importante señalar que si se tiene un área muy homogénea, dichos estadísticos pueden ser útiles (Hunner y otros, 2000). Sin embrago, la diversidad de condiciones ambientales y de manejo han propiciado que, en la mayoría de los casos, se tengan variaciones espaciales importantes de las condiciones de las masas forestales (Hunner, 2000). Esto implica que cualquier evaluación de los impactos económico de un incendio forestal deberá considerar no solo la forma y el grado de afectación, sino también la distribución espacial de estos. Lo cual, aunado con la información de la distribución de las condiciones originales del bosque, permitirá hacer una estimación mas precisa de los daños. Por lo que en este trabajo se describe el uso de técnicas geostadísticas en la definición de superficies continuas de algunas características originales de una masa forestal, en un bosque del estado de Chihuahua, México.

Metodología

Área de estudio

Este estudio fue llevado a cabo con información de un bosque comercial de el ejido "El Largo y Anexos". Este ejido esta localizado dentro de la región denominada Mesa del Huracán, al este del estado de Chihuahua (figura 1). Las especies de árboles predominantes en esta área son: *Pinus durangensis, P. arizonica, P. engelmannii and Quercus sideroxyla.* La topografía del área es montañosa, con algunos valles. La temperatura media anual esta en el rango de 8.5 a 12^{o} C. La temperatura mínima extrema registrada es de –26^{o}C, mientras que la máxima registrada es de 38^{o}C. El rango de precipitación va desde los 690 hasta 1130 mm por ano. La mínima elevación del área de estudio fue de 1400 m.s.n.m., mientras que la máxima elevación fue definida a los 2400 m.s.n.m. La temporada de incendios ocurre durante el verano, en la estación de sequía (de Mayo a Junio) (UCODEFO, 1997).

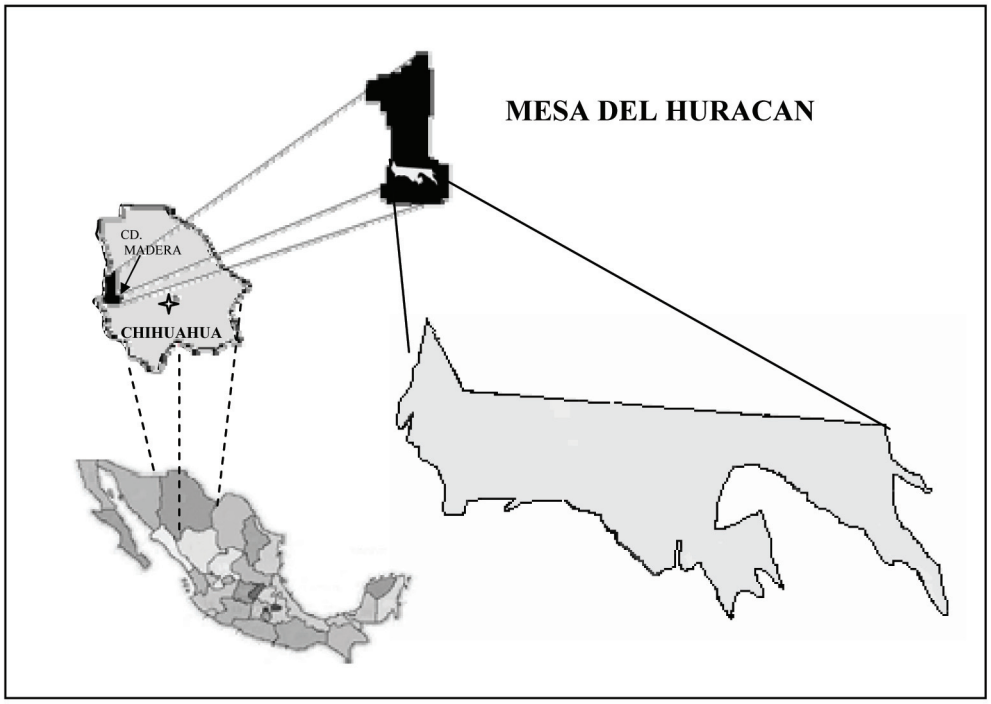


Figura 1--Ubicación aproximada del área de estudio dentro de la región denominada Mesa del Huracán, cerca de Ciudad. Madera, Chihuahua.

Estrategia de muestreo

Con fines de manejo, los bosques del ejido "El Largo" est_n divididos en secciones, las cuales est_n basadas en el potencial productivo. Al mismo tiempo, cada secci_n esta subdividida en rodales (basados en densidad, pendiente y exposici_n) y sub-rodales (basados en especies) (figura 2). Considerando este marco, los datos usados en este estudio fueron inventariados en 554 sitios de muestreo distribuidos al azar dentro de la Secci_n 3 del ejido "El Largo" (aproximadamente 1400 ha). El numero de sitios de muestreo por sub-rodal esta definido de acuerdo con su tama_o (UCODEFO 2) (Cuadro 1). Aunque estos sitios de muestreo fueron ubicados al azar, se defini_ una distancia m_nima entre ellos de acuerdo a la formula siguiente:

[1] $\text{Distancia} = (\text{_rea m}^2/\text{Numero de sitios})^{1/2}$

Cuadro 1--*Numero de sitios de muestreo por sub-rodal de acuerdo a su tama_o. Criterio usado por la UCODEFO 2 en Ciudad Madera, Chihuahua.*

Tama_o del sub-rodal (ha)	Numero de sitios de muestreo
5-10 ha	4
11-15 ha	5
16-20 ha	6
21-25 ha	7

Se usaron sitios de muestreo circulares de 1000 m^2, recabándose la información siguiente: (a) especies de arbolado; (b) diámetro; (c) altura; (d) altura de copa; (e) área basal; y (f) número de árboles por hectárea.

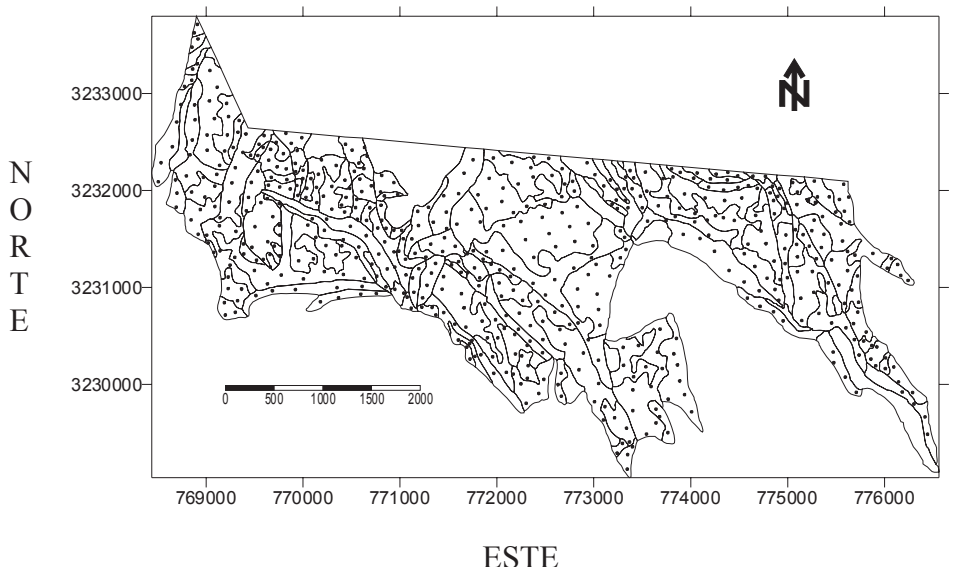


Figura 2--Ubicación de los 554 sitios de muestreo dentro del área de estudio. Las divisiones corresponden a los 143 sub-rodales en los que la UCODEFO 2 ha clasificado el área. Las coordenadas corresponden a la zona UTM 12.

Estimación de daños

Después de un incendio forestal los niveles de afectación varían espacialmente, por lo que debe hacerse una evaluación del grado de daño ocurrido. De esta forma se podrá definir que áreas son afectadas permanentemente y que áreas pueden recuperarse. Al relacionar esta información con el conocimiento de la distribución espacial de las condiciones iniciales, de las masas forestales evaluadas, se podrá hacer una estimación mas precisa del valor económico de los recursos forestales afectados.

Al iniciar la evaluación, es necesario considerar todas las características del área afectada. Para evaluar los daños económicos de los recursos forestales afectados (materias primas forestales que tiene un valor económico) se debe tomar la información siguientes (Rincón, 2002): a)Ubicación geográfica considerando: coordenadas, municipio (s), predio (s) y parajes; b) Tiempo de duración considerando días y horas, c) Cálculo de la superficie afectada (has. o m). Este ultimo punto puede ser cubierto ya sea a través de fotografías aéreas, imágenes de satélites, o con el uso de aparatos GPS haciendo recorridos de la periferia del área incendiada. (a pie , a caballo o en helicópteros). Es importante identificar el tipo de incendio, ya que esto permitirá estimar el grado de daño potencial.

Debe considerarse la distribución espacial de os tipos de vegetación del área, ya que estos están asociados tanto con el comportamiento del fuego como con el potencial de daño. Esto ultimo esta relacionado con la intensidad del fuego, la cual puede establecerse en base a las alturas de chamuscado de

los árboles. Esto puede referirse en forma cualitativa considerando el porcentaje afectado en cada sustrato, considerando la siguiente clasificación (Rincón, 2002):

Bajo.- Cuando la afectación a la vegetación es del 1 al 25%. Aproximadamente, contemplando la estructura total de la vegetación: fuste y follaje, por lo general es poco el daño y no pone en riesgo de muerte a los individuos.

Medio.- Cuando la afectación es moderada y ésta va del 25 al 50% aproximadamente; en ésta se corre el riesgo de que se mueran algunos individuos, sobre todo los más débiles y decrépitos.

Alto.- Cuando la afectación es considerable y ésta va del 50 al 80% aproximadamente, corriéndose el riesgo de que mueran la mayoría de los individuos y los sobrevivientes queden muy dañados y susceptibles al ataque de plagas y enfermedades, sobre todo los árboles adultos.

Se deben de evaluar los daños por sustrato vegetativo: 1) Arbolado adulto o alto; 2) Arbustos y matorrales o medio; 3) Renuevo o sotobosque, y 4) Hierbas y pastizales o sotobosque. Así mismo se deberá establecer los respectivos volúmenes y distribución de productos, por sustrato vegetativo. Para poderlos inferir a la superficie total afectada, con el fin de obtener la

Kriging Ordinario

Dado que, como se menciona e el punto anterior, para la evaluación económica de un incendio debe conocerse tanto la superficie del área dañada, como sus características dasométricas, el objetivo final de este trabajo fue generar superficies continuas de: (a) área basal [AB]; (b) numero de especies [NE]; (c) diámetro promedio [DP]; y (d) numero de árboles por hectárea [NAH]. La definición de superficies continuas fue hecha en base a kriging ordinario (KO). El cual es una técnica geostadística, que se basa en la teoría de variables regionalizadas (Oliver y Webster, 1990). Kriging ordinario es una técnica geostadística que se aplica cuando la media de los datos es estacionaria, pero se desconoce. KO es considerado como el "mejor estimador linear insesgado" (Olea, 1991): (a) es linear porque sus estimaciones son combinaciones lineares ponderadas de los datos disponibles; (b) es insesgado porque tiende a generar un cuadrado medio del error igual a cero ($E[\text{Estimado}(x_0)\text{-Real}(x_0)] = 0$, y $\sum \lambda_i = 0$); y (c) es mejor porque tiende a minimizar la varianza de los errores ($E\{[\text{Estimado}(x_0) - \text{Real}(x_0)]^2$ = mínimo). Las siguientes formulas son usadas para calcular las estimaciones con KO y la correspondiente desviación estándar de dichas estimaciones (Hunner, 2000; Isaaks y Srivastava, 1989):

$$[1] \qquad \hat{Z}_{OK}(x_0) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i \cdot Z(x_i)$$

$$[2] \qquad \sigma^2_{OK}(x_0) = C(x_0, x_0) - \sum_{i=1}^{n} \lambda_i \cdot C(x_i, x_0) + \mu$$

donde:

$\hat{Z}_{OK}(x_0)$ = estimación de OK en el punto x_0;

λi = valor ponderado del sitio muestreado i en el punto x_i;

$Z(x_i)$ = valor de la variable observada Z en el punto xi;

$\sigma^2_{OK}(x_0)$ = covarianza de kriging ordinario en el punto x_0 con sigo mismo;

$C(X_i,X_0)$ = covarianza del sitio muestreado en el punto x_i y el sitio a estimar en el punto x_0; y

μ = parámetro de Lagrange

Los parámetros requeridos en kriging ordinario fuero definidos a través del análisis estructural de los datos (Phillips y otros, 1992). Donde la continuidad espacial de cada característica fue definida a través de variogramas, considerando un enfoque isotrópico (Ramírez, 1980).

Resultados

Autocorrelación espacial

Los cuatro casos presentaron una baja autocorrelación espacial (Chou, 1991), lo cual se refleja en la continuidad espacial definida por los correspondientes variogramas experimentales (Armstrong, 1998) (figura 3). La máxima distancia en la que se encontró correlación espacial correspondió a DP (aprox. 2550 m). Mientras que AB mostró una máxima distancia de 1000 m. NE y NAH definieron una correlación espacial hasta los 1750 y 1850 m, respectivamente. Cada uno de los variogramas experimentales fue ajustado al mejor modelo "definido positivo" (Flores, 2001). De acuerdo a esto los modelos para las variables NAH, AB, DP y NE fueron exponencial, exponencial, esférico y exponencial, respectivamente.

A pesar de la baja autocorrelación espacial de las variables estudiadas, fue posible definir los parámetros requeridos por KO (Nugget [Co], Sill [Co+C] y Rango[Ao]). A través de KO se generaron las superficies continuas correspondientes. La figura 4 ilustra las superficies resultantes para cada una de las variables en estudio. Donde es posible apreciar que la mayor variabilidad de DP se ubica en la parte NE del área de estudio. En el caso del número de especies, la distribución espacial es un poco mas homogénea, con algunos picos en la parte SE. Las áreas con mayor área basal están ubicadas en la porción NW del área de estudio. Lo cual coincide con distribución espacial del número de especies por hectárea. Es importante hacer notar que aunque las mayores densidades se encuentran en la porción NW, los mayores diámetros se ubican en la zona NE. Lo cual tiene cierta lógica, ya que a mayor densidades se tiene mayor competencia entre el arbolado y, por lo tanto, se esperan diámetros menores.

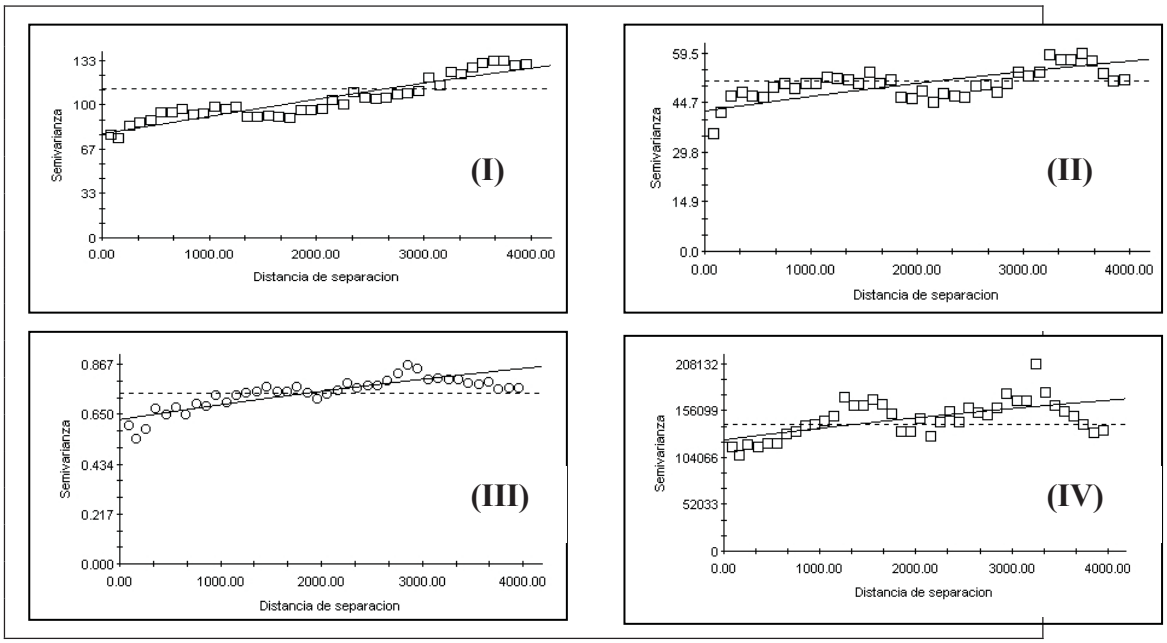


Figura 3--Continuidad espacial, expresada en variogramas, de las variables en estudio: (I) diámetro promedio [DP]; (II) total área basal [AB]; (III) numero de especies [NE]; y (IV) numero de árboles por hectárea [NAH].

Una vez que se generaron las superficies continuas, se definieron los mapas correspondientes a través de sistemas de información geográfica. La figura 5 presenta el mapa final correspondiente. El diámetro promedio de todas las especies arboladas fue de 36.67 cm, con un mínimo y un máximo de 14.05 y 72.95 cm, respectivamente. La desviación estándar fue de 10.58. Los diámetros promedio entre 30 y 40 cm se distribuyeron a lo largo del área de estudio. El área basal promedio fue de 10.62 m^2, con un mínimo y un máximo de 1 y 48 m^2, respectivamente. La desviación estándar correspondiente fue de 7.16. La mayor parte del área de estudio correspondió a áreas basales entre 5 y 15 m^2. El numero de especies por hectárea vario desde 7 hasta 3,580 árboles/ha, con una desviación estándar de 376. La mayoría de los sitios de muestreo tuvieron menos de 500 árboles por hectárea. Las clases de densidad entre 150 y 500 árboles/ha presentaron un patrón de distribución espacial bien definido. Por otro lado, la clase >500 árboles/ha tuvo mas bien una distribución muy difusa. El numero de especies por sitio de muestreo vario de 1 a 7. Sin embargo, 80.3% de estos tuvieron entre 1 y 2 especies arboladas. Las especies dominantes mas frecuentes fueron *Pinus durangensis, P. arizonica y P. engelmannii*, las cuales fueron encontradas en 45.49, 30.14 y 12.64% de los sitios muetreados, respectivamente. La distribución espacial de 1 y 2 especies fue muy homogénea a lo largo del área de estudio. Las áreas con mas de 3 especies arboladas fueron escasas.

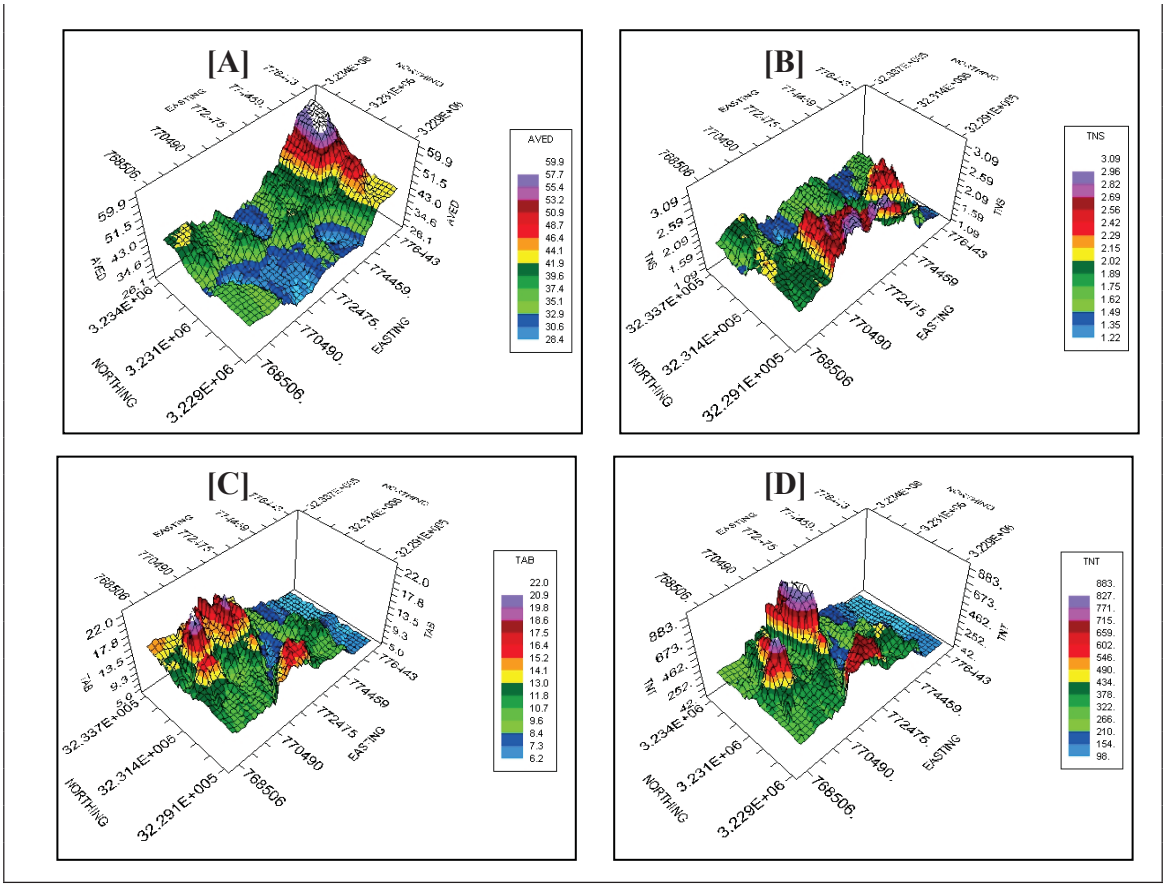


Figura 4--Superficies continuas generadas a través de kriging ordinario: (A) diámetro promedio [DP]; (B) numero de especies [NE]; (C) total área basal [AB]; y (D) numero de árboles por hectárea [NAH].

Discusión y Conclusiones

Continuidad espacial

La valoración económica de los daños de un incendio forestal no puede lograrse con una buena precisión si no se tiene conocimiento de las condiciones previas de la masa forestal. Si se considera que existe información abundante de inventarios forestales en un área dada, no es conveniente estimar la perdida económica solo considerando referencias estadísticas generales, como la media y la varianza. Esta perspectiva implica que, como se ilustra en la figura 6a, el área a valorar tuvo una masa forestal cuyas características dasométricas fueron muy homogéneas. Lo cual implica una continuidad espacial que define grandes áreas, como seria el caso del clima (Atkinson y Lloyd, 1997). Aunque esta condición es posible, por ejemplo en bosques con masas puras y coetáneas, en muchos de los bosques de México es difícil encontrar una continuidad espacial tan uniforme. Lo cual puede ser resultado de las diferentes estrategias de manejo que se pudiesen haber aplicado a una área dada. Otros agentes de alteración de la continuidad

espacial de las características dasométricas lo son las plagas, las enfermedades y las cortas clandestinas. El mismo fuego es un factor que altera dicha continuidad.

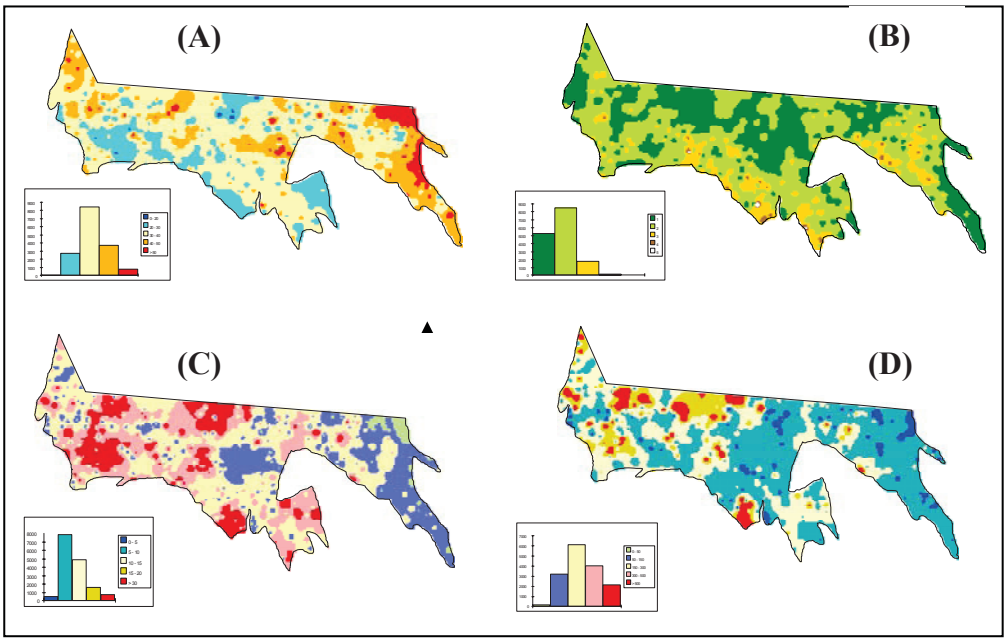


Figura 5--Mapas finales de la distribución espacial de las variables en estudio: (A) diámetro promedio [DP]; (B) numero de especies [NE]; (C) total área basal [AB]; y (D) numero de árboles por hectárea [NAH].

Debido a lo anterior, debe tenerse en mente que aunque un bosque puede presentar variaciones espaciales en sus características estas no obedecen estrictamente a un patrón definido por polígonos. Por el contrario esta variación es mas bien continua, en la que se puede ir de, por ejemplo, densidades muy altas hasta densidades bajas en forma paulatina (figura 6b). Este comportamiento espacial no puede ser captado a través de la estimación de la media y varianza de polígonos (figura 6a). Por lo que deben usarse alternativas que permitan considerar el factor espacio en la estimación de las características dasométricas de un bosque dado, como es el caso que se ilustra en este trabajo. De esta forma, la valoración económica podrá orientarse no solo con mayor apego a la realidad de la masa, sino también podrán ubicar espacialmente aquellas áreas con mayor y menor daño. Se podrá hacer cálculos de superficies por daño y costo de recuperación, así como podrá establecerse espacialmente el costo de oportunidad involucrado en el periodo de recuperación. Finalmente, la integración de toda esta información ayudara a seleccionar áreas prioritarias (por su daño y costo de recuperación), e incluso a definir aquellas áreas donde no sea necesaria inversión alguna (debido a su potencial de auto recuperación).

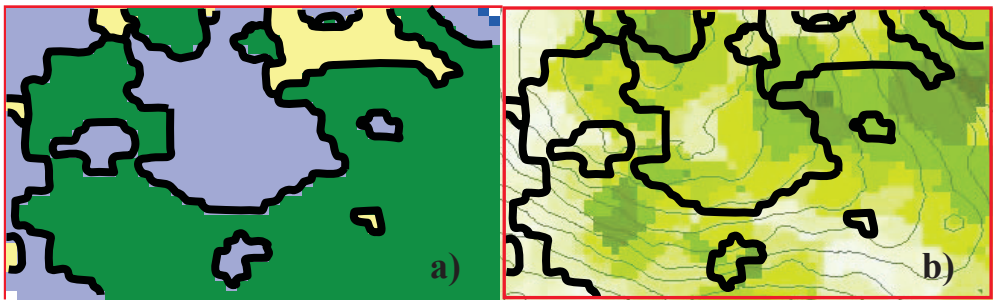


Figura 6--La variación de las características dasométricas de un bosque pueden seguir un patrón homogéneo, que define grandes polígonos (a), o un patrón de variación espacial continua (b).

Interpolación

El uso de técnicas geostadísticas requiere que las variables en estudio estén espacialmente auto-correlacionadas. La baja correlación espacial encontrada en este estudio sugiere usar otras alternativas como lo es co-kriging. Además hay que considerar tanto el tipo de muestreo como la intensidad del mismo. No obstante, la metodología ilustrada en este trabajo es relativamente simple y puede ser usada para definir la distribución espacial de las características de una masa forestal previas a un incendio. Es importante considerar que el procedimiento metodológico requerido en interpolaciones geostadísticas implica tener un buen conocimiento de las características espaciales de las especies en estudio. Por lo que, antes de llevar a cabo el proceso iterativo requerido en kriging, se debe estudiar bien las posibles circunstancias que definan la presencia de cierta variable. Por ejemplo, como se menciono en la sección de resultados, se esperaba que la distribución espacial de las zonas con mayores densidades estuviera asociada con las áreas de menores diámetros promedio. Otros aspectos que pudiesen ser útiles en el caso de características forestales, podrían ser la altitud, la exposición, o la pendiente. Este tipo de información es esencial en la valoración económica de losadnos de un incendio.

Futuros trabajos

Aunque no se ilustra en este trabajo una de las ventajas de los procedimientos geostadísticos sobre las alternativas determinísticas, es que en base a las primeras se puede calcular el error estándar de las estimaciones. Lo cual permite conocer espacialmente en que área nuestras estimaciones son mas confiables. La utilidad de esto puede enfocarse tanto a la corrección del diseño de muestreo, como a la definición de futuras estrategias de muestreo. En futuros estudios se sugiere comparar no solo otras alternativas geostadísticas (por ejemplo kriging universal, kriging en bloque, cokriging [Goovaerts, 2000]), sino también técnicas de interpolación no estocásticas (por ejemplo Spline [Bishop y otros, 1999], mapeo poligonal, y polígonos de Thiessen). Este tipo de análisis permitirá contar con mapas mas precisos, con base a los cuales la valoración económica de los daños de un incendio forestal tengan un sustento mas objetivo. De esta forma se apoyara la respuesta a las siguientes preguntas1) ¿Cual era el valor comercial original del bosque (madera,

turismo, germoplasma, etc.) antes del incendio?; b) ¿Cual será el costo de restauración a la condición original?; y c) ¿Cuál es el costo de oportunidad involucrado en el periodo de restauración?. Es claro que la respuesta estas interrogantes involucran, no solo el conocimiento de las condiciones originales de la masa (el cual es la aportación de este trabajo), sino también deben tomarse en cuenta una serie de factores ecológicos (especies, suelo, dinámica de poblaciones, etc.), económicas (demanda, oferta, costos, etc.) y sociales (oferta de empleo, recreación, paisaje, etc.).

Referencias

Armstrong, M. 1998. **Basic linear geostatistics**. Springer, New York. 153 pp.

Atkinson, Peter M. and Lloyd, Chris D. 1997. **Mapping precipitation in Switzerland with ordinary and indicator kriging**. Journal of Geographic Information and Decision Analysis 2(2):72-86.

Bishop, T.F.A.; McBratney, A.B.; Laslett, G.M. 1999. **Modelling soil attribute depth functions with equal-area quadratic smoothing splines**. Geoderma 91: 27-45.

Burrough, P. A, and McDonnell. 1998. **Principles of geographical information systems**. Claredon Press Oxford; p. 333 p.

Chou, Yue Hong. 1991. **Map resolution and spatial autocorrelation**. Geographical Analysis, 23(3): 228-246.

Flores G., J. G. 2001. **Modeling the spatial variability of forest fuel arrays**. Ph.D. Dissertation. Department of Forest Sciences. Colorado State University. 169 p.

Goovaerts, P. 2000. **Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall**. Journal of Hydrology Amsterdam 228: 113-129.

Hunner, G. 2000. Modeling **forest stand structure using geostatistics, geographic information systems, and remote sensing**. Ph.D. Dissertation. Forest Sciences Department. Colorado State University. 217 p.

Hunner, Gerhard; Mowrer, H. Todd, y Reich, Robin M. 2000. **An accuracy comparison of six spatial interpolation methods for modeling forest stand structure on the Fraser Experimental Forest, Colorado**. In: Proceedings of the 4th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural resources and Environmental Sciences. July, 2000. Amsterdan. pp 305-312.

Isaaks, E.H. y Srivastava, R.M. 1989. **An introduction to applied geostatistics**. Oxford University Press. New York. 561 p.

Laslett, G. M.; McBratney, A. B.; Pahl, P. J., and Hutchinson, M. F. 1987. **Comparison of several spatial prediction methods for soil pH**. Journal of Soil Science 38:325-341.

Olea, R.A. 1991. **Geostatistical Glossary and Multilingual Dictionary**. Oxford University Press, New York.

Oliver, M. A. and Webster, R. 1990. **Kriging: a method of interpolation for geographical information systems**. International Journal of Geographical Information Systems 4(3): 313-332.

Phillips, D.L.; Dolph, J.; Marks, D. 1992. **A comparison of geostatistical procedures for spatial analysis of precipitation in mountainous terrain**. Agricultural and Forest Meteorology 58: 119-141.

Ramírez M., H. 1980. **On the relevance of geostatistical theory and methods to forest inventory problems**. Ph.D. Dissertation. University of Georgia. 163 p.

Rincón R., F. 2002. **Metodología propuesta para estimar el valor económico y ecológico de los daños causados por los incendios forestales**. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 20 p.

UCODEFO 2, 1997. **Aplicación del inventario forestal continuo (I.F.C.) en los bosques del "Ejido El Largo", Chihuahua, México**. Unidad de Conservación y desarrollo Forestal No. 2. Cd. Madera, Chihuahua. México. 34 pp.

Momento Propicio para el Tratamiento del Combustible y la Extinción en la Aminoración del Riesgo de Incendio Forestal [1] [2]

Mariam Lankoande,[3] Jonathan Yoder [4]

Resumen

La aminoración del riesgo de incendio forestal mediante el control integral de la vegetación *ex ante* está recibiendo más atención en los Estados Unidos, después del gran hincapié hecho en la extinción durante un siglo. Esta ponencia presenta un modelo económico dinámico con tres conjuntos de variables de elección de entrada: el momento propicio para las intervenciones de control integral de la vegetación previas al aprovechamiento, la fecha de dicho aprovechamiento, y las labores de extinción previstas en un contexto donde dicho control previo reduce el riesgo de incendio forestal. El modelo se puede aplicar a tres importantes aspectos de política general: 1) una representación general de la relación entre la aminoración *ex ante* del riesgo mediante el control integral de la vegetación y la extinción del incendio forestal, que puede aplicarse a una clase amplia de preferencias concretas; 2) las consecuencias del daño potencial grave del fuego en la colindancia urbana/forestal en los regímenes de control integral de la vegetación; y 3) las consecuencias que prevén las normas sobre responsabilidad civil para la quema prescrita y las cargas excesivas de combustible, en las decisiones que se toman en el control integral de la vegetación. Los resultados de la simulación numérica se presentan y comentan como ejemplos de las consecuencias del modelo.

Introducción

Existen muchas propuestas para reducir el riesgo de las pérdidas económicas asociadas a los incendios forestales. Los diferentes tratamientos químicos y de clareo mecánico pueden reducir el riesgo de dichos incendios, al igual que lo pueden hacer las medidas a prueba de incendios en las estructuras fabricadas por el ser humano. El fuego por sí mismo, en forma de quema dirigida y planeada, puede ser útil para reducir el riesgo de incendio forestal (Prestemon y otros, 2001; Pattison, 1998; Babbitt, 1995).

---

[1] Una versión abreviada de esta ponencia se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía de los programas de protección contra incendios forestales, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] En toda esta ponencia se usa la notación matemática estadounidense, incluidos los años, cifras económicas, etc.

[3] Mariam Lankoande es estudiante graduada, Department of Agricultural and Resource Economics, Washington State University, PO Box 646210, Pullman, WA 99164.

[4] Jonathan Yoder es profesor auxiliar, Department of Agricultural and Resource Economics, Washington State University, PO Box 646210, Pullman, WA 99164.

combustible *ex ante* y la extinción *ex post*. Como la masa forestal crece y madura en el tiempo, y el riesgo de incendio cambia a la vez, nos centramos en el momento propicio de las intervenciones de ordenación del combustible, donde dichas intervenciones pueden realizarse mediante la quema prescrita o el clareo mecánico. El análisis está compuesto de dos partes. La primera es un modelo económico dinámico del momento propicio de las intervenciones para aminorar el riesgo de incendio forestal, del momento propicio del aprovechamiento, y de la extinción. En la segunda, examinamos tres asuntos de política general y de gestión concretos: a) una representación general de la relación entre la aminoración del riesgo *ex ante*, a través del control integral de la vegetación y la extinción del incendio forestal, que puede aplicarse a una clase amplia de preferencias específicas; b) las consecuencias del daño grave potencial del fuego en la colindancia urbana/forestal para los regímenes de control integral de la vegetación; y c) las consecuencias que prevén las normas de responsabilidad civil derivadas de las cargas excesivas de combustible y de los costes de la extinción, en las decisiones que se toman en el control integral de la vegetación. Los resultados de la simulación numérica se presentan como ejemplos de las consecuencias del modelo analítico.

Un modelo del momento propicio para la ordenación del combustible y el aprovechamiento

El beneficio neto de la ordenación de la masa forestal está modelado como una rotación Faustmann modificada en la que el propietario aumenta al máximo el valor neto actual previsto de la rotación, eligiendo las fechas previstas de las intervenciones de control integral de la vegetación, aprovechamiento y extinción, dado un incendio forestal. En cualquier momento, durante el tiempo de maduración de la masa forestal, puede darse el caso de dicho incendio, que pueda provocar daños tanto en dicha masa, como en otras propiedades no madereras. La trayectoria en el tiempo del riesgo de incendio esta influida por las intervenciones de ordenación del combustible (de ahora en adelante, "intervenciones"), y la extensión del daño dado que un incendio forestal pueda crear, antes de que pueda disminuir el aprovechamiento, gracias a las labores de extinción. Reed (1984, 1987), Yoder (en prensa), y otros han desarrollado modelos de rotación de la madera, bajo riesgo de incendio forestal y control integral de la vegetación. Este modelo es diferente en cuanto que es igual a una rotación anidada, que considera a la vez, el momento propicio tanto para las fechas de intervención, como para las del aprovechamiento.

En este contexto, la optimación resulta de maximizar conjuntamente las intervenciones previas al aprovechamiento n-1, y una fecha de aprovechamiento (la intervención n^{th}), más las labores de extinción en caso de incendio. Un componente básico del problema es que las intervenciones afectan a la probabilidad de incendio forestal. Dado el vector del momento propicio óptimo $\mathbf{T}_n = [T_{n,1}, T_{n,2}, ..., T_{n,n}]'$, la probabilidad de que suceda un incendio forestal en cualquier momento t_0, dentro de la rotación es:

$$F(t_0, \mathbf{T}_n) = \int_0^{T_1} f(t)dt + \int_{T_1}^{T_2} f(t - T_1)dt + ... + \int_{T_{i-1}}^{t_0} f(t - T_{i-1})dt$$

donde $f(t)$ es la probabilidad de que ocurra un incendio en un momento t. Adviértase, también, que toda intervención produce un reajuste en la probabilidad de que un

incendio forestal destructivo vuelva a su estado inicial. En los cálculos siguientes, necesitaremos una versión ponderada de $F(t_0, \mathbf{T}_n)$, evaluada en los tiempos de intervención:

$$G(T_{n,i}, \mathbf{T}_n) = \int_0^{T_1} e^{-rt} f(t)dt + \int_{T_1}^{T_2} e^{-rt} f(t-T_1)dt + ... + \int_{T_{i-1}}^{T_i} e^{-rt} f(t-T_{i-1})dt .$$

La persona responsable aumenta al máximo el valor neto actual previsto de los beneficios, dada la incertidumbre de que suceda un incendio forestal. La porción de los beneficios y los costes de la producción de madera, y la aminoración del riesgo de incendio forestal pueden descomponerse por grupos de la forma siguiente:

1. Si no sucede ningún incendio antes del aprovechamiento, el propietario recibe el valor de la madera de fuste, que es $e^{-rT}V(T_{n,n})$. Para simplificar, asumimos que el valor que desarrolla la madera no es una función de intervenciones, sino tan solo el tiempo desde la plantación.

2. Si sucede algún incendio forestal, el propietario recibe $(1-g(s))V(T_{n,n})$ en el período $T_{n,n}$, donde $g(s)$ es la fracción del valor perdido de la madera a causa del fuego. Las labores de extinción s reducen la fracción pérdidas, pero a una tasa de disminución tal que $g'(s)<0$ y $g''(s)>0$. No se obtiene una pérdida financiera en términos de valor de madera en el momento del incendio forestal, porque dicha madera no se ha vendido todavía. Asumimos que esta madera se ha aprovechado al mismo tiempo, sin tener en cuenta si el incendio sucede o no.

3. Si un incendio sucede en un momento X, los costes totales de extinción $\tau \cdot s$ se pagan, cuyo valor actual es $e^{-rX}\tau s$. Sin embargo, como X es aleatorio, el propietario aumentará al máximo el valor descontado previsto de esta variable aleatoria, que es $s \cdot \tau \cdot G(T_{n,n}, \mathbf{T}_n)$.

4. Alguna parte del valor de la propiedad no maderera, puede quedar dañada. Para evitar esto, introducimos una constante D que representa el daño potencial de dicha propiedad. Este daño aumenta cuando, y si, sucede un incendio forestal, y la extensión de las pérdidas puede atenuarse mediante la extinción. Por tanto, el valor actual esperado de los daños en los bienes no madereros es $g(s) \cdot D \cdot G(T_{n,n}, \mathbf{T}_n)$.

5. Dados los costes marginales de intervención w, el valor actual de los costes de intervención en la intervención i de n son $we^{-rT_{n,i}}$, si no se dan incendios forestales antes de $T_{n,i}$. Sin embargo, puede suceder un incendio forestal antes de cualquier intervención dada. Por lo tanto, el coste actual esperado de cualquier intervención dada $T_{n,i}$ es $w \cdot e^{-rT_{ni}} \cdot \left(1 - F(T_{n,i}, \mathbf{T}_n)\right)$.

Al poner cada uno de estos elementos juntos y descontando apropiadamente para una serie infinita de rotaciones de aprovechamiento, el valor actual de la función de los beneficios netos previstos que hay que maximizar es:

$$E\left[PV\left(NB\right)\right]_n = \frac{1}{1-e^{-rT_{n,n}}}\begin{pmatrix} E\left[\text{PV(timber value)}\right] \\ -E\left[\text{PV}\left(\text{suppression costs +damage}\right)\right] \\ -E\left[\text{PV}\left(\text{intervention costs}\right)\right] \end{pmatrix}$$

$$= \frac{1}{1-e^{-rT_{n,n}}}\begin{pmatrix} \left[e^{-rT_{n,n}}\left(1-F(\mathbf{T}_n, T_{n,n})g(s)\right)V(T_{n,n})\right] \\ -\left[G(\mathbf{T}_n, T_{n,n})\left(\tau s + g(s)D\right)\right] \\ -I_{n>1}\left[w\sum_{i=1}^{n-1} e^{-rT_{n,i}}\left(1-F(\mathbf{T}_n, T_{n,i})\right)\right] \end{pmatrix}$$

(*) [*timber value*: valor de la madera; *suppression costs* + *damage*: costes de extinción + daños; *intervention costs*: costes de intervención]

Donde, para resumir la notación:

- $E\left[PV\left(NB\right)\right]_n$ es el valor actual de los beneficios netos previstos dadas *n* intervenciones;
- *r* es la tasa de descuento;
- $\boldsymbol{T_n}$ es un vector ($n \times 1$) de (n-1) fechas de intervención y aprovechamiento;
- $T_{n,i}$ es el tiempo de la intervención i^{th}; la intervención n^{th} es el aprovechamiento.
- $V\ (T_{n,n})$ es el valor de la madera de fuste en la temporada de aprovechamiento;
- $F\ (\boldsymbol{T_n}, T_{n,i})$ es la probabilidad de que suceda un incendio forestal antes de un tiempo $T_{n,i}$, dado el vector de intervención $\boldsymbol{T}_{\text{n}}$;
- $G(\boldsymbol{T_n}, T_{n,i})$ es la probabilidad descontada (valor actual) de que suceda un incendio antes del tiempo $T_{n,i}$, dado el vector de intervención $\boldsymbol{T}_{\text{n}}$;
- *s* son las labores de extinción en el caso incendio forestal;
- $g(s)$ es la fracción del valor potencial perdido en caso de incendio;
- *D* es el daño potencial del valor de la propiedad no maderera;
- τ es el coste por unidad de labores de extinción;
- *w* es el coste para cada quema prescrita**.** Si no se dan intervenciones previas al aprovechamiento, la suma de los costes totales de la intervención es igual a cero;
- $I_{n>1}$ es una indicador variable que equivale a uno, si hay intervenciones previas al aprovechamiento (p. ej., si n>1), y cero si lo contrario.

El número de variables de elección y, por tanto, el número de condiciones de primer orden para el problema dependen del número de intervenciones previas al aprovechamiento. En consecuencia, si asumimos que existe una solución para un máximo, para encontrar el vector de los argumentos que maximiza esta función se necesitan dos pasos. Primero, el vector de los tiempos de intervención óptimos $\boldsymbol{T}_n$ y

las labores de extinción *s* está elegido de forma condicionada a un número específico de intervenciones. La optimación condicional se realiza sobre conjuntos de intervenciones factibles $n=1...m$, para encontrar m vectores condicionalmente óptimos $\boldsymbol{T_1...T_m}$ y cada uno de sus valores asociados de las *s* óptimas. Entonces, se eligen los vectores [$\boldsymbol{T_i}$, *s*] que maximizan $E\left[PV\left(NB\right)\right]_n$.

Especificación de la simulación

El modelo anterior debe especificarse completamente para su simulación. Para un caso simulado, especificamos el modelo para intentar el cálculo estimado de un bosque de pinos ponderosa del interior de la región del noroeste. Para un periodo sin incendios, utilizamos una distribución Weibull con parámetros de localización, escala y configuración de $a=0$, $b=30$, $c=2$, respectivamente. Esto da por resultado una función de densidad de probabilidad de $f(t)=0.002e^{-0.001t^2}t$, y una función de densidad acumulativa de $F(t)=1-e^{-0.001t^2}$, para la cual el período medio sin incendios es de aproximadamente 26.6 años (véase Smith and Fischer, 1997). Seguimos a Yang, Kozak y Smith (1978) y usamos una distribución Weibull para representar la función del valor que desarrolla la madera, cuyos parámetros se calculan de acuerdo con los datos presentados en Oliver and Powers (1978), para redondearlos después. La función de densidad Weibull estimada fue entonces ponderada por 500,000 para representar el valor que desarrolla la madera en el tiempo: $V(t)=500000\left(1-e^{-0.0005t^2}\right)$. El efecto de la extinción está calculado en términos de daños predeterminados. Para que en este ejemplo sea más sencillo, definimos esta función en términos de la fracción de daño potencial evitado, y basamos dicha función como una función de densidad exponencial, $g(s_n)=e^{-0.1\,s_n}$, donde las labores de extinción s_n están definidas como una unidad de costes de extinción $\tau=5,000$. El coste unitario de una intervención de ordenación del combustible se establece en 1,000, y la tasa de descuento en 0.05. Finalmente, para tener en cuenta los daños causados por un incendio forestal, además de las pérdidas del valor de la madera, establecemos que *D* es, o igual a 200,000, o a cero (en el caso de que no haya daños externos, o no exista responsabilidad por daños).

Resultados

La *Tabla* 1 contiene los resultados para tres conjuntos de estrategias de gestión: la utilización, a la vez, de las intervenciones de ordenación del combustible y la extinción, solo la intervención, y solo la extinción sin utilizar la ordenación del combustible Cada una de estas estrategias de gestión se estudia en dos hipótesis diferentes: una con daño potencial cero para la propiedad no maderera, y otra con daño potencial de 200,000 para dicha propiedad. Los propietarios de tierras no son, por lo general, legalmente responsables de los daños por incendios forestales que se deban, en parte, al combustible acumulado en sus tierras, aunque la ley en relación a estos riesgos puede estar cambiando (véase Bakken, 1995).[4] Por tanto, incluso si

[4] Varios estados, incluido el de Washington, disponen de leyes parlamentarias que contemplan la responsabilidad civil en las leñas de corta, pero no para otros tipos de vegetación inalterada.

pudiera haber daños externos, los propietarios de tierras tienen incentivos débiles para tenerlos en cuenta en sus procesos de toma de decisiones. Los turnos de rotación de la madera para las hipótesis son bastante cortos. Sin embargo, los resultados son suficientes para ilustrar las relaciones que se establecen en términos de ordenación del combustible, aprovechamiento de la madera y extinción de los incendios forestales.

Tabla 1: *Resultados de la simulación*

Estrategias de gestión	Tipo de responsa-bilidad	Momento propicio para quema prescrita	Óptimo # de tratamiento de combustibles	Turno óptimo de rotación	Unidades de extinción	Beneficio neto
Caso 1: Intervención y extinción	No responsable	$x_{6,1}$=4.8, $x_{6,2}$=9.1, $x_{6,3}$=13.1, $x_{6,4}$=16.7, $x_{6,5}$=20.0, $x_{6,6}$=22.8, s_6=1.9.	5	22.8	1.9	45419.3
	Responsa-ble (200,000$)	$x_{4,1}$=4.6, $x_{4,2}$=9.6, $x_{4,3}$=15.0, $x_{4,4}$=20.8, s_4=16.5.	3	20.8	16.5	37696.5
Caso 2: Solo intervención	No responsable	$x_{6,1}$1=4.9, $x_{6,2}$=9.2, $x_{6,3}$=13.1, $x_{6,4}$=16.6, $x_{6,5}$=19.8, $x_{6,6}$=22.5.	5	22.5	--	45351.7
	Responsa-ble (200,000$)	$x_{7,1}$=2.7, $x_{7,2}$=5.5, $x_{7,3}$=8.3, $x_{7,4}$=11.2, $x_{7,5}$=14.2, $x_{7,6}$=17.2, $x_{7,7}$=20.3.	6	20.3	--	33018.8
Caso 3: Solo extinción	No responsable	--	--	13.4	--	42003.2
	Responsa-ble (200,000$)	--	--	7.1	14.3	9221.6

Consideremos el caso 1, donde se aplican, a la vez, las intervenciones en el combustible y la extinción, y donde no hay daños externos de los que preocuparse (D=0 desde el punto de vista del propietario de la madera). Dados los parámetros del modelo, el valor actual neto previsto de la función objetiva está maximizado con la aplicación de 5 intervenciones de ordenación del combustible, una fecha de aprovechamiento de 22.8 años, y unas labores de extinción de 1.9 unidades. Las intervenciones en los turnos óptimos de rotación se acortan a medida que los progresos de dicha rotación de la madera se inician con el primero, a los 4.8 años, y

el último (al final de la aprovechamiento) a los 2.8. La razón de lo anterior reside en que la pérdida potencial derivada de los incendios forestales crece al igual que crece el valor de la madera, así que tiene sentido económico reducir, más a menudo, el riesgo de incendio forestal a medida que aumenta el valor de la madera. Consideremos ahora qué sucede cuando el daño potencial aumenta hasta 200,000. Las unidades que representan las labores de extinción aumentan desde poco menos de dos a más de 16 unidades, y la fecha del aprovechamiento de la madera se adelanta. Esto se debe en parte, al menos, indudablemente, al gran incremento en los gastos de extinción.

Cuando se utiliza exclusivamente la intervención de la ordenación del combustible y no la extinción (caso 2), el número de intervenciones retrocede hasta cinco y seis, con y sin daños externos respectivamente. Sin ningún daño, el turno de rotación óptimo es ligeramente más corto que cuando se utiliza la extinción. Además, y aunque las diferencias son sutiles, las intervenciones se posponen un poco, y se agrupan cuanto más se acerca el turno de la rotación de la madera en comparación con los resultados del caso 1. Por tanto, intuitivamente, las intervenciones en el combustible se utilizan, con más frecuencia, para sustituir a la extinción, cuando los valores de la madera son más altos. Cuando están implicados los daños externos, la rotación de madera cae más de dos años, y el número de intervenciones aumenta de uno a seis.

En el caso 3, no se pone en práctica ningún régimen de ordenación del combustible, y solo la extinción y el momento propicio del aprovechamiento de la madera dependen de las variables de elección. En este caso, las fechas del aprovechamiento de la madera son impresionantemente bajas, a los 13 y 7 años respectivamente.[5] De modo interesante, sin ordenación del combustible, y sin daños potenciales a la propiedad no maderera, el resultado es que el riesgo de incendio forestal está relacionado totalmente con la reducción del momento del turno de rotación de la madera, antes de depender de la extinción. Cuando el daño de la propiedad no maderera se establece en 200,000, la extinción, sin embargo, salta por encima de las 14 unidades.

Consecuencias para la gestión del riesgo de incendios en el medio forestal

Los resultados de la simulación anterior iluminan algo las relaciones entre la gestión *ex ante* de los combustibles y los efectos de los incentivos tanto en los daños potenciales graves, como en la falta de responsabilidad total en los incentivos en la gestión de dichos combustibles. Las relaciones entre dicha gestión para aminorar el riesgo de incendios forestales y la extinción, puede examinarse en las diferentes hipótesis expuestas arriba, que muestran cómo que la gestión de los combustibles, e incluso el aprovechamiento de la madera, pueden utilizarse como medios para reducir las labores de extinción. Si el daño potencial de los incendios forestales es grande, como en la colindancia forestal/urbana, tiene sentido cambiar las intervenciones de ordenación del combustible, y el aprovechamiento, bien aumentando el número de intervenciones, bien incrementando la frecuencia de aprovechamiento de la madera, incluso cuando la extinción se utilice en caso de incendio forestal. Finalmente, aun cuando los propietarios de tierras con vegetación inflamable puedan contribuir a la

[5] De nuevo, estas edades de aprovechamiento forestal son excesivamente bajas, pero el caso ejemplifica las principales implicaciones del modelo.

incidencia y la gravedad de los incendios forestales, tienden a no enfrentarse a la responsabilidad civil por estas acciones. Por ésta, y otras razones, los incentivos para el uso de la ordenación de los combustibles en terrenos privados son relativamente débiles. Si, además, los costes de las labores de extinción provienen de organismos públicos, estos incentivos para reducir los riesgos de incendios forestales asociados con sus tierras son todavía menores.

Reconocimientos

Esta investigación está financiada por el Washington State Agricultural Research Center.

Referencias

Babbitt, Bruce; Sampson, Neil. 1995. **To Take Up the Torch**. American Forests 101:17.

Bakken, Stephen R. 1995. **The Liability and Environmental Consequences of not Burning in California. In: Proceedings of the Environmental Regulation and Prescribed Fire Conference,** 14-17 de marzo de 1995; Tampa, Florida; 131-138.

Oliver, William W; Powers, Robert F. 1978. **Growth models for ponderosa pine: I. Yield of unthinned plantations in northern California**. Research Paper PSW-133, 21p. Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, Forest Service Berkeley, U.S.D.A, Berkeley, Calif.

Pattison, Malka. 1998. **Fighting Fire with Fire: A Policy to Improve Resource Management and Reduce Risk**. Renewable Resources Journal pp. 13–17.

Prestemon, Jeffrey P.; Mercer, D. Evan.; Pye, John M.; Butry, David T.; Holmes, Thomas P.; Abt. Karen L. 2001. **Economically Optimal Wildfire Intervention Regimes**. Chicago, IL: American Agricultural Economics Association Annual Meeting.

Reed, William J. 1984. **The Effects of the Risk of Fire on the Optimal Rotation of a Forest.** Journal of Environmental Economics and Management 11:180-190.

Reed, William J. 1987. Protecting Forest Against Fire: **Optimal Protection Patterns and Harvest Policies.** Natural Resource Modeling 2:22-53.

Smith, Jane K.; Fischer, William C. 1997. **Fire Ecology of the Forest Habitat Types of Northern Idaho.** Technical Report INT-GTR-363, USDA Forest Service, Septiembre.

Yang, Richard C., Antel Kozak, and J. Harry G. Smith. 1978. **The potential of Weibull-type functions as flexible growth curves.** Canadian Journal of Forest Resources 8:424-431.

Yoder, Jonathan. In press. **Playing with Fire: Endogenous Risk in Resource Management. American Journal of Agricultural Economics.**

Análisis del Entorno Forestal del Area Urbana en la Planificación de la Gestión de Incendios [1]

Raffaella Marzano,[2] Andrea Camia,[3] Giovanni Bovio[4]

Resumen

En el Sur de Europa, los incendios forestales que afectan a urbanizaciones son cada vez más frecuentes dada la cantidad de casas e infraestructuras situadas dentro y junto a zonas expuestas a incendios forestales. Este fenómeno se ha convertido en un verdadero reto para los responsable de la lucha contra incendios forestales y sus representantes políticos.

Esta ponencia muestra algunos resultados de una investigación sobre la gestión de la lucha contra incendios en el entorno forestal del área urbana, llevada a cabo dentro del proyecto Warm (Gestión de Riesgo de Incendios en el Entorno Forestal del Área Urbana) financiado por la comisión europea.

Se seleccionó un área de unos 100 Kms2 ara ser estudiada según su importancia en relación con el problema del entorno forestal del área urbana, cerca de Torino, la ciudad principal dela región de Piamonte situada en el Noroeste de Italia. Se realizó la caracterización del medio ambiente (bio-geofísico) de la zona estudiada a través de un análisis del espacio. Se consiguieron imágenes vía satélite de muy alta resolución (Quickbird) de la zona estudiada y se realizaron procedimientos de análisis por imágenes con una clasificación de imagen orientada al objeto. Se emplearon métodos de análisis de paisaje derivados de la ecología del Paisaje, seleccionando indicadores específicos para aplicarlos a las condiciones del entorno forestal del área urbana, para la descripción de la situación del incendio forestal, e intentando obtener herramientas analíticas a fin de optimizar los procesos de planificación.

Introducción y objetivos

Podemos describir el entorno forestal del área urbana como unos sistemas complejos donde coinciden varias estructuras (en su mayoría residencias privadas) y otras construcciones que están entremezcladas con los bosques, montes, y otros combustible vegetales. El entorno forestal del área urbana presenta mucho desafíos y preocupaciones para los responsables de la gestión de recursos naturales, entre las cuales la más urgente es el incendio forestal. El fenómeno de los incendios forestales

---

[1]Una versión mas corta de este trabojo fue presentada en el segundo simposio internacional sobre politicas, planificación y economía de los programas de protección contra incendios forestales: una visión global, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] Ingeniero forestal, estudiante doctoral, Depto Agroselviter, Universidad de Torino, vía Leonardo de Vinci, 44 (10095) Grugliasco (TO), Italia. Email: raffaella.marzano@unito.it.

[3] Doctor forestal, Depto Agroselviter, Universidad de Torino, vía Leonardo de Vinci, 44 (10095) Grugliasco (TO), Italia. (Destino actual: Centro de Investigación Conjunta, Instituto para el Medio Ambiente y Sostenibilidad – TP 261, I-21020 Ispra (VA) Italia. email: andrea.camia@jrc/it).

[4] Profesor, Depto Agroselviter, Universidad de Torino, vía Leonardo de Vinci, 44 (10095) Grugliasco (TO), Italia. email: giovanni.bovio@unito.it.

que tienen lugar en el entorno forestal del área urbana ha experimentado un notable aumento en las últimas décadas. El objetivo de esta obra llevado a cabo dentro del proyecto de Warm (Gestión de Riesgo de Incendios en el Entorno Forestal del Área Urbana), financiado por la comisión europea consiste en proporcionar nuevas herramientas para mejorar la gestión, planificación y políticas sobre recursos naturales en el entorno forestal del área urbana.

Entre los objetivos del proyecto Warm está la definición de metodologías para estudiar y caracterizar los componentes específicos del entorno forestal del área urbana, incluyendo elementos del entorno bio-geofísico, medios socioeconómicos, utilización del territorio, división administrativa y combustibles. La caracterización de estos elementos típicos y la realización de mapas ofrecerán los apoyos necesarios para la elaboración de una agestión estratégica del entorno forestal del área urbana.

Esta ponencia presenta resultados sobre el desarrollo de los métodos de análisis del entorno forestal del área urbana, a través de los Sistemas de Información Geográfica (GIS), y técnicas de detección remota y la elaboración de mapas de gran utilidad. El paisaje del entorno forestal del área urbana está caracterizado por una serie de componentes que deben ser identificados, descritos e incluidos en mapas a fin de obtener una información útil para la elaboración de una planificación integrada de defensa contra los incendios forestales. Las herramientas GIS han demostrado ser muy útiles para la gestión del entorno forestal en área urbana, a causa de su capacidad para manejar datos espaciales de múltiples fuente y multirresolución en un entorno integrado (Camie y otros, 2003). Por otra parte, el uso de imágenes por satélite de muy alta resolución (VHR) ofrece la posibilidad de obtener una visión muy detallada, lo cual ayuda en la definición y realización de mapas de los componentes del entorno forestal del área urbana.

Métodos

Zona estudiada

La zona seleccionada para este estudio esta situada en la región de Piamonte a 15Kms del Noroeste de Torino, ciudad principal de la región (Fig. 1).

Esta zona corresponde al Consorcio de Municipios en la zona montañosa del valle de Ceronda y Casternone, y consiste en cinco municipios con una extensión total de alrededor de 90 Kms2. Está al principio del valle Lanzo y comprende dos valles: el valle de Ceronda y el de Casternone. La topografía es bastante compleja y esta caracterizada por una gama de altitudes que van de 300 Mts a alrededor de 1600Mts sobre el nivel del mar. El cinturón de mayor elevación contiene sobre todo tierras de pastoreo con bosques concentrados en las pendientes, mientras que la parte inferior y más llana esta dedicada a la agricultura. Las áreas urbanas suelen concentrarse en la zona inferior o al principio de las pendientes. La vegetación forestal está formada sobre todo por árboles mixtos de hoja grande, con predominancia de *Quercus Spp*. También hay algunos árboles de coníferas artificiales, en un pequeño porcentaje de la zona.

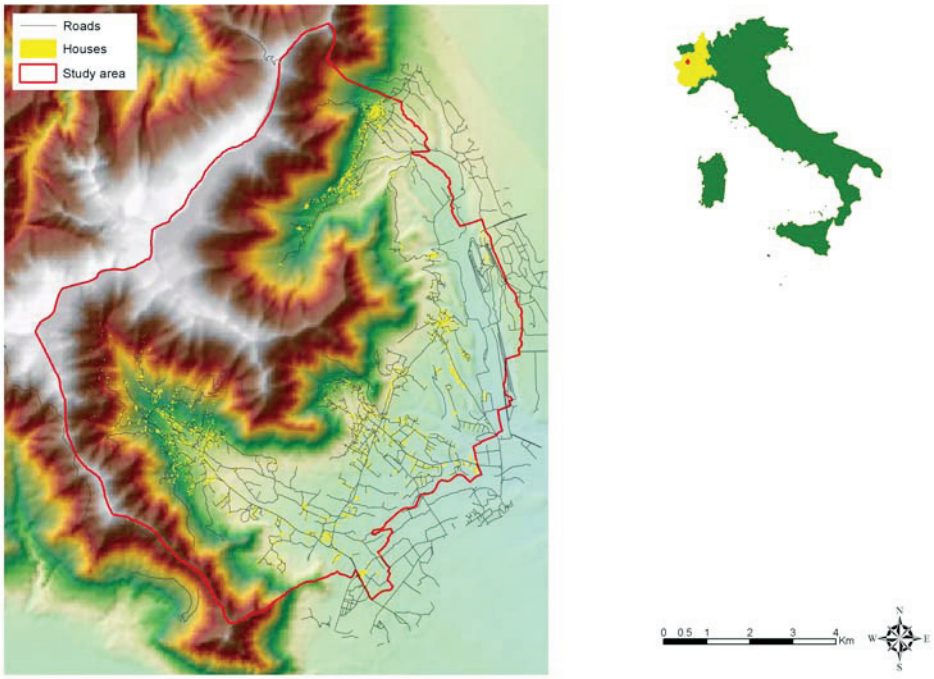


Figura 1--Mapa con los límites y mapa de localización general de la zona estudiada.

Según la base de datos demográfica de la Región de Piamonte, la población residente ha aumentado durante los últimos seis años en alrededor del 6,7%, alcanzando alrededor de 8.500 personas. Este fenómeno se ve con más claridad en los municipios de La Cassa y Val della Torre, porque, dado que está situada el lado de Torino, mucha gente que trabaja en la ciudad principal ha decidido cambiar su residencia a aquí. Además, la zona está caracterizada por un aumento de la población durante las vacaciones y fines de semana, existiendo muchas casas de veraneo.

En cuanto al entorno forestal del área urbana, el lugar seleccionado para la prueba presenta situaciones de interfaz clásica y de mezcla. Existen pueblos con una vegetación natural más o menos definida, pero también grupos de casas y estructuras aisladas, estas últimas a menudo rodeadas completamente por bosques o arbustos. Existe un total de cinco pequeñas ciudades (Givoletto, La Cassa, Val della Torre, Vallo Torinese y Varisela), cada una con su municipio, y también muchos pueblos pequeños y aldeas. Estos asentamientos, como se ha señalado anteriormente, están sobre todo situados en las zonas más bajas y más llanas del área estudiada, siguiendo la línea de los valles.

La temporada de incendios en la zona estudiada y en la región de Piamonte, es en general, en otoño-primavera, coincidiendo con el período más seco del año (Bovio y Camia, 1998) Los incendios forestales se suelen concentrar durante los meses de enero a abril y se desarrollan en general en condiciones de fuertes vientos, debido sobre todo al viento Phön (Bovio y Camia, 1997)Un análisis de incendios forestales históricos desde 1980 hasta 2001 mostró que la zona estudiada fue atacad por 129 incendios forestales y que 98 de ellos incluían entornos forestales del área urbana (Bovio y otros, 2002; Camia y otros, 2002)

Aplicaciones de detección remota

Se ha experimentado con aplicaciones de detección remota en entornos forestales del área urbana. Particularmente, considerando la naturaleza y características del fenómeno estudiado se decidió trabajar con imágenes por satélite de muy alta resolución (VHR) La posibilidad ofrecida por este tipo de imágenes para obtener una visión muy detallada puede seguramente ayudar a la definición y elaboración de mapas de los componentes del paisaje del entorno forestal en área urbana. QuickBird es actualmente el satélite comercial de más alta resolución del mundo que proporciona imágenes a 0,61mts (pancromático) y 2,44mts (multiespectral) de resolución, así como de productos compuestos y agudizados en colores naturales e infrarrojos. Seguidamente conseguimos imágenes QuickBird de la zona estudiada, imágenes pancromáticas recogidas en formato de 11Bit (2048 niveles gray) y entregados en formato de 16Bits e imágenes de multiespectro. Esta últimas consisten en cuatro bandas discretas, no solapadas (Azul: 450-520nm; Verde: 520-600nm; Rojo: 630-690nm; Cerca-IR: 760-900nm) a una profundidad de 11Bit.

Clasificación orientada hacia el objeto

A fin de realizar un mapa detallado de combustibles y utilización del territorio en el entorno forestal del área urbana probamos las técnicas de clasificación orientadas hacia el objeto utilizando software eCognition. Contrastando con los métodos de tratamiento de imagen tradicional, las unidades de tratamiento básico del análisis de imagen orientado al objeto son segmentos o imágenes y no únicamente puntos. Este tipo de clasificación esta basado en la consideración de que por medio imágenes y la relación entre ellos no únicamente con puntos, se puede obtener una información semántica importante, que resulta útil para facilitar el proceso de clasificación. El software no clasifica únicamente puntos sino imágenes que han sido previamente extraídos mediante un proceso de segmentación de imagen, llamado de segmentación de multirresolución. Este procedimiento permite extraer objetos de imágenes, a distintas resoluciones y creando una red jerárquica. Se realiza la clasificación en el software por lógica difusa. La descripción de tipo se realiza con un enfoque difuso del elemento más cercano o utilizando combinaciones de series difusas en características de objetos, aplicando las funciones de pertenencia (Baatz y otro, 2001) Estos dos enfoques diferentes apoyan respectivamente distintos procedimientos de clasificación, uno basado en la selección de objetos típicos marcados como muestras representativas, y el otro aplicando características de clasificación basadas en imágenes, es que cubren una gran variedad de información.

Trabajando con imágenes QuickBird, hemos intentado primero varios procedimientos de segmentación de multirresolución, a fin de extraer imágenes de distintas resoluciones. A continuación hemos aplicado técnicas de clasificación supervisada a fin de obtener un tipo de combustible preliminar (según el sistema Prometeo) y el mapa de uso territorial. Hemos realizado la primera clasificación utilizando sólo un enfoque difuso del elemento más cercano, marcando objetos típicos como muestras representativas. Estas muestras se corresponden con zonas de formación que suelen representar un uso territorial específico o un tipo de combustible. Los resultados iniciales, obtenidos utilizando el elemento más cercano como clasificador único, fueron mejorados sucesivamente corrigiendo inexactitudes en los pasos iterativos asignando generalmente objetos de imágenes mal clasificadas como muestras en la categoría adecuada, después de la declaración de objetos de

muestra. El mapa resultante, del cual vemos un ejemplo en la figura siguiente *(Fig. 2)* fue controlado a través de zonas de prueba correspondientes a la realidad del territorio y obtenido con un trabajo específico sobre el terreno realizado en la zona estudiada.

El mapa presentado puede ser considerado como un resultado preliminar que se espera que mejore en las siguientes fases de trabajo. Ahora estamos trabajando en la definición de funciones de pertenencia que deben añadirse al enfoque anterior a fin de ajustar los mapas. Estas funciones de pertenencia están basadas en la información adicional (características intrínsecas, topológicas y de contextos) que pueden derivarse basándose en imágenes.

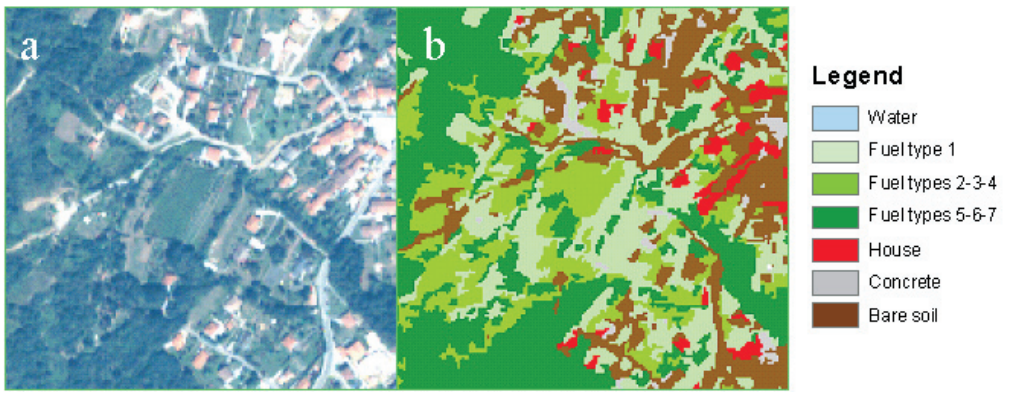


Figura 2--(a) Imagen multiespectral QuickBird; (b) Utilización territorial preliminar y mapa de combustible obtenido a través de una clasificación orientada hacia el objeto de imágenes vía satélite.

Aplicaciones del análisis de paisaje

Se han probado los métodos de análisis de paisaje derivados de La Ecología del Paisaje a fin de seleccionar indicadores específicos para aplicarlos a las condiciones del entorno forestal del área urbana para la descripción del medio ambiente del incendio forestal e intentar obtener herramientas analíticas para identificar denominadores comunes que conducen a incendios del entorno forestal del área urbana y para optimizar los procesos de planificación para la lucha contra incendios en estas zonas. Las metodologías elaboradas proporcionarán a los gestores de la lucha contra incendios la oportunidad de definir las zonas de entorno forestal del área urbana y estudiar ampliamente las relaciones espaciales entre los elementos de éste y su interacción con los incendios forestales.

Existen muy diversas definiciones del término "paisaje" según la investigación o el contexto de gestión que se consideren. Las distintas interpretaciones suelen incluir una zona territorial que contiene un mosaico de rodales (Urban y otros, 1987) o elementos del paisaje, cuyos límites son fijados artificialmente. Representan la base (o lo componentes básicos) para la elaboración de mapas de categorías. EL tamaño no es necesariamente importante para definir un paisaje, lo que debe tenerse en cuenta son los rodales que interactúan y crean un mosaico, cuya dimensión depende del fenómeno considerado.

Una perturbación, como es un incendio forestal, tiene la posibilidad de propagarse a lo largo de un paisaje según la abundancia y disposición de los hábitats, sensible a ese tipo de perturbación (Lloret y otros, 2002) El punto clave del análisis llevado a cabo es estudiar la heterogeneidad del paisaje y la fragmentación introducida por la presencia de asentamientos en relación con los incendios forestales, evaluando el efecto de un modelo complejo de paisaje, como los que caracterizan el entorno forestal del área urbana y su composición estructural en el régimen de incendios. Una suposición básica es representada por el hecho de que la disposición de combustible en un territorio tiene una fuerte influencia sobre la propagación del incendio y que el tipo de cobertura del terreno y las características de los combustibles están estrechamente relacionados (Turner y Romme, 1994) Al trabajar a nivel de asentamiento, se estudian las distintas configuraciones de rodales con una referencia al paisaje del entorno forestal del área urbana para determinar los distintos niveles de vulnerabilidad al incendio forestal.

A fin de aplicar a la investigación conceptos y métricas paisajísticos, ha sido necesario elegir un paisaje de referencia e identificar los rodales en este paisaje. Se decidió centrase en los asentamientos y su entorno inmediato y concentrar en ellos todos los esfuerzos; por esta razón se seleccionó un asentamiento en la zona estudiada a fin de experimentar procedimientos basados en la ecología del paisaje. Empezando desde los límites del asentamiento seleccionado, se realizó una memoria intermedia de 500Mts, utilizando técnicas GIS. Con esta preparación se obtuvo un área de 253Ha *(Fig. 3a*) La idea era obtener polígonos (formato de vectores) o celda de rejilla (formato de trama) clasificados en tipos de utilización territorial discreta. Se dibujaron interpretando fotografías aéreas e imágenes por satélite QuickBird. Se utilizó un enfoque divisivo *(Fig. 3b)* Cada rodal fue digitalizado empezando por un único rodal (todo el paisaje, correspondiente a los límites de la memoria intermedia que acabamos de realizar) y luego dividiéndolo sucesivamente en rodales homogéneos, se obtuvo un mapa de vectores construido a partir de líneas digitalizadas.

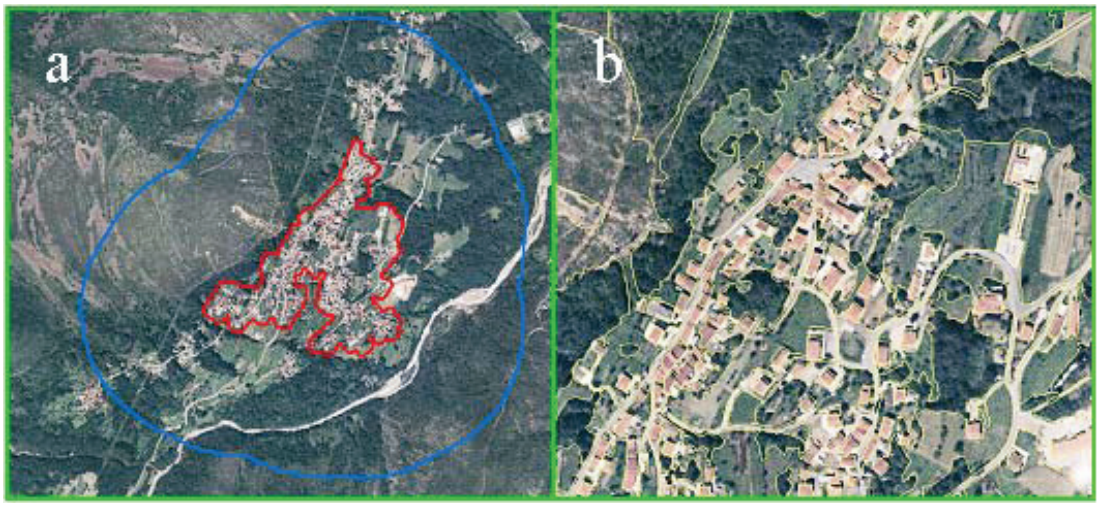


Figura 3--(a) El "paisaje" seleccionado (la línea roja señala los límites del asentamiento, mientras que la línea azul corresponde a la memoria intermedia de 500Mts); (b) Digitalización de rodales.

Para el análisis inicial, se seleccionaron ocho tipos de utilización territorial para identificar los distintos rodales, según el fenómeno considerado y las características de las zonas: *monte bajo; campos; hierba; hierba-árboles; casa; no combustible; guijarral; árboles.* El mosaico definitivo de rodales fue más tarde convertido desde un formato de vectores (*Fig. 4a*) a formato de trama (*Fig. 4b*) obteniendo un mapa de trama punteada de 1Mt a fin de aplicar algoritmos de software para realizar el cálculo métrico del paisaje.

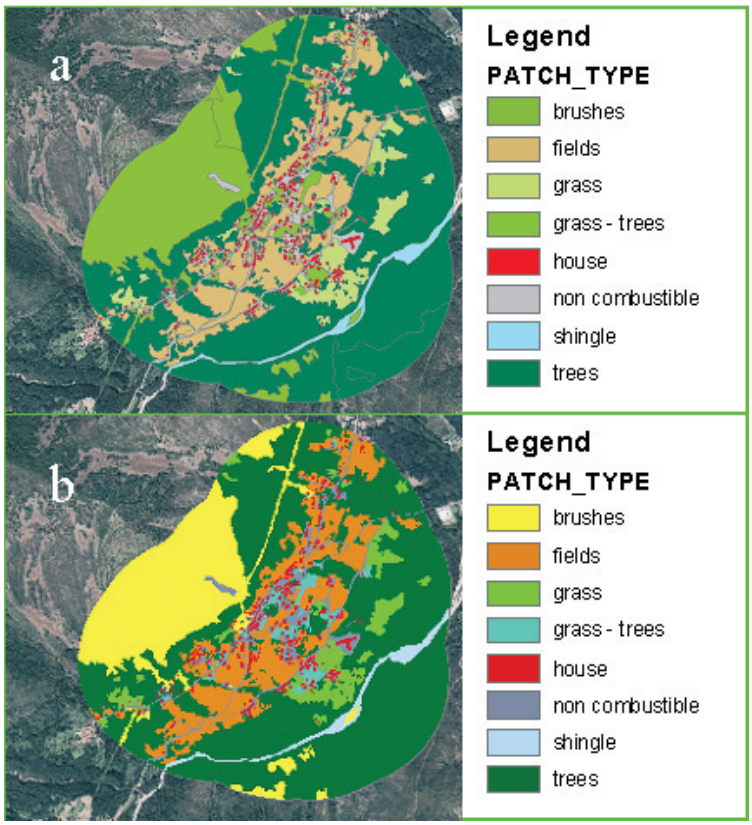


Figura 4--(a) Mosaico definitivo de rodales (formato de vectores) con información sobre sus combustibles y utilización territorial; (b) El mosaico definitivo de rodales (formato de trama) y la información sobre sus combustibles y la utilización territorial.

Selección de los Indicadores de Vulnerabilidad

La métrica del paisaje está formada por algoritmos que se utilizan para cuantificar las características espaciales de los tipos de rodales, o del mosaico del paisaje completo (MacGarigal y Marks, 1995) La métrica del paisaje cuantifica el modelo del mismo dentro de unos límites fijados, concentrándose en el carácter espacial y distribución de los rodales. Existen tres niveles de análisis diferentes y por consiguiente tres niveles métricos distintos:

- Métrica de los rodales

- Métrica de tipos
- Métrica de paisajes

La métrica de paisajes suele dividirse en dos categorías generales: la primera incluye la métrica capaz de cuantificar la *composición del mapa* sin tener en cuanto los atributos espaciales; y la segunda incluye la métrica que cuantifica la *configuración espacial* del mapa que requiere aplicar información espacial (MacGarigal y Marks, 1995; Gustavson, 1998)

Después de realizar un mapa por categorías de las distintas utilizaciones territoriales, el objetivo era caracterizar la composición y configuración espacial del mosaico de rodales, a través de una métrica de paisajes. La atención se centró fundamentalmente en *la métrica estructural*, capaz de medir la composición física o configuración del mosaico de rodales sin referencia explícita a un proceso ecológico (MacGarigal y Marks, 1995); En el paso siguiente se interpretará la importancia funcional del valor métrico. A fin de calcular la métrica del paisaje utilizamos FRAGSTATS (MacGarigal y Marks, 1995) aplicado al mapa punteado de trama de 1MT. Para cada del mosaico de paisaje, el software puede calcular varios valores métricos por cada tipo de rodal (categoría) del mosaico y el mosaico del paisaje en su conjunto. Casi todos los valores métricos disponibles con FRAGSTATS han sido primero calculados para el asentamiento seleccionado como estudio de caso. La selección de valores métricos que puedan suministrar datos sobre la vulnerabilidad del asentamiento está siendo realizada actualmente, a fin de encontrar una relación entre los valores métricos y el peligro de incendio. A fin de cumplir esta tarea, se comparan los valores métricos obtenidos a partir de paisajes reales, correspondientes a asentamiento localizados en el territorio con paisajes simulados que representan distintos niveles de peligro de incendios forestales.

Conclusiones

Esta ponencia presenta el enfoque conceptual y metodológico aplicado al análisis del entorno forestal del área urbana en relación con la lucha contra incendios forestales. El objetivo final de la investigación es la elaboración de recomendaciones útiles sobre el entorno forestal del área urbana y su relación con el peligro de incendios forestales a fin de mejorar los procesos de toma de decisión en su gestión. Se han presentado ciertos resultados preliminares, pero el trabajo sigue en fase de realización.

Se pueden aplicar con éxito las técnicas de detección remota y los sistemas de información geográfica junto con los análisis de paisajes aplicando conceptos e indicadores derivados de la Ecología de Paisajes, al estudio del entorno forestal del área urbana que ofrece información crucial para la planificación de la utilización territorial y la elaboración de políticas.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por la Comisión Europea -Programa de Investigación- para la Energía, Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible; Proyecto

WARM -Gestión contra el Peligro de Incendios en el Entorno Forestal del Área Urbana (EVG1-CT-2001-00044)

Referencias

Baatz, M.; Benz, U.; Dehgani, S.; Heynen, M.; Holtje, A.; Hofmann, P; Lingenfelder, I.; Mimler, M.; Sohlbach, M.; Weber, M.; Willhauck, G. 2001. **eCognition user guide.** Definiens imaging GmbH, München, Germany.

Bovio, Giovanni; Camia, Andrea. 1997. **Fire danger rating and land features in Winter-Spring seasons of Northwestern Italy.** Report of Minerve Project, EC-DGXII**.** 19 p.

Bovio, Giovanni; Camia, Andrea. 1998. **Operational Scenarios of Forest Fires in Italy**. In: Domingos Xavier Viegas, technical coordinator. Proceedings of 3rd International Conference on Forest Fire Research, November 16-20, 1998, Coimbra, Portugal.

Bovio, Giovanni; Camia, Andrea; Marzano, Raffaella. 2002. **Incendi boschivi in interfaccia urbano-foresta: metodi di indagine a scale regionale e locale**. Linea Ecologica, 2: 34-41.

Lloret, Francisco; Calvo, Eduard; Pons, Xavier; Díaz-Delgado, Ricardo. 2002. **Wildfires and landscape patterns in the Eastern Iberian Peninsula.** Landscape Ecology 17: 745-759.

Camia, Andrea; Marzano, Raffaella; Bovio, Giovanni. 2002. **Preliminary analysis of wildland-urban interface fire prone areas in Italy.** In: Domingos Xavier Viegas, technical coordinator. Proceedings of 4th International Conference on Forest Fire Research, November 18-23, 2002, Coimbra, Portugal.

Camia, Andrea; Varela, Vassiliki; Marzano, Raffaella; Eftichidis, George. 2003. **Spatial analysis in European Wildland-Urban Interface environments using GIS.** In: Proceedings of the International Workshop "Forest Fire in the Wildland-Urban Interface and Rural Areas in Europe". 15–16 May 2003, Athens (Greece).

Gustafson, E. J. 1998. **Quantifying landscape spatial pattern: What is the state of the art.** Ecosystems: 143-156.

McGarigal, K.; Marks, B. J. 1995. **FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure**. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. PNW-351.

Turner, M.G.; Romme, W.H. 1994. **Landscape dynamics in crown fire ecosystems**. Landscape Ecology 9: 59-77.

Urban, D. L.; O'Neill, R. V.; Shugart, H. H. Jr. 1987. **Landscape ecology: A hierarchical perspective can help scientist understand spatial patterns**. BioScience 37: 119-127.

Esta página se deja en blanco intencionadamente.

Tres Grandes Mitos sobre Gestión de Incendios[1]

Douglas B. Rideout, Pamela S. Ziesler[2]

Resumen
Se identifican y explican tres mitos difundidos desde hace tiempo sobre la lucha contra los incendios forestales utilizando una aplicación básica de la teoría económica. Se explica cada mito y se examina el conjunto de mitos a fin de identificar un error en la aplicación de la teoría que los mantiene unidos. Los mitos examinados son:

- El tratamiento de los combustibles reduce los gastos óptimos de extinción (incluyendo el ataque inicial)
- La minimización de la curva C + NVC proporciona una solución óptima
- Son preferibles los altos índices de éxito en el ataque inicial a los bajos índices de éxito

Aplicando correctamente le microeconomía, el usuario puede fácilmente evitar confusiones en la política y gestión que promulgan estos dos frecuentes errores de percepción. Una aplicación correcta de la teoría macroeconómica puede promover una mejor política de incendios forestales, evitar errores de percepción y llevar a un mejor desarrollo de los programas de lucha contra los incendios.

¿Por qué existen grandes mitos?

Hay muchos errores de concepto en la lucha contra incendios que están saliendo a la luz con las nuevas investigaciones de las ciencias relacionadas con la lucha contra incendios forestales y sus políticas. ¿Entonces por qué identificar tres mitos? En primer lugar hay bastantes historias interesantes que se refieren al número tres: como Los tres Deseos de Aladino, Los Tres Ratones Ciegos o Los tres Vagabundos. En realidad estos mitos han sido elegidos porque son conocidos en todas partes y a tenido un impacto fundamental en la política nacional e internacional sobre incendios forestales. Cada mito está directamente vinculado a la comprensión de los fundamentos del modelo económico sobre incendios conocido como "Coste mas Cambio de Valor Netos" o C + NVC. Esta ponencia muestra que desarrollando un mejor entendimiento de la economía básica de la lucha contra incendios, podemos realizar una investigación científica con mas conocimiento de causa a fin de conseguir una mejor información política y dirección de gestión.

La mayor parte de la teoría económica de la lucha contra los incendios forestales ha estado sumida en un grave error durante muchos años. Gran parte del error en el modelo económico básico ha sido resumido por Donovan y Rideout (2003), Esta

[1]Una versión mas corta de este trabojo fue presentada en el segundo simposio internacional sobre politicas, planificación y economía de los programas de protección contra incendios forestales: una visión global, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] Profesor y Estudiante Licenciado (respectivamente), Laboratorio Economía sobre Incendios, departamento forestal Rangeland and Watershed Stewardship, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.

ponencia intentará aclarar mejor este tema y se demostrarán las implicaciones que tiene. Dado que los errores en la teoría de C+NVC han persistido desde la obra de Sparhawk en 1925, los tres mitos han adquirido fuerza a lo largo de los años y cada uno ha llegado a la cúspide por sus propios derechos.

Primer Mito: el Tratamiento de los Combustibles Reduce los Gastos Óptimos de Extinción y los Daños Óptimos del Incendio Forestal

Se demostrará que este mito, aunque se suele considerar cierto en sus dos premisas, carece de base en la teoría económica tal como se representa en el modelo C + NVC. Entender este mito exige una comprensión del impacto que puede tener el tratamiento de los combustibles sobre la función NVC. La función NVC muestra hasta qué punto los daños netos de un incendio forestal son afectados por una variable de decisión específica. Según nuestros cálculos NVC se reduce aumentando los esfuerzos de lucha contra el fuego. A continuación desarrollamos cada parte de este mito.

El Tratamiento de los Combustibles puede Aumentar la lucha óptima contra el fuego

Contrariamente al mito, el tratamiento de los combustibles puede aumentar los esfuerzos óptimos y el gasto de la lucha contra incendios. Esto se explica mejor al examinar la figura 1. La figura 1 muestra el coste total sobre el eje vertical, y el esfuerzo total de lucha contra el fuego en el eje horizontal. El cambio de valor neto se muestra como una función en declive del esfuerzo de lucha contra el fuego y el coste de ésta muestra como un aumento lineal (para facilitar la ilustración) sobre los esfuerzos de lucha contra el fuego. Estas dos funciones del coste se suman verticalmente para formar la curva "C + NVC" de la ilustración. La función objetiva es seleccionar los esfuerzos de lucha contra el fuego que produzca el punto mínimo de la curva. Tal como demuestra Rideout y Omi (1990) y como se puede observar en otras obras, el punto mínimo tendrá lugar cuando las pendientes de las dos funciones de coste más bajas sean iguales en valor absoluto. Para entender la naturaleza de los mitos, es importante que sean solamente las pendientes y no las localizaciones de las funciones de coste las que tengan relevancia para situar el punto mínimo de la curva.

A fin de entender cómo el tratamiento de combustibles puede aumentar la lucha óptima contra el fuego, debe considerarse cómo puede afectar el tratamiento de combustibles la función NVC. En la primera figura, la imagen "antes (línea discontinua) y después" (línea continua) es extraída de las funciones NVC. En este ejemplo, la función NVC desciende y se hace más abrupta de principio a fin. Desciende porque esperamos menos pérdidas a mayores esfuerzos de lucha contra el fuego, y se hace más abrupto porque esperamos que los esfuerzos de lucha contra el fuego aumenten en cuanto a productividad marginal. En realidad, éstas son dos razones que se dan frecuentemente para el tratamiento de combustibles peligrosos. Si la curva NVC se vuelve bastante abrupta, el punto mínimo de la curva C + NVC se desplazará hacia la derecha de la curva original, tal como se ve en a figura 1. En este

ejemplo, los daños óptimos han disminuido enormemente como resultado de una menor función NVC (NVC antes del tratamiento es mayor que NVC´ después del tratamiento), pero los esfuerzos de lucha contra el fuego y los gastos correspondientes han aumentado.

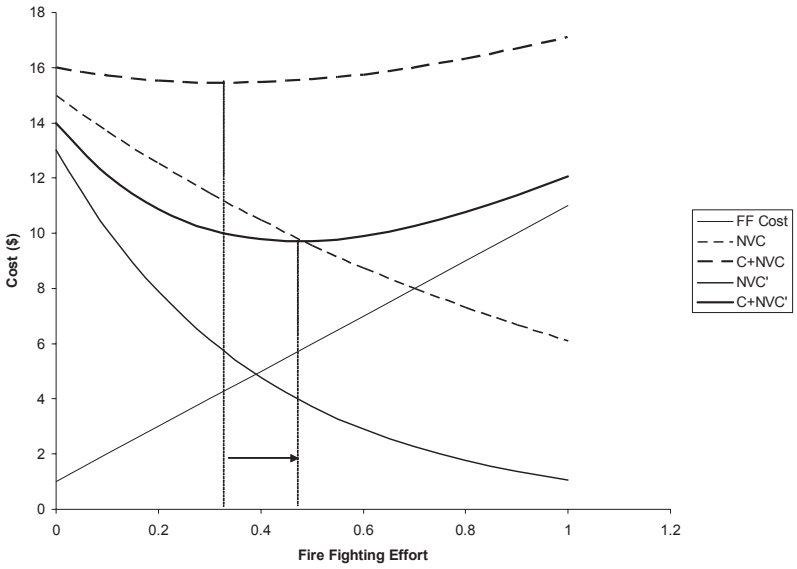


Figura 1--El Tratamiento de los Combustible puede aumentar los Esfuerzos Óptimos de la Lucha Contra el Fuego.

Es importante señalar que éste es sólo un resultado posible. Sin embargo, para ser consistentes con la teoría económica debemos considerar la posibilidad de que el tratamiento de los combustibles causa un aumento en los esfuerzos óptimos de la lucha contra el fuego. La idea es que el tratamiento de los combustibles puede aumentar *o* disminuir los esfuerzos óptimos y los gastos de la lucha contra el fuego, pero este resultado no es predecible solamente con la teoría.

El Tratamiento de los Combustibles Puede Aumentar las Pérdidas Óptimas

Un paralelismo directo al resultado de la Figura 1 es una especie de cambio en la curva NVC como resultado del tratamiento de combustibles. Supongamos que el tratamiento de combustibles actuó sobre la función NVC haciéndola descender y al mismo tiempo disminuyendo su pendiente. Se hace más plana de principio a fin, tal como se ve en la figura 2. Aquí el tratamiento de combustibles ha influido sobre la vegetación o sobre las condiciones locales de forma que se reduce la productividad marginal de la lucha contra el fuego. Si se reduce la pendiente lo suficiente

comparada con las demas funciones en contra de lo que podia esperarse se conseguira que aumenten los daños óptimos, tal como muestra la **figura 2.**

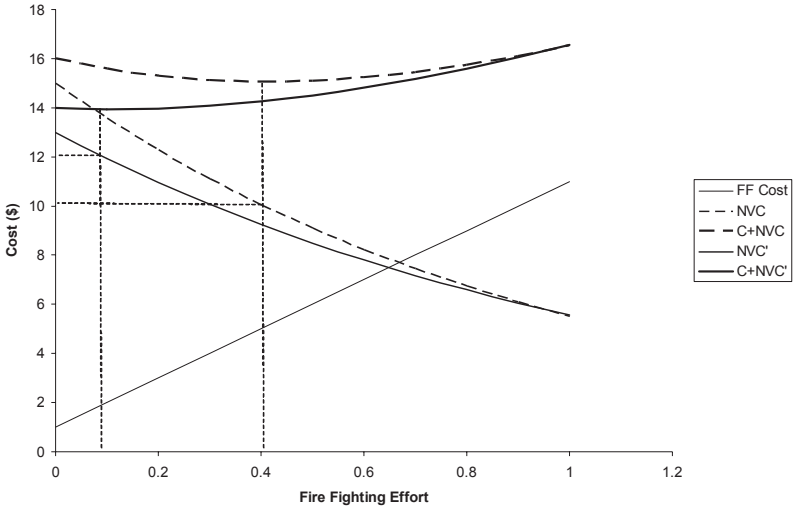


Figura 2--El Tratamiento de los Combustibles aumenta los Daños Óptimos

Aquí se ve que con el tratamiento de los combustibles, la función NVC ha cambiado de NVC a NVC ´ y C NVC ha cambiado a C + NVC ´. Dado que ha disminuido la productividad marginal de la lucha contra el fuego es necesaria una menor lucha contra el fuego. Mientras la función más baja NVC actúa para reducir los daños, estos es compensado por la disminución de esfuerzos óptimos de lucha contra el fuego de manera que los daños óptimos aumentan de diez doce en esta figura. Los daños óptimos pueden aumentar o disminuir, y estos no se pueden resolver sin una información más completa.

Segundo Mito: Minimizando la Curva de Ataque Inicial C+NVC Proporciona una Solución Óptima Para el Programa de Lucha Contra el Fuego

Desde los tiempos de Sparhawk y el desarrollo de “Sparhawk contemporáneo” (hace casi treinta años), tal como se ve en la figura 3, se ha reconocido que el problema de la lucha contra el fuego, está compuesto al menos por dos partes: ataque inicial y ataque ampliado. En algunos casos, el problema se puede subdividir más todavía, pero en este ejemplo vamos a considerar sólo dos partes.

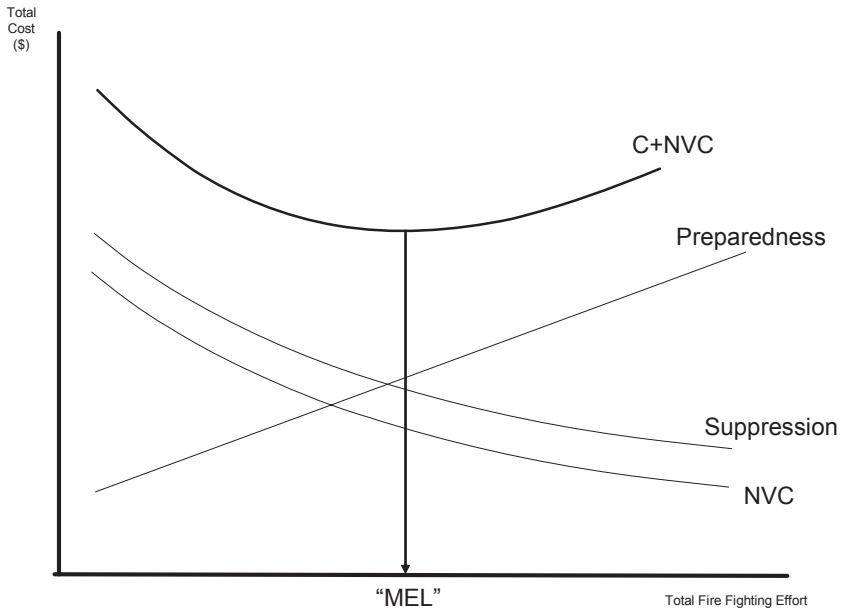


Figura 3--Error de Sparhawk contemporáneo (Donovan y Rideout, 2003).

La figura 3 representa el intento de incluir el coste del ataque ampliado en el marco de C NVC a través de una función confusamente llamada "extinción". El eje horizontal ha menudo se titula "nivel de programa" o "preparación", pero para simplificar y darle más consistencia vamos a considerarlo como lucha contra el fuego en la fase de inicial de ataque. Se definen las funciones como en la sección anterior excepto en la inclusión de la función de extinción que se ha visto disminuir cuando se aumenta el ataque inicial. Esto es por la siguiente razón: cuanto mayor son los esfuerzos en el ataque inicial menores serán los esfuerzos óptimos en el ataque ampliado o de extinción. El error clave en el diagrama debatido aquí por primera vez es el de la mezcla de cuentas" entre el ataque inicial y el ataque ampliado. Mientras que se contabiliza el efecto del coste del ataque inicial sobre el ataque ampliado, la parte NVC del ataque ampliado no es contabilizada. De hecho, el diagrama trae la función del coste del ataque ampliado y lo mezcla con el ataque inicial de manera incorrecta, mientras que omite cualquier efecto del ataque ampliado sobre NVC. Ahora tenemos una cuenta (ataque inicial) y media (ataque ampliado) de forma que la curva misma no tiene ningún sentido desde el punto de vista económico. Sin embargo, sugiere de manera incorrecta que si se aumenta la financiación del programa se llegará a una reducción de los costes de extinción. Aunque esto ocurriera, no se basaría en la figura 3. Una perspectiva podría ser suprimir la función de extinción y minimizar la curva del ataque inicial. Esta corrección está en el origen del segundo mito: que en mínimo de la curva de ataque inicial produce una solución óptima de ataque inicial. Esta solución se ofrece en la parte de "Ataque Inicial" de la figura 4.

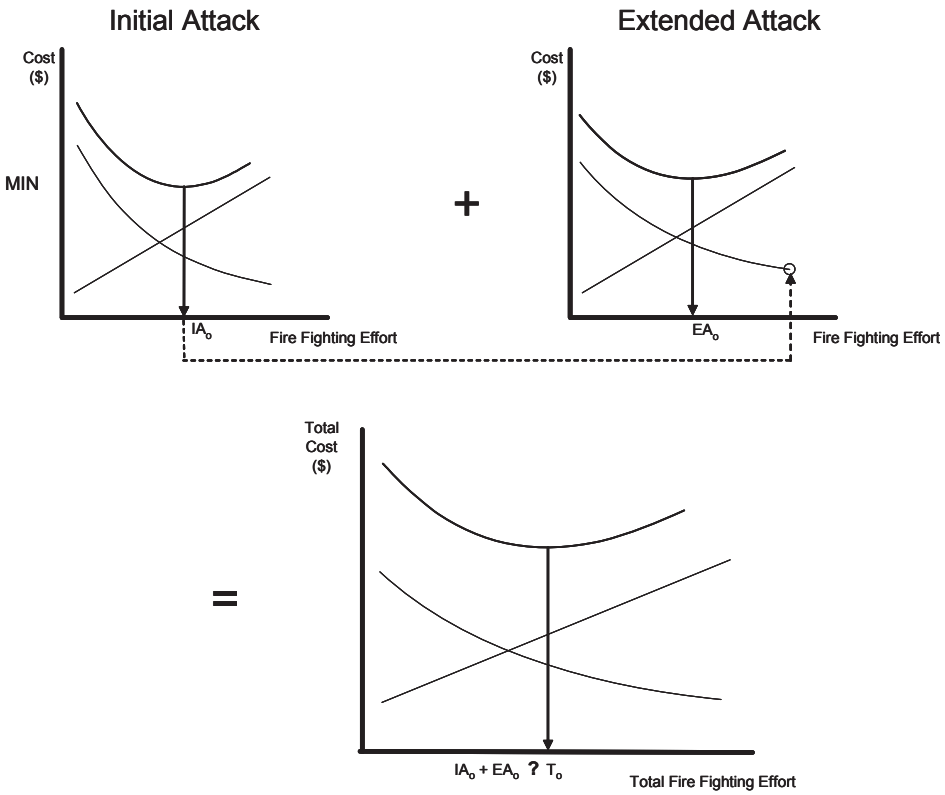


Figura 4--Ilustración del Programa Óptimo

El mínimo de la curva de C NVC en la parte del Ataque Inicial proporciona una respuesta incorrecta al problema de lucha óptima contra el fuego porque los incendios que no se reducen suficientemente en el ataque inicial representan un coste que debe ser incluido en otro apartado –normalmente en la fase de Ataque Ampliado. Por lo tanto, el mínimo de la curva (no ajustada) del Ataque Inicial contiene unos gastos externos que nos se contabilizan sin hacer un enfoque logístico. Al igual que una fábrica lanza efluentes a un río, un Ataque Inicial lanza el coste de un gran incendio al Ataque Ampliado. El problema general y sus correcciones es algo bien conocido en economía.

Aquí corregimos este problema minimizando la suma del ataque inicial y el ataque ampliado C + NVCs tal como se ve en la parte de "esfuerzos totales de lucha contra el fuego". Podemos también corregir la parte de ataque inicial a fin de ajustarlo a los gastos externos (no mostrados aquí). Hay aparentemente tres conclusiones: (1) el mínimo de la curva del Ataque inicial representa una solución incorrecta que se puede resolver y (2) "la resolución" incluida en el Sparhawk contemporáneo es errónea; y (3) una solución correcta sería minimizar la suma de las C + NVCs

Tercer mito: Es Preferible Obtener Altas Tasas de Éxito en el Ataque Inicial

Aunque algunas veces es preferible obtener altas tasas de éxito en el ataque inicial, esto no siempre es así. Este mito es a menudo el núcleo para definir medidas para obtener resultados útiles.

En la figura 4 vemos que hay una cantidad óptima de recursos que gastar en el ataque inicial (suponiendo que la parte de ataque inicial sea corregido para los gastos externos del segundo mito). Esto implica directamente que hay un número óptimo de incendios que reducir con éxito en el ataque inicial, y un número óptimo de incendios contra los cuales luchar en el ataque ampliado. Por ejemplo, a menudo oímos que alrededor del 98% de los incendios son reducidos en el ataque inicial. Cuando el porcentaje de incendios reducidos en el ataque inicial no está en relación con un coste que minimice la medida del resultado, ¿cómo responderá el analista político? Quizás se vio que la tasa óptima de éxito era de un 80%. Podemos entonces interpretar que la medida de 98% puede ser excesiva y costosa, de modo que podría establecerse un programa más eficaz con respecto al coste. Alternativamente, un análisis cuidadoso de minimización del coste podría mostrar como óptimo un éxito de 99% en el ataque inicial.

Es importante establecer claramente lo que constituye una medida útil. En medio de la batalla, los bomberos intentan reducir un incendio específico y el resultado de la lucha contra el fuego sobre el terreno puede que sea visto de forma diferente que al nivel de programa federal. A nivel de programa, donde existen tanto costes como beneficios en el ataque inicial, siempre habrá un nivel óptimo de éxito en la reducción, y probablemente éste no sea de un 100%

Conclusión

Una buena aplicación de la teoría económica básica de C NVC puede proporcionar normas para abordar la política de incendios forestales y para evitar errores de conceptos. El hecho de no conocer la teoría o interpretándola mal como en el caso de Sparhawk contemporáneo puede inducir a una política basada en creencias que carecen de peso. En los ejemplos sobre tratamientos de combustibles es evidente que el resultado de éstos sobre la productividad marginal de la lucha contra el fuego puede influir sobre la respuesta y puede exigir un análisis empírico para resolverlo. En el ataque inicial el trabajar sólo con el mínimo de la curva sin considerar una posible circunstancia externa sobre el ataque ampliado puede llevar a un programa de ataque inicial demasiado conservador. En cada uno de ellos, puede ser fundamental el conocer la medida más importante de rendimiento y cómo y cuál es su relación con la función de producción para tomar decisiones adecuadas.

Referencias

Donovan, Geoffrey H., Rideout, Douglas B. 2003. A reformulation of the cost plus net value change (C+NVC) model of wildfire economics. Forest Science 49(2):318-323.

Rideout, Douglas B. Philip N. 1990. Alternative expressions for the economics of fire management. Forest Omi Science 36(3):614-624.

Definición de la Respuesta Inicial: Integración del Aprovechamiento del fuego con el Ataque Inicial[1]

Stephen J. Botti,[2] Douglas B. Rideout,[3] Andrew G. Kirsch[3]

Resumen

El aprovechamiento del fuego permite a los gestores de Incendios aprovechar los efectos beneficiosos que pueden tener sobre el paisaje las igniciones naturales. En las circunstancias adecuadas, los gestores de incendios pueden no utilizar el ataque inicial para hacer un seguimiento y gestión de la ignición natural de forma que mejoren las condiciones del ecosistema. De la misma manera que han avanzado nuestros conocimientos y técnicas de gestión de incendios, lo han hecho las políticas sobre incendios y el aprovechamiento del fuego. Dado que existe un interés creciente en el aprovechamiento del fuego, se hace más necesario un mejor enfoque y análisis del programa. En esta ponencia explicamos cómo a través la gestión del programa y la planificación se pueden integrar el aprovechamiento del fuego en la planificación y presupuesto del ataque inicial. Demostramos cómo un marco programático integrado puede aprovechar la estrecha relación que existe entre el aprovechamiento del fuego y el ataque inicial. Por ejemplo, dado que muchos de los recursos de gestión de incendios que se emplean en el ataque inicial son también empleados en los incendios de aprovechamiento, un programa integrado puede aprovechar los costes conjuntos para disminuir significativamente los costes potenciales. También demostramos cómo un programa integrado puede mejorar la eficacia del ataque inicial y de aprovechamiento del fuego ofreciendo una mejor información sobre el proceso del presupuesto. Este enfoque programático integrado está actualmente en fase de desarrollo para el sistema de Análisis de Programas de Incendios (FPA) que se está elaborando.

Introducción

El aprovechamiento del fuego se refiere a las igniciones en donde la mejor solución consiste en gestionar y hacer un seguimiento del fuego para alcanzar unos objetivos relacionados con los recursos en lugar de realizar una extinción agresiva. Estos objetivos están definidos en los planes de gestión territorial y de gestión de incendios (FMP) Tal como especifican Zimmerman y Bunnell (1998) [1] la utilización del incendio forestal es:

"La gestión de incendios forestales provocados por una ignición natural a fin de cumplir objetivos específicos redefinidos de gestión de recursos en zonas geográficas predefinidas señaladas en FMP".

Las nuevas políticas federales integradas de gestión de incendios forestales, reconocen el fuego como parte integrante de la gestión de ecosistemas y animan a los

[1] Una versión abreviada de esta ponencia se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía de los programs de protección contra incendios forestales: una visión global, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] Manager, National Fire Program, USDI National Park Service, Boise, ID.

[3] Profesor y Estudiante Licenciado, Fire Economics Laboratory, Department of Forest, Rangeland and Watershed Stewardship, Colorado State University, Fort Collins, CO 80523.

gestores a considerar toda la gama de opciones de gestión [2] Existen pruebas de que el aprovechamiento del fuego es cada vez más aceptado y considerado fiable como herramienta de gestión y que se está introduciendo en los planes de gestión territorial y de recursos cada día más (por ejemplo, Rideout y Botti, 2002 [3])

Sin embargo, el empleo del aprovechamiento del fuego puede variar según los combustibles y la conducta del fuego, las agencias, los objetivos de gestión territorial y otras consideraciones. Las estrategias de aprovechamiento del fuego son aceptadas y aplicadas de manera desigual entre las agencias federales de gestión territorial. En algunas agencias o unidades administrativas, la utilización del incendio forestal se aplica con gran frecuencia mientras en otras en considerada inapropiada.

El aprovechamiento del fuego representa un modelo híbrido entre la extinción del incendio en su ataque inicial y la quema prescrita y plantea desafíos únicos. En general, el alcance espacial y temporal de las quemas prescritas se pueden planificar de antemano. Sin embargo, los incendios con aprovechamiento del fuego son acontecimientos no planificados, y la hora específica, lugar, condiciones climatológicas, y topografía de cada acontecimiento son desconocidos. Eso es cierto aunque los acontecimientos del aprovechamiento del fuego suelen seguir unas normas básicas que especifican las condiciones espaciales y temporales y una gama de condiciones climatológicas. Como en las quemas prescritas, el aprovechamiento del fuego se realiza para restablecer o mantener las condiciones naturales. Como los incendios forestales no deseados, las condiciones bajo las cuales se presentan los incendios con aprovechamiento del fuego son muy inciertas.

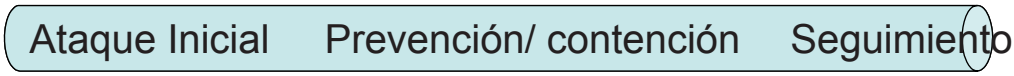


Figura 1--Línea de respuesta inicial apropiada

A pesar de su incertidumbre, se puede realizar un modelo de la respuesta inicial a los incendios forestales y a los incendios de aprovechamiento como medio de preparar futuras temporadas de incendios. Estos modelos se utilizan para tomar decisiones estratégicas sobre el personal y el equipo necesario para reparar las temporadas de incendios, o para tomar decisiones tácticas sobre la manera de gestionar los acontecimientos en tiempo real. Tanto para los incendios forestales como para los incendios de aprovechamiento, y no se conocen los detalles de los acontecimientos futuros y, por lo tanto, introducen cuestiones de exactitud y precisión en los modelos.

El aprovechamiento de fuego y la extinción de los incendios forestales representan dos puntos en una línea de estrategias apropiadas de gestión de respuestas que se pueden aplicar a un incendio forestal de ignición natural tal como se ve en la **figura 1**.

Tal como han definido Zimmerman y Bulnnell (1998) [1] “Cuando se ha completado y aprobado el Plan de Gestión del Fuego, y los incendios forestales proceden de una fuente natural de ignición, tenemos a nuestra disposición toda una gama de opciones de gestión según los objetivos de gestión de recursos presentado en el FMP”. Estas opciones incluyen las estrategias de extinción cuando el incendio

forestal resulta dañino, y estrategias solamente de seguimiento cuando benefician los ecosistemas, o se realiza una combinación de estrategias de seguimiento y contención cuando esto beneficia los recursos en algunas zonas pero amenaza los valores que hay que proteger en otras.

Los objetivos de beneficios a recursos que conducen al aprovechamiento del fuego son similares a los que impulsan el uso ecológico de la quema prescrita. Por esta razón, el debate preliminar sobre los modelos se centraba en combinar el aprovechamiento del fuego con la quema prescrita y incendios acontecimientos con aprovechamiento del fuego, junto con el hecho de que hace falta una respuesta inicial en todos los incendios forestales sin tener en cuenta la estrategia de gestión empleada, contribuye a incluir el aprovechamiento del fuego dentro de un módulo global de preparativos estratégicos[4]. Dado que el personal y otros recursos empleados en los incendios de utilización y en los incendios de extinción en su ataque inicial compiten por el presupuesto de los preparativos, es razonable analizarlos conjuntamente y determinar la eficacia con respecto al coste de todas las estrategias iniciales de respuesta dentro de un módulo. Los incendios de aprovechamiento y los de extinción dependen de recursos de gestión de incendios similares, de manera que muchos recursos adquiridos para uno, pueden ser utilizados para el otro. Por ejemplo, los helicópteros pueden transportar cuadrillas para extinguir un incendio forestal no deseado, o la misma cuadrilla puede realizar el seguimiento y gestión de un incendio de aprovechamiento. Esta multifuncionalidad de los recursos de preparación para un incendio forestal, sugiere que se tenga en consideración un enfoque integrado de gestión y de presupuesto.

La organización de los preparativos exige la posibilidad de dar una respuesta inicial a todas las igniciones de incendios forestales sin tener en cuenta la estrategia empleada. La naturaleza de esta respuesta debería ser orientada por los beneficios y los costes del incendio identificados por criterios fáciles de medir, como objetivos y propósitos partiendo de un plan de gestión de incendios o de territorio y los recursos. Realizando un modelo con la gama total de estrategia de respuesta inicial, los gestores pueden planificar estratégicamente el uso integrado de recursos de respuesta inicial para hacer un seguimiento, una contención, y llevar a cabo una extinción limitada. Todo esto incorporará acciones de gestión, como las estrategias de extinción modificadas y limitadas en Alaska, que no se pueden llamar de aprovechamiento del fuego pero que imitan los objetivos del aprovechamiento del fuego en otras zonas.

Aunque no se pueden realizar modelos de incendios que comienzan con estrategias de extinción y se convierten en estrategias de seguimiento, este tipo de gestión ocurre rara vez y tiene escaso impacto sobre las necesidades de respuesta inicial. Las exigencias de gestión de incendios que escapan a la respuesta inicial, ya sea porque escapen del ataque inicial y se conviertan en estrategias de seguimiento o que escapen del aprovechamiento del fuego y se conviertan en estrategias de extinción, deben ser consideradas por separado.

---

[4] Los recursos utilizados para preparar una utilización de incendios forestal son generalmente financiados a partir de cuentas operativas presupuestadas, mientras que los costes para gestionar los incendios son generalmente financiados por cuentas de emergencia. Esto es así porque los costes de gestión son impredecibles y varían significativamente cada año según el número, tamaño y localización de los incendios. El modelo estratégico de planificación que presentamos aquí tiene por objeto identificar los recursos locales necesarios para gestionar los incendios de utilización no los recursos necesarios si se convierten en grandes incendios que requieren contingentes de contención o recursos de extinción no locales.

Integración del Aprovechamiento del fuego en la Planificación de Respuesta Inicial

Este tipo de modelos proporcionará a los gestores de incendios un proceso analítico mucho más poderoso que los que había disponibles previamente. Este enfoque combina un sistema normativo para definir los requisitos de gestión y de seguimiento para los incendios AMR con funciones que producen la contención de incendios forestales y que hacen que esta información disponible para una optimización integrada de la respuesta inicial. Este proceso informará mejor al gestor de utilización e interacción de recursos entre la extinción del ataque inicial y el aprovechamiento del fuego (y otros AMR) a niveles presupuestarios alternativos de una manera que antes no se podía realizar. Por ejemplo: el modelo resolverá los recursos óptimos de personal de gestión y seguimiento (M&M) utilizados en los incendios forestales de aprovechamiento. Las acciones de gestión incluirían acciones de contención y otros esfuerzos por influir sobre el modelo de quema, la intensidad o el alcance de un incendio de aprovechamiento del fuego dentro de una zona de gestión máxima sin convertirse en una estrategia de extinción. Esto demostrará cómo se comparten y se complementan los recursos M&M con el programa de ataque inicial. Y esto mostrará el desarrollo de un presupuesto unificado para pagar tanto el aprovechamiento del fuego como la extinción del ataque inicial.

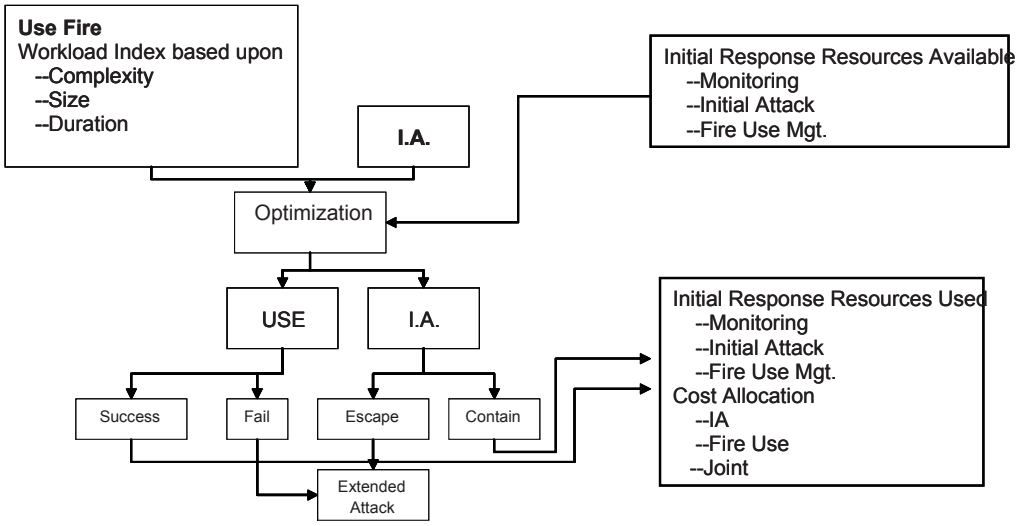


Figura 2—*Aprovechamiento del fuego integrado a un modelo de optimización*.

Este enfoque cuantifica y hace explícita la base del objetivo para las decisiones de gestión actuales con respecto al despliegue de recursos de neutralización del fuego y ataque inicial. La **figura 2** resume el enfoque global.

Incendio de aprovechamiento gestionado por la serie de pasos siguiente:

Clasificación de Incendios

Un departamento de planificación clasificaría los incendios para realizar un modelo para el proceso de planificación de preparación en dos categorías: los que pueden cumplir los objetivos de los recursos y los que ponen en peligro los valores que deben protegerse. Los incendios de aprovechamiento deberían ser totalmente definidos con respecto a sus características más importantes incluyendo tamaño, duración, complejidad, localización, etc. Una distinción importante sería que los incendios de utilización tienen un tamaño definido derivado de los antecedentes históricos, mientras que el tamaño del ataque inicial del incendio de extinción depende de la fuerza del ataque. El optimizador utilizará datos sobre todas estas características a fin de construir un modelo de los requisitos de M&M para los incendios de aprovechamiento del fuego. El alcance de la respuesta inicial incluiría sólo los incendios de utilización que cumplieran los criterios del nivel de unidad de planificación. Los incendios que exigieran recursos regionales o nacionales serían incluidos en un modelo realizado por un procedimiento diferente del que identificaría los requisitos de preparación local.

Carga de Trabajo para la Aprovechamiento del fuego

Dados los objetivos del departamento, se estudian los antecedentes históricos y las estimaciones de ignición para planificar la temporada. Los planificadores de incendios separándolos ataques iniciales delos incendios de extinción de los incendios de aprovechamiento del fuego basándose en una combinación de incidencias históricas y planificación de normas de orientaciones. Utilizando este enfoque, los objetivos actuales de gestión del territorio y de incendios dirigen el proceso de clasificación, no las estrategias de respuesta reflejadas en los antecedentes históricos. Es decir, el equilibrio entre los requisitos de aprovechamiento del fuego y los del ataque inicial responden a las necesidades cambiantes de gestión, las políticas actuales (2), y adaptará los planes para un mayor aprovechamiento del fuego, mas que limitarse a las decisiones adoptadas en el pasado. Por ejemplo, las estrategias de gestión de incendios asociadas a una zona geográfica cambiarán con el tiempo. Las igniciones históricas que fueron extinguidas por estar en aquel momento en una zona de extinción total, se puede gestionar ahora como incendios de aprovechamiento del fuego a causa del cambio de objetivos en la gestión territorial y de incendios de la zona geográfica.

Los incendios forestales de aprovechamiento serán de nuevo clasificados basándose en los requisitos de gestión. El grado de dificultad en la gestión un incendio dependerá, en parte, de su complejidad, tamaño y duración. Por ejemplo, los incendios más complejos generarían más trabajo. La segunda clasificación, separaría los incendios cuya complejidad, tamaño y duración, podría gestionarse con los recursos locales de los que exigirían recursos regionales o nacionales. Los que pudieron gestionarse con recursos locales competirían con los incendios de ataque inicial en cuanto al presupuesto de preparación.

Los datos y procesos de construir una puntuación sobre el trabajo que genera un incendio en cuanto a M&M se realizaría utilizando un marco de regresión múltiple. Se podría utilizar un análisis de registro de datos para estimar la puntuación del trabajo M&M par cada incendio y registrar la puntuación sobre la complejidad de cada incendio, el tamaño, la duración, y otras informaciones potencialmente significativas. Se realizaría una lista de incendios de diversa complejidad, tamaño y duración. Se registrarían y analizarían estos datos según la fórmula funcional siguiente para producir una puntuación sobre el trabajo –una para la gestión de aprovechamiento de fuego y otra para su seguimiento.

$$FireMgtWorkloadSore = \hat{\beta}_{MGT} = \beta_o + \beta_1 Complexity + \beta_2 Size + \beta_3 Duration + \ldots$$

$$FireMonitoringWorkloadScore = \hat{\alpha}_{MTR} = \alpha_o + \alpha_1 Complexity + \alpha_2 Size + \alpha_3 Duration + \ldots$$

$Beta_o$ y $Alfa_o$ sugieren que todo aprovechamiento de fuego puede necesitar una gestión o seguimiento sin tener en cuanta su complejidad, su tamaño y duración. βeta 1 y Alpha 1 indicarían hasta qué punto un aumento del valor de complejidad añadiría alas puntuaciones de carga de trabajo. Beta2, 3 y Alfa 2,3 cuantificarían hasta qué punto un aumento de tamaño (duración) contribuiría las puntuaciones de carga de trabajo[5]. Es posible que hiciera falta evaluar los elementos adicionales, pero sugerimos mantener el proceso de estimación todo lo sencillo y eficaz posible para que sea práctico y defendible. Después de estimar todas las Alfas y Betas, es posible abordar los datos de complejidad, tamaño y duración de los incendios a fin de hacer una estimación de puntuación M&M. Un paso fundamental para este enfoque sería fijar un índice del volumen de trabajo para cada incendio de aprovechamiento potencial. El proceso de puntuación de a carga de trabajo sugerido aquí cuantificaría el proceso de toma de decisión que han utilizado los gestores para determinar cuántos recursos hacen falta para gestionar y hacer un seguimiento de los incendios de aprovechamiento del fuego. Introduciendo este enfoque de toma de decisión basado en unas normas en un optimizador realizaría un modelo más exacto de la naturaleza subyacente de múltiples fines para los recursos de preparación, y esto es mejor que suponer que los recursos de aprovechamiento de incendios van a ser gestionados de forma separada a los recursos de ataque inicial.

Recursos de Gestión y Seguimiento (M&M)

Sería necesario organizar los recursos de M&M para introducirlos en el optimizador. Para el ataque inicial cada recurso potencial de lucha contra el fuego lleva un atributo que indica hasta qué punto contribuye a la producción de costes y de línea de fuego. El aprovechamiento del fuego exigiría que estos recursos también tuvieran una puntuación que identificaran su eficacia en el seguimiento o gestión de incendios de aprovechamiento. Esta puntuación reflejaría hasta qué punto el recurso contribuiría a compensar el volumen de trabajo asociada al incendio. La puntuación de de cumplimiento de carga de trabajo, una para el seguimiento y otra para la gestión, debería estimarse para cada recurso relacionado con los incendios. Algunos recursos

[5] Habría que asegurarse de que las correlaciones potenciales entre tamaño y duración fueran gestionadas de forma adecuada, por ejemplo, quizá habría que construir una variable combinada

podrían recibir una puntuación cero, por ejemplo, un aparato que no se utilizara para el seguimiento recibiría un cero en la puntuación de seguimiento.

Combinación de la Puntuación de la Carga de Trabajo del Incendio con la del Volumen de Trabajo de los Recursos

Se podrían utilizar diversas combinaciones de los recursos para cumplir las cargas de trabajo de los incendios M&M. Se puede especificar la combinación de recurso que cumple más eficazmente con el volumen de trabajo del incendio a través de una serie directa de limitaciones como la siguiente:

$$\hat{\beta}_i^{MGT} \leq \sum R_{i,r}^{MGT} \quad \text{y}$$
$$\hat{\alpha}_i^{MTR} \leq \sum R_{i,r}^{MTR}$$

Donde "R" representa la puntuación de gestión de recursos que se pone en funcionamiento si se utiliza ese recurso. El símbolo "i" representa un incendio específico; y "r" un recurso específico. Esto permitirá al programa de optimización "desplegar" la combinación más eficaz de recursos de gestión de incendios para el aprovechamiento del fuego al tiempo que cumple el volumen de trabajo del incendio (ß y α) el optimizador elegirá la combinación que maximice la eficacia de un presupuesto determinado.

Este enfoque permitirá al sistema aprovechar la combinación, que es una característica fundamental de la estructura de costes entre el ataque inicial y el aprovechamiento del fuego. Se puede utilizar muchos recursos de lucha contra el fuego para combatir éste así como para hacer un seguimiento, contención, y extinción limitada en incendios con aprovechamiento de fuego, mientras que otros se especializarían en uno de los dos. Por ejemplo, una cuadrilla puede actuar como recurso de un ataque inicial en algunos incendios, y la misma cuadrilla puede ser utilizada para mantener parte de un fuego de aprovechamiento en un momento distinto durante la temporada de incendios o para hacer un seguimiento sobre el progreso de los incendios. Esta fórmula evita que el sistema construya dos bloques de recursos completamente separados: uno para el ataque inicial y otro para el aprovechamiento del fuego. Como corolario, podríamos decir que el coste fijo de tener un recurso sobre el terreno es eficaz. A fin de optimizar el despliegue de los recursos, el optimizador puede sopesar la importancia relativa de tratar distintas zonas a través de la respuesta inicial. La zona que ha recibido beneficios del recurso, siendo quemada por un incendio de aprovechamiento de fuego sería asignada una ponderación a fin de indicar la importancia relativa de tratar esta zona con aprovechamiento de fuego. La cantidad de acres quemada multiplicada por la ponderación ofrecería la ponderación de acres mejorada (WAI) WAI representaría la medida de rendimiento o eficacia de cada incendio forestal de aprovechamiento. A los acres protegidas por la extinción de los incendios forestales no deseados, también se le asignaría un peso. El número de acres quemados con la extinción de incendios forestales se sustraería de los acres totales que quemarían sin extinción para determinar los acres protegidos. Éstos multiplicados por el peso de cada acre serían los acres protegidos ponderados. El total de los acres protegidos ponderados más el

total de los acres mejorados ponderados proporcionaría una medida integrada de los acres ponderados gestionados por los elementos del programa de ataque inicial. Esto se muestra a continuación en la función del objetivo integrado.

Puntuación de la Contribución del Volumen de Trabajo

Aunque la puntuación de los recursos por su aportación de carga de trabajo puede parecer abstracta, este enfoque global será probablemente necesario en un sistema viable que relacione las necesidades de personal y equipos para el aprovechamiento del fuego con los umbrales del volumen de trabajo y la complejidad del programa fuera del optimizador. Este es el sistema basado en las normas mencionadas en El volumen de trabajo del Aprovechamiento del Fuego. El proceso de puntuación requiere una clara cuantificación e inserción en el punto del proceso donde la información puede ser utilizada de la mejor manera posible. Hay que señalar también que los recursos de puntuación para la gestión de aprovechamiento del fuego con análogos a la puntuación de la productividad de recursos en su ataque inicial: en el ataque inicial, la puntuación es la productividad en línea que consigue una analogía directa.

Acres ponderadas

A fin de optimizar el despliegue de recursos, el optmizador puede ponderar la importancia relativa de tratar distintos acres a través de una respuesta inicial. A los acres que consiguieron beneficios en sus recursos al ser quemados por incendios de aprovechamiento del fuego se les asignaría un peso, a fin de indicar la importancia relativa de tratar estos acres con aprovechamiento de fuego. El número de acres quemados multiplicado por el peso proporcionaría los acres mejorados ponderados (WAI) WAI también representa la medida del rendimiento, o la eficacia de todos los incendios forestales de aprovechamiento. A los acres protegidos por la extinción de incendios forestales son deseados también se les asignaría un peso. El número de acres quemados por incendios forestales de extinción se restarían del total de acres que se quemaría sin extinción a fin de determinar los acres protegidos. Los acres protegidos multiplicados por el peso de cada acre sería Los Acres Protegido Ponderados. El total de acres protegidos ponderados más el total de acres mejorados ponderados proporcionaría una medida integrad de los acres ponderados gestionados por estos elementos del programa de ataque inicial. Esto se muestra más abajo en la función integrada del objetivo.

Organización de la Información para su Procesamiento

Los conceptos y procesos sugeridos requieren una cuidadosa organización antes de someterlos al optimizador. Primero, reconocemos que el coste de la lucha contra el fuego y de la gestión de recursos depende de su empleo en el aprovechamiento del fuego y en el ataque inicial. Esto se puede expresar como:

Coste de Recursos (r) = Coste de Variable (IA) + Coste de Variable (UF) + Coste fijo

Muchos recursos estarían disponibles para ser utilizados en un ataque inicial y para el fuego de aprovechamiento. Otros, quizá sólo se utilicen para un fin. Esto está especificado por los datos asociados con el recurso suministrado por el usuario. Un coste más específico (centrándose en el aprovechamiento de fuego) se puede expresar como:

$$C(r) = \Sigma Di * \text{Coste de Unidad} + \text{Coste IA} + \text{Coste Fijo}$$

Dado que los incendios de aprovechamiento tienen una duración determinada, la aproximación a la ecuación que se ha presentado es multiplicar un coste por tiempo de unidad, por la duración (D) en que se desplegará el recurso. Estos conceptos de coste se pueden organizar tal como se refleja en la tabla 1:

La primera sección de la tabla 1 (Filas 4-6) muestra la información que se introduciría para cada posible incendios de aprovechamiento potencial. Las células E6 y G6 son optativas. La variable binaria (f) aparece en la función del objetivo mas abajo (Figura 3) para indicar la selección del proyecto de aprovechamiento de incendios forestal (1), ó (0) que el escaso presupuesto sea mejor asignado a otro lugar. La eficacia del aprovechamiento del fuego es evaluada como una aportación al proceso y sería el producto del tamaño del incendio (F6) y del peso (H6) La segunda sección (Filas 9-16) muestra la participación en un incendio específico de aprovechamiento. La columna de recursos fijaría una lista de la serie de recursos individuales de gestión y de seguimiento disponibles para desplegarse en el incendio. Cada uno de éstos estaría asociado con una puntuación de seguimiento y de gestión utilizado para evaluar su potencial de cumplimiento en la puntuación de carga de trabajo del incendio (C6) y (D6) Habría que desplegar suficientes recursos (B11-B16) en el incendios de aprovechamiento para cumplir estas puntuaciones.

En esta aproximación, hay tres opciones para cada dólar dedicado a la preparación:

- Asociar fondos al ataque inicial
- Asignar fondos al aprovechamiento del fuego (M&M)
- Una asignación conjunta (costes fijos)

Tabla 1— *Datos introducidos sobre recursos del aprovechamiento de fuego.*

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	**Data suggestions for integr**	Otherwise the use fire is considered a failure and a suppression costis charged.								
2										
3	**Use fire data**									
4				Workload Scores						
5	Variable	Success/Failure	Mgt	Mtr.	Complexity	Size	Duration	Weight	Effectiveness (F6*H6)	
6	f =	0/1	β	α	#	#	#	#	#	
7										
8	**For a specific use fire:**									
9			Scores			Variable UF cost				
10		Resource	MGT	Mtr	Unit Cost	Unit Cost * Duration	$R_{i,t}$			
11		1	#	#	#	#	0/1			
12		2	#	#	#	#	0/1			
13		3	#	#	#	#	0/1			
14		4	#	#	#	#	0/1			
15		5	#	#	#	#	0/1			
16		6	#	#	#	#	0/1			
17										
18										
19	Some of resources 1-n must be chosen to satisfy workload constraints indicated in cells c6 and d6.									
20	Otherwise the use fire is considered a failure and a suppression costis charged.									

El optimizador evaluará un incendio potencial de aprovechamiento para designar si es aceptable o no como un éxito según sus costes y eficacia comparado con el coste y eficacia de usos alternativos del presupuesto, como incendios de ataque inicial.

Función del Objetivo Integrado

La integración del aprovechamiento de fuego con el ataque inicial en el mismo optimizador requiere un reajuste de la función del objetivo. Mientras la unción del objetivo relativo al ataque inicial utilizaría sólo las medidas los acres protegidos ponderados, la reformulación de la figura 3 añade una serie de términos para reflejar la eficacia añadida por los acres ponderados mejorados por el aprovechamiento del fuego. Esta reformulación ayudará a comunicar el proceso de integración de ataque inicial/ aprovechamiento de fuego, y la aproximación a la respuesta inicial. Sugerimos una función[6] de objetivo como la de la figura 3

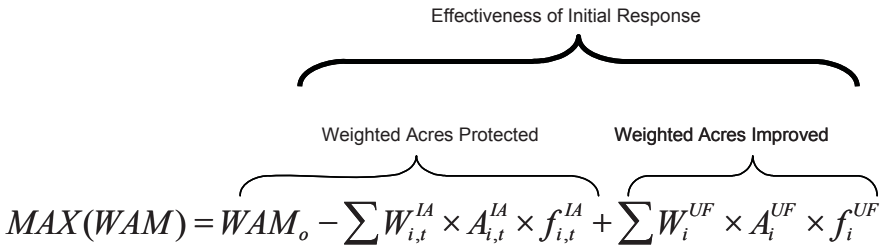


Figura 3—Función del objetivo de la respuesta inicia*l*

6 No existe superíndice (t) de incendios de aprovechamiento porque, a diferencia de los incendios de ataque inicial, su duración es un dato de entrada.

En la **figura 3**, los acres gestionados ponderados (WAM) de la respuesta inicial son maximizados y consisten en dos partes: los acres protegidos ponderados a través del ataque inicia, y los acres ponderados, mejorados por el aprovechamiento del fuego. Los acres protegidos son como antes, cuando cada acre que se quema en un incendio no deseado se multiplica por un queso para indicar el valor relativo que tendría protegerlo. El subíndice (i) indica un incendio específico, y el subíndice (t) indica la duración del incendio. Los acres ponderados que se quemarían sin ser gestionados son indicados por WAM_o y este valor sólo necesita ser alto –no es necesario que sea exacto ni preciso. Los acres ponderados protegidos son definidos como WAMo menos los acres ponderados quemados. Por ejemplo, si nuestro FPU tiene mil acres ponderados que gestionar (WAM_o) y se queman 200 acres ponderados, entonces hemos protegido 800 acres ponderados. Cuanto mayor es el número de acres que se queman menor será el valor de nuestra función de objetivo.

Se consiguen los acres ponderados mejorados por aprovechamiento de fuego multiplicando cada acre mejorado por su peso. Si, a través del aprovechamiento, del fuego mejoramos 50 acres ponderados, entonces mejoraríamos el valor de la función de objetivo en 500 WAM.

A fin de incluir tanto la protección como la mejora, supongamos que la cantidad de acres quemados ponderados (200) fuera conseguida multiplicando 50 acres por un peso de 4 y que los 500 acres mejorados fueran alcanzados multiplicando 250 acres por 2. El cálculo de WAM incluiría 800 acres ponderados protegidos y 500 acres ponderados mejorados de la manera siguiente:

$$WAM = 1{,}000 – 4*50 + 2*250 = 1{,}300$$

Hay que señalar que en ambas aplicaciones los pesos de los acres son positivos. Esperamos que los gestores relacionaran mejor la ponderación positiva en ambas aplicaciones. El significado de los pesos no está afectado. Por ejemplo, un peso de 2 en protección significa que es doblemente valioso protegerlo que un acre con un peso de 1. De la misma manera, un acre mejorado con un peso de 6 es el doble de valioso mejorarlo que un acre con el peso de 3. Finalmente, es tres veces más valioso mejorar un acre ponderado en 6 que proteger un acre ponderado en 2. Sólo hay una norma con respecto a la ponderación: que todos los pesos representen valores o importancia proporcionada.

Mejora del Rendimiento

Existen muchas maneras en las cuales el incluir el aprovechamiento de fuego como parte de un proceso integrado de respuesta inicial mejorará enormemente el rendimiento disponible para los gestores a nivel de unidad y parra los gestores del programa. Algunos ejemplos incluyen mostrar cómo se pueden organizar los recursos para abordar la gestión integrada de los incendios de aprovechamiento y los incendios de ataque inicial a lo largo de la temporada, indicando qué incendios producirán mayores beneficios en la eficacia de bajos presupuestos y a distintos niveles presupuestarios. A fin de demostrar cómo este tipo de mejoras podría ayudar en la toma de decisión, debe considerarse el ejemplo siguiente que muestra cómo la

financiación de la respuesta integrada puede identificarse por el aprovechamiento del fuego comparado con el componente de ataque inicial.

Hemos puesto un ejemplo sencillo para poder ilustrar el caso. Vamos a suponer que nuestro programa integrado es financiado a un nivel hipotético de 860.000 $ que debe decidirse entre los componentes del ataque inicial y del programa de aprovechamiento de fuego tal como se indica en la tabla 2.

Tabla 2— *Formación del componente de programa de asignación para el presupuesto de preparación.*

	A	B	C	D	E
1		**Cost**			
2	**Resource**	**I.A. Variable**	**U.F. Variable**	**Fixed**	**Deployed to:**
3	Engine #1	100,000	120,000	75,000	I.A.
4	Engine #2	150,000	300,000	75,000	I.A. & UF
5	Crew #1	75,000	50,000	30,000	UF
6	Monitors	0	50,000	30,000	UF
7					
8	**Program**	**Program Cost**			
9	I.A.	325,000	=B3+D3+B4		
10	U.F.	460,000	=C4+C5+D5+C6+D6		
11	Joint between I.A and U.F.	75,000	=D4		
12	Total	860,000			

En la **tabla 2** sólo hay un incendio de ataque inicial, uno de aprovechamiento de fuego y ningún acontecimiento no gestionado. Se pusieron a la disposición del optimizador cuatro recursos para su uso potencial en ambos incendios. Supongamos que el optimizador eligiera enviar la Máquina 1 sólo para el incendio de ataque inicial, Máquina 2 a ambos incendios, la cuadrilla 1 sólo al incendio de aprovechamiento, y los monitores sólo al incendio de aprovechamiento. La Cuadrilla 1 y la Máquina 2 representarían los recursos de gestión que se utilizarían para la contención a lo largo del perímetro de aprovechamiento de fuego, y los monitores representarían recursos de seguimiento para la evaluación del avance diario del incendio de aprovechamiento. El presupuesto total de preparación de 860.000$ (B12) seria asignado entre los componentes del programa de incendios así como en las células B9 a B11. El componente del programa del ataque inicial serían los costes variables de los recursos enviados a los incendios de ataque inicial (B3 mas B4) mas el coste fijo de la Máquina 1 (D3) porque sólo fue enviado al incendio del ataque inicial. La asignación al componente del programa de aprovechamiento del fuego (B10) se alcanzaría de la misma manera. La Máquina 2 se envió a ambos incendios y tiene un coste fijo de 75.000 $ que es un coste conjunto de los dos programas y que no pede ser asignado significativamente entre ellos. Los incendios de aprovechamiento fallidos son incendios para los que el optimizador no disponía de fondos suficientes para gestionarlos como incendios de aprovechamiento o bien fondos para que los que se encontró una mejor utilización en el ataque inicial. Los trabajos rutinarios de optimización con un presupuesto limitado y sin que se necesite siempre respuestas iniciales se pueden financiar con un presupuesto fijo. Los incendios que no son gestionados como incendios de aprovechamiento dentro de la respuesta inicial del optimizador se gestionan con la respuesta ampliada. La respuesta ampliada se refiere a las acciones de gestión llevadas acabo por recursos que no son locales. Esto podría ocurrir porque o bien la clasificación inicial de los incendios de aprovechamiento por tamaño, duración y complejidad indican que los incendios no se podían gestionar por medio de recursos locales, o bien porque el optmizador

encontró una utilización más eficaz con respecto al coste de los recursos disponibles comparado con aplicarlos a estos incendios.

Conclusión

La integración del aprovechamiento de incendios forestales con el ataque inicial para la planificación de los preparativos exige más esfuerzos entre las agencias a fin de formar un sistema de panificación de respuesta inicial integrada. Esto proporciona un paso importante para la implantación de nuevas políticas de incendios forestales entre las agencias, donde se anima a los planificadores a que consideren toda la gama de respuesta potenciales a cada ignición natural, según los peligros o beneficios que presenta para la protección de las vidas, las propiedades y los recursos. El proceso que hemos descrito aquí proporciona un enfoque directo de integración. El hecho de que la mayor parte de los recursos de la lucha contra el fuego que se hubiera desplegado en el ataque inicial fueran también los recursos empleados para el aprovechamiento de incendios forestales significa que resulta problemático hacer un modelo de éstos como programas preparados. Existen muchos recursos de gestión de incendios asociados con costes fijos significativos y de gestión de abastecimiento que no pueden ser asignados entre programas separados. La integración en el programa de preparación de respuesta inicial permite un proceso más basado en la información, a fin de evaluar la adquisición, localización y despliegue de diversos recursos de lucha contra el fuego cosa que no se puede realizar en programas separados.

Agradecimientos

Esta ponencia se ha beneficiado de los comentarios y sugerencias de Pamela S. Ziesler, Licenciada en el Laboratorio de Economía del Fuego, Universidad del estado de Colorado, Fort Collins (Colorado).

Refencias

Zimmerman, T.G. and D.L. Bunnell, Wildland and Prescribed Fire Management Policy: Implementation Procedures and Reference Guide. 1998, US Department of the Interior and USDA Forest Service. 82 pp.

Review and Update of the 1995 Federal Wildland Fire Management Policy. 2001, US Department of the Interior and USDA Forest Service. 78 pp.

Rideout, D.B. and S.J. Botti, Blueprint for Fire Planning. Journal of Forestry, 2002. 100(5): p. 36-41.

Esta página se deja en blanco intencionadamente.

El Efecto de la Interfaze Urbana-Forestal en el Coste de los Fuegos Prescritos en el Nordeste Pacífico de los EE.UU.[1]

Hayley Hesseln,[2] Alison H. Berry[3]

Resumen

La política de extinción de incendios en los terrenos públicos americanos del último siglo ha dado lugar a un aumento en la cantidad de material combustible, haciéndose necesario el uso de fuegos prescritos y de tratamientos mecánicos para reducir la presencia de combustibles peligrosos y el riesgo de incendios forestales catastróficos. Aún estando muy extendidas estas prácticas, existe una gran variabilidad en el coste de los proyectos, lo que hace difícil la planificación. Estudios previos han examinado los factores que afectan al coste de gestión, pero se encuentran con la falta de datos consistentes y fiables. Este estudio utiliza la base de datos FASTRACS (Fuel Analysis, Smoke Tracking, and Report Access Computer System) de la Región del Nordeste Pacífico del Servicio Forestal. La base de datos proporciona información sobre coste, características físicas del lugar, y problemas de gestión para las actividades de gestión de materia combustible desde 1993 al presente. Por medio de análisis de regresión múltiple, se han identificado influencias importantes sobre el coste de gestión de combustibles. Los proyectos realizados en la interfase urbana- forestal mostró de manera consistente un mayor coste de tratamiento tanto para los fuegos prescritos como para los tratamientos mecánicos.

Introducción

En los últimos años, los incendios forestales han ocupado el primer plano del interés público. Décadas de extinciones exitosas de incendios forestales durante el siglo XX han dado lugar a niveles anormalmente elevados de materiales naturales combustibles que si se inflaman podrían dar lugar a incendios catastróficos (Arno y Brown 1991). La reducción de la cantidad de materia combustible tiene una importancia añadida en la interfase urbana – forestal (WUI), en la que una población creciente hace más compleja la gestión de los materiales combustibles (Snyder 1999). En las áreas pobladas, las consideraciones estéticas, la calidad del aire, la protección de estructuras, y los riesgos añaden nuevas dimensiones a los proyectos de gestión. Esta complejidad puede aumentar el coste; sin embargo, existe poca información disponible sobre la relación existente entre la WUI y el coste de los proyectos de gestión.

---

[1] Una versión abreviada de este artículo se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía sobre la defensa contra los incendios forestales: una visión global, 19-22 de Abril de 2004, Córdoba, España.

[2] Profesor Asociado, Departamento de Economía Agrícola, Universidad de Saskatchewan, Saskatoon, SK Canadá, correo electrónico: h.hesseln@usask.ca.

[3] MS Bozeman, Montana, correo electrónico: ahberry@yahoo.com.

Los estudios de coste se han centrado normalmente en factores de gestión, de explotación, o físicos, pero raramente combinando los tres. De manera similar, los estudios están frecuentemente centrados en tratamientos mecánicos de los materiales combustibles o en los fuegos controlados. Por último, la investigación entre las distintas agencias ha sido difícil debido a la falta de datos consistentes. A pesar de ello, Cleaves y otros (1999) analizaron las tendencias e influencias sobre el coste de las quemas controladas en el sistema de Bosques Nacionales durante el periodo entre 1985-1994. De manera similar, Rideout y Omi (1995) examinaron los datos económicos de la gestión de materias combustibles en un ámbito nacional, utilizando una base de datos del Servicio de Parques Nacionales. La base de datos incluía información sobre el proyecto, características del lugar físico, y factores administrativos. Utilizando un modelo de elasticidad constante de coste decreciente con aumento de escala, hallaron que el coste del tratamiento de materia combustible varió con respecto a los objetivos de las iniciativas de gestión. En el tratamiento de materiales combustibles se identificaron dos objetivos generales: mantenimiento o restauración de ecosistemas y reducción de peligros de combustión. Se encontró una mayor precisión en las estimaciones del coste para los tratamientos tradicionales de reducción de peligros, en comparación con los tratamientos de gestión de ecosistemas. Rideout y Omi también observan la ausencia de datos disponibles sobre costes y aboga por más pruebas entre las agencias, más propósitos de tratamiento de combustibles, y más tiempo.

Con respecto a los tratamientos de materia combustible en la interfase urbana - forestal, la investigación ha ganado en importancia y en complicación. En los últimos años, ha habido una aumento de la migración a la periferia rural, (Synder 1999, Davis 1990) lo que ha dado lugar a un aumento de las controversias sobre quién es el responsable de la protección de estructuras (Bakken 1995). Mientras que varios estudios sobre la interfase urbana - forestal se han centrado en las actitudes y expectativas públicas, hay unos pocos que examinan el efecto de la WUI en los costes.

La Política Federal Forestal de 1995 insta a los directores federales a poner en práctica planes de gestión de materiales combustibles de acuerdo con principios ecológicos y económicos (USDI/USDA 1995). Al asignar los fondos, los gestores de territorios buscarán en los análisis económicos las respuestas a las cuestiones sobre la gestión de materiales combustibles. Mientras que es obvio que el coste de gestión de materiales combustibles pueden ser muy variables, ha sido difícil identificar las fuentes de variación, frecuentemente debido a la falta de datos disponibles; con frecuencia, los registros son incompletos o no existen.

Este estudio pretende examinar el coste utilizando un análisis regional de datos de gestión de materiales combustibles del USDA Forest Service (FS) y del USDI Bureau of Land Management (BLM). Prestamos particular atención a la influencia de la WUI en el coste de gestión de materia combustible. Desarrollamos dos ecuaciones de regresión para estudiar los factores que afectan al coste de las quemas controladas, y para los tratamientos mecánicos de los materiales combustibles. Es necesario derivar dos ecuaciones dada la diferencia existente en las variables recogidas para cada proyecto de gestión. Empezamos discutiendo nuestra metodología y supuestos, y los resultados de la regresión, y concluimos con una discusión de nuestros resultados.

Metodología

El Servicio Forestal y la BLM de la región del Nordeste Pacífico del en Oregon y Washington han estado siguiendo proyectos de gestión de materiales combustibles durante casi una década como parte de del Sistema Informatizado de Análisis de Combustibles, Rastreo de Humo, y Acceso a Informes (FASTRACS). Este sistema permite a los gestores registrar información de proyectos de gestión de materiales combustibles incluyendo coste, características físicas de los lugares, y factores de gestión. En su forma más amplia y sin editar, la base de datos contienes 18.600 observaciones con 196 categorías de datos, con representación de los años 1993 a 2002, con la mayor parte de la información entre 1999 a 2001. La mayor parte de los datos proceden de los Distritos Forestales del Servicio Forestal (FS) y de las Áreas de Recursos de la BLM.

Tanto para los análisis mecánicos y como de los incendios, nos hemos centrado únicamente en los años posteriores a la entrada en vigor del Plan Nacional contra Incendios; comenzando en otoño de 2000, Esta legislación ha facilitado más fondos a los gestores de combustibles para el tratamiento de materia combustible; por tanto, es lógico que la estructura del coste anterior a esta legislación fuera algo distinta de la que siguió. En general, sólo el 17% de los tratamientos mecánicos y por fuego en FASTRACS tuvieron lugar antes o durante 2000, ocurriendo el 83% restante en 2001 y 2002. Un test t de ambas bases de datos indicó diferencias significativas ($p < 0,05$) en costes durante 2000 frente a los años 2001 y 2002. Además, un estudio preliminar de la base de datos mecánica indicó una fuerte evidencia (test t, $p < 0,001$) de que los costes difirieron entre 2001 y 2002. Por tanto, hemos utilizado únicamente datos de 2001 en el análisis de los tratamientos mecánicos. Para los tratamientos mediante incendio, no hubo una diferencia observable entre 2001 y 2002 (test t, $p = 0,326$), por tanto, se incluyeron los registros de ambos años. Tomando como base estudios previos, la disponibilidad de datos, y su grado de completitud, seleccionamos variables que han sido fundamentales para explicar el coste de tratamiento. Los datos incluyen información sobre el lugar físico, factores de gestión y administración, e información operativa. Para ver el listado completo, véanse los Apéndices A y B.

Los factores fueron seleccionados por eliminación retrospectiva basada en sumas adicionales de test F de cuadrados. Los criterios de eliminación fueron $p > 0,100$, Para las variables de categoría tales como el tipo de actividad y estación, por ejemplo, los niveles de referencia se probaron para valorar la significación. Los niveles de variables de categoría se retuvieron o eliminaron como grupo. Para valorar el papel de la interfase urbana - forestal, se incluyó una variable indicadora de WUI en los análisis de los tratamientos por fuego y de los tratamientos mecánicos. Primero ajustamos un a modelo rico con el mayor número posible de variables independientes y luego trabajamos en el proceso de eliminación retrospectivo. Las ecuaciones resultantes para los tratamientos mecánicos de los materiales combustibles y de los fuegos controlados se describen en (ec. 1) y (ec. 2),

$$\begin{aligned}\ln CPA = {} & \beta_0 + \beta_1 WUI + \beta_2 DPA + \beta_3 \ln Acres + \beta_4 Slope + \\ & \beta_5 Winter + \beta_6 Summer + \beta_7 Fall + \beta_8 Handpile + \beta_9 MachinePile \\ & + \beta_{10} MachineLeave + \beta_{11} Ladder + \beta_{12} Thinning + \beta_{13} PCT + \\ & \beta_{14} FRI + \beta_{15} FRIII + \beta_{16} FRIV + \beta_{17} NaturalFuels + \beta_{18} NFPproject, \end{aligned} \quad [1]$$

$$\ln CPA = \beta_0 + \beta_1 WUI + \beta_2 DPA + \beta_3 \ln Acres + \beta_4 Slope + \beta_5 Elevation + \beta_6 Cascade + \beta_7 Broadcast + \beta_8 MachinePile + \beta_9 HandPile + \beta_{10} LandingPile + \beta_{11} Defensible + \beta_{12} WUI + \beta_{13} EcoSys + \beta_{14} 4x4 + \beta_{15} 6x6 + \beta_{16} 8x8 + \beta_{17} HarvOther + \beta_{18} WholeTree + \beta_{19} BrushGrass + \beta_{20} DougFir + \beta_{21} Lodge + \beta_{22} Mixed + \beta_{23} FRII + \beta_{24} FRIII + \beta_{25} FRIV \quad [2]$$

donde, la variable dependiente es la transformación del logaritmo natural del coste. También se ajustaron los costes para la inflación utilizando el deflactor de PIB hasta el año 2000, Las variables independientes son la WUI, el área de protección designada (DPA), el logaritmo neperiano de acres (lnAcres), pendiente y elevación, estación, método de actividad, régimen de incendios, indicador de combustibles naturales, proyecto NFP, objetivos y tipos de materia combustible.

Resultados

Primero se presentarán los resultados para el modelo de tratamiento mecánico, y luego para el modelo de fuego controlado. Pasaremos entonces a una discusión general de los resultados.

Tratamientos mecánicos de los combustibles

Los factores incluidos en la ecuación de regresión final (Ecuación 1) para calcular el coste de los tratamientos mecánicos son el indicador de WUI, el indicador de área de protección designada, lnAcres, pendiente media, estación, tipos de actividad, régimen de incendios, indicador de combustibles naturales e indicador de proyecto del Plan Nacional Contra Incendios. Los factores de varianza de inflación no indicaron colinealidad (VIF < 10). Los coeficientes, tests t y los intervalos de confianzas del 95% de cada variable se muestran en la Tabla 1.

lnCPA = 0,219 + 1,271WUI + 0,469DPA – 0,190lnAcres + 3,203-2Slope + 0,988Winter + 0,943Summer + 1,293Fall + 1.447Handpile + 1,375MachinePile – 0,125MachineLeave + 0,774Ladder – 0,694Thinning + 1,391PCT + 1,693FRI + 1,925FRIII + 2.061FRIV + 0,967NaturalFuels – 0,607NFPproject (1)

La regresión da cuenta del 57,8% (R cuadrado ajustado 0,578) de la variación en la variable dependiente observada, lnCPA, basada en 526 observaciones (Tabla 1).

Tomando como base las sumas adicionales del test F de cuadrados, las variables de regresión eran fuertemente significativas (p < 0,02) con la excepción de lnAcres (p = 0,2889). La variable lnAcres se retuvo con fines prácticos para la estimación de costes. El efecto estimado del número de acres tras las transformaciones antilogarítmicas de las variables dependientes e independientes indica que a medida que se duplica el número de acres, el coste aumenta en un factor de 0,927 (intervalo de confianza del 95% {0,851 a 1,0069}). Si el número de acres aumenta diez veces, el coste aumenta en un factor de 0,778 (intervalo de confianza del 95% {0,586 a 1,030}). Estas economías de escala también encuentran apoyo en la literatura (Rideout y Omi 1995, Jackson y others 1982).

Hubo una evidencia muy fuerte (test t, valor de p < 0,001) de que la variable de indicador de interfase urbana - forestal tuvo un efecto sobre el coste por acre. Tras la

transformación antilogarítmica, la estimación del coeficiente del indicador de WUI es de 3,56 (intervalo de confianza del 95% {2,52 a 5,05}) lo que indica que el coste es casi cuatro veces mayor en las áreas de WUI. También hubo una fuerte evidencia (test t, vapor p = 0,011) de que el indicador de área de protección designada tuvo un efecto sobre el coste por acre. >El efecto del DPA fue de 1,60 (intervalo de confianza del 95% {1,11 a 2,29}), indicando que las actividades mecánicas en áreas protegidas están asociadas con unos costes por acre un 60% superiores a los de las áreas no protegidas.

La pendiente tuvo un efecto positivo pequeño pero significativo, lo que significa que los aumentos de pendiente están asociados con unios ligeros incrementos en el coste por acre. El indicador de combustibles naturales también tuvo un efecto positivo, lo que sugería que el coste está asociado con los combustibles naturales en contraposición con los combustibles de actividades humanas o los 'indeterminados.' Hubo un efecto negativo del indicador de proyecto de NFP, lo que demuestra que los proyectos de NFP tienden a disponer de un coste de producción inferior a los proyectos no-NFP para tratamientos mecánicos.

en la ecuación de regresión final se incluyeron tres variables de categoría multinivel; estación, tipo de actividad, y régimen de incendios. Los niveles de referencia para estas variables fueron primavera, 'recogida de hojas manual,' y régimen de incendios II, respectivamente, y por lo que no se mostraron en la regresión. Los coeficientes indican que el costes de actividad mecánica se estimaron ser significativamente más altos en todas las estaciones cuando se compararon con las actividades de primavera (test t, $p < 0,02$). Además, el régimen de incendios II estaba asociado con un coste por acre menores que los de los regímenes de incendios I, III, y IV (test t, $p < 0,001$).

Tabla 1--Coeficientes, tests t, e intervalos de confianza del 95% para variables independientes en el modelo de regresión para tratamientos mecánicos del año 2001.

Mechanical Treatments 2001[a]

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients			95% Confidence Interval for B	
	B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Lower Bound	Upper Bound
(Constant)	.219	.542		.404	.686	-.846	1.285
ind.WUI	1.271	.177	.270	7.194	.000	.924	1.619
DesignatedProtectionArea	.469	.184	.102	2.553	.011	.108	.830
LNACRES	-.109	.062	-.058	-1.750	.081	-.232	.013
AverageSlope	3.203E-02	.005	.210	5.841	.000	.021	.043
ind.winter	.988	.387	.080	2.557	.011	.229	1.748
ind.summer	.943	.175	.202	5.381	.000	.599	1.288
ind.fall	1.293	.209	.238	6.195	.000	.883	1.704
act.Handpile	1.447	.422	.304	3.426	.001	.617	2.277
act.MachinePile	1.375	.477	.168	2.882	.004	.438	2.312
act.MachineLeave	-.125	.445	-.022	-.280	.780	-.998	.749
act.LadderFuelReduction	.774	.460	.131	1.682	.093	-.130	1.677
act.Thinning	-.694	.482	-.085	-1.439	.151	-1.642	.253
act.PCT	1.391	.611	.100	2.275	.023	.190	2.592
ind.FireRegime1	1.693	.209	.364	8.100	.000	1.282	2.103
ind.FireRegime3	1.925	.284	.289	6.769	.000	1.367	2.484
ind.FireRegime4	2.061	.286	.311	7.202	.000	1.499	2.623
ind.NaturalFuels	.967	.167	.209	5.772	.000	.638	1.296
NFPProject	-.607	.232	-.103	-2.620	.009	-1.062	-.152

a. Dependent Variable: LNCPA R Squared = 0.593 Adjusted R Squared = 0.578 n = 526

Incendios prescritos

Los factores incluidos en la ecuación de regresión final (Ecuación 3) para el coste de los tratamientos mediante quemas son el indicador de WUI, el indicador de área de protección designada, lnAcres, pendiente media, elevación de punto medio, indicador de pendiente Cascade, tipo de actividad, objetivos de gestión, especificaciones de cosechas, tipos de materiales combustibles, y régimen de incendios.

lnCPA = 5,205 + 0,358WUI + 0,0300DPA – 0,178lnAcres + 3,282-3Slope – 1,55Elevación + 0,517Cascade – 0,258Broadcast – 1,503MachinePile – 1,59HandPile – 1.652LandingPile – 0,351Defensible + 0,205WUI – 0,300EcoSys - 0,3174x4 – 0,1206x6 + 0,2518x8 + 0,391HarvOther – 0,566WholeTree – 0,173BrushGrass + 0,306DougFir + 0,618Lodge + 0,427Mixed + 0,427FRII + 0,268FRIII + 0,355FRIV (3)

Los factores de inflación de varianza no indicaron colinealidad (VIF < 10). Los coeficientes, tests t, y los intervalos de confianza del 95% de cada variable se presentan en la Tabla 2.

Las variables restantes se retuvieron debido a la fuerte significación estadística (sumas adicionales de cuadrados, test F, $p < 0,04$). Los factores eliminados de la ecuación de las quemas incluyen a la estación, año, condado población, estado, indicador de combustibles naturales, método de cálculo de apilamientos, toneladas de apilamientos, indicador de apilamiento (s/n), indicador de proyecto de NFP, método de cálculo de carga, agencia, agente de trabajo, indicador de ignición múltiple, y método de ignición. La ecuación de regresión final tuvo una R cuadrada ajustada de 0,610, basada en 837 observaciones (Tabla 2).

Tabla 2--*Coeficientes, tests t, e intervalos de confianza del 95% para variables independientes en el modelo de regresión para tratamientos de incendio de los 2001 & 2002.*

Fire Treatments 2001 & 2002[a]

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients			95% Confidence Interval for B	
	B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Lower Bound	Upper Bound
(Constant)	5.205	.196		26.589	.000	4.821	5.590
ind.WUI	.358	.070	.156	5.101	.000	.220	.496
DesignatedProtectionArea	.300	.065	.130	4.604	.000	.172	.427
LNACRES	-.178	.022	-.227	-7.944	.000	-.222	-.134
AverageSlope	3.282E-03	.002	.050	1.689	.092	-.001	.007
MidpointElevation	-1.55E-04	.000	-.147	-4.383	.000	.000	.000
ind.CascadeSlope	.517	.135	.150	3.816	.000	.251	.782
act.Broadcastburn	-.258	.200	-.036	-1.292	.197	-.651	.134
act.MachinePileBurn	-1.503	.108	-.395	-13.936	.000	-1.714	-1.291
act.HandPileBurn	-1.259	.066	-.546	-19.048	.000	-1.388	-1.129
act.BurnLandingPiles	-1.652	.132	-.358	-12.543	.000	-1.910	-1.393
obj.DefensibleSpace	-.351	.113	-.078	-3.110	.002	-.572	-.129
obj.ForestHealth	-.303	.086	-.103	-3.502	.000	-.472	-.133
obj.WUI	.205	.090	.068	2.265	.024	.027	.382
obj.EcosystemRestoration	-.300	.119	-.074	-2.527	.012	-.533	-.067
HarvSpecs.4X4	-.317	.113	-.078	-2.813	.005	-.538	-.096
HarvSpecs.6X6	-.120	.094	-.034	-1.275	.203	-.304	.065
HarvSpecs.8X8	.251	.167	.039	1.505	.133	-.076	.579
HarvSpecs.other	.391	.092	.114	4.233	.000	.209	.572
HarvSpecs.WholeTreeYard	-.566	.112	-.136	-5.054	.000	-.786	-.346
fuel.BrushGrass	-.173	.174	-.026	-.994	.321	-.516	.169
fuel.DougFirHemlockCedar	.306	.139	.073	2.209	.027	.034	.579
fuel.Lodgepole	.618	.110	.178	5.613	.000	.402	.834
fuel.MixedConifer	.427	.077	.186	5.561	.000	.276	.578
ind.FireRegime2	.467	.109	.102	4.295	.000	.254	.680
ind.FireRegime3	.268	.098	.095	2.727	.007	.075	.461
ind.FireRegime4	.335	.117	.097	2.863	.004	.105	.564

a. Dependent Variable: LNCPA R Squared = 0.622 Adjusted R Squared = 0.610 n = 837

El indicador de WUI presentaba de nuevo una fuerte significación (test t, $p < 0,001$) con un coeficiente estimado después de la transformación de 1,430 (intervalo de confianza del 95% {1,246 a 1,642}), que indica que el coste por acre de los tratamientos mediante incendios de WUI son aproximadamente un 43% más altos que el coste por acre del tratamientos mediante incendios de áreas no WUI. Además, hubo una fuerte evidencia (test t, $p < 0,001$) para incluir la variable del indicador de área de protección en el modelo de regresión para tratamientos mediante incendios.

Tras la transformación antilogarítmica, el coeficiente estimado para el DPA fue de 1,349 (intervalo de confianza del 95% {1,188 a 1,533}), que indica que el coste por acre de las actividades de quema en áreas de protección designada son aproximadamente un 35% por ciento más altos que los de las áreas no protegidas.

Hubo una fuerte evidencia (sumas adicionales de cuadrados, test F, $p = 0,039$) para incluir lnAcres en el modelo de regresión, y una vez más, el signo del coeficiente indicó economías de escala. La elevación de punto medio y la pendiente media presentaron un pequeño pero significativo efecto (test t, $p < 0,10$) sobre el coste. Los efectos estimados fueron que unas pendientes más pronunciadas se asociaron con ligeros incrementos en coste, y unas elevaciones mayores se asociaron con ligeras disminuciones en el coste. El efecto estimado del indicador de pendiente Cascade sugirió que el coste por acre de los tratamientos mediante incendios son más altos en la ladera occidental de la cordillera Cascade.

Las variables de categoría multinivel (y los niveles de referencia) en la regresión de las quemas incluyeron el tipo de actividad (quema a ras de suelo), objetivo primario del proyecto (reducción de combustibles), especificaciones de cosecha (no aplicable), especies combustibles (pino ponderosa), y régimen de incendios (régimen de incendios I). Las actividades de quema en todos los regímenes de incendio se asociaron con costes por acre más elevados cuando se compararon con el régimen de incendios I. En lo que se refiere a los objetivos primarios de proyecto, se estimó que las actividades con los objetivos de espacios defendibles, salud del bosque, y restauración de ecosistemas presentaban unos costes significativamente menores que aquellas con el objetivo de reducción de materia combustible (test t, $p < 0,02$). Como contraste, las actividades con el objetivo 'WUI' se asociaban con costes significativamente más altos que con aquellas con objetivos de reducción de combustible (test t, $p = 0,024$). Todos los tipos de actividad de quemas tenían unos costes estimados inferiores a los de quema controlada. No obstante, sólo hubo una evidencia muy débil (t-test $p = 0,197$) que soportara una diferencia de coste entre quema controlada y quema a ras de suelo. Todas las especies combustibles estaban asociadas con costes significativamente superiores a los del pino ponderosa (test t, $p < 0,03$), con la excepción de arbustos / hierbas, para las que no hubo evidencia de una diferencia (t-test $p = 0,321$).

Discusión

A pesar de la gran cantidad de información disponible en FASTRACS y extensos registros, los valores de R-cuadrado fueron algo inferiores que se han observaron en estudios anteriores (Rideout y Omi 1995, Jackson y otros 1982). Los valores inferiores observados de valores R-cuadrado pueden deberse a la falta de información sobre los factores clave. Por ejemplo, Rideout y Omi (1995) utilizaron la información sobre escapes como una variable, y clasificando las puntaciones en valores que incluían la complejidad de ignición, los recursos naturales, la importancia histórica, y el hábitat para la vida salvaje. Además, estudios anteriores se han centrado más específicamente únicamente en uno o dos objetivos de gestión, dando lugar a una menor variabilidad en los costes.

Es notable que la WUI fue un factor significativo tanto en los tratamientos mecánicos como mediante incendios. El análisis de los datos de la FASTRACS

indican claramente que el coste es superior en las actividades de WUI. Para los tratamientos mecánicos, el coste de la actividad de WUI se estimó en más de tres veces superior al de la actividad no-WUI. Para los tratamientos mediante quemas, los costes de actividad por acre de WUI se estimaron ser un 43% superiores a los de las actividades no-WUI. La discrepancia en el tamaño del efecto de la WUI sobre los costes entre tratamientos mecánicos y con incendios es en cierta medida inesperada. Es posible que cuando los tratamientos de combustible de WUI se asocian a riesgos particularmente altos (y con un costes elevado), es más probable que se traten mediante actividades mecánicas que mediante actividades con quemas. Además, los directores observaron que los costes de quema pueden ser prohibitivamente altos en la WUI, por lo que es posible que los datos estén desviados para incluir un mayor número relativo de tratamientos mediante quema de WUI de bajo coste. El DPA también constituyó un factor significativo los análisis mecánicos y de quemas, lo que indicaba que la proximidad a los centros de población o las áreas concernidas en la gestión de humos puede asociarse con elevados costes de tratamiento de materiales combustibles. Estos resultados cuantifican el papel de la interfase urbana - forestal en el coste de la gestión de combustibles y sugiere que puede merecer la pena considerar las WUI y DPA a la hora de estimar los costes de la actividad.

El tipo de actividad y el tamaño de la unidad se consideran generalmente ser dos importantes factores que afectan al coste de tratamiento (Cleaves y Brodie 1990, Cleaves y otros 1999). Se observó que los tipos de actividad eran significativos tanto para los tratamientos mecánicos como para los tratamientos mediante quema. Puesto que éste es un factor principal considerado en la elaboración de los presupuestos, no es sorprendente que distintas actividades se asociaran con distintos costes distintos. La variable lnAcres incluida en las ecuaciones de regresión y en los resultados apoyan los resultados de trabajos anteriores (Rideout y Omi 1995, Jackson y otros 1982) en cuanto a que los costes por acre generalmente disminuyen según aumenta el número de acres. Para los datos de las quemas, esta observación era fuertemente significativa, no siendo este el caso de los datos mecánicos. Puesto que el número de acres tratados no afecta grandemente a los costes por acre de los tratamientos mecánicos, este análisis indica que otros factores son más importantes para estimar los costes. Con respecto al número de acres tratados, es más probable que los tratamientos mecánicos tengan unos costes fijos más altos y unos costes variables más bajos que los tratamientos con quemas. Por tanto, los costes por acre de los tratamientos mecánicos serán menos sensibles a la escala total del tratamiento.

Los objetivos primarios de proyecto fueron significativos en el análisis de los datos de los incendios, apoyando los resultados de investigaciones anteriores (Cleaves y Brodie 1990). Además, las actividades de quema con objetivos de WUI estaban asociadas con costes más elevados que aquellas con objetivos de reducción de combustibles. Todos los demás objetivos primarios de proyecto estuvieron asociados con menores costes que los de las actividades con objetivos de reducción de combustible. Este resultado refuerza el argumento de que los costes asociados a los tratamientos con quemas de WUI son más altos que los asociados con tratamientos no-WUI. No se encontró que los objetivos primarios de proyecto fueran significativos en los análisis de los datos mecánicos. Es posible la significación de este factor estuviera enmascarado por otros factores significativos en el análisis mecánico.

Conclusión

Los resultados de este análisis indican claramente que los costes por acre de los tratamientos de materia combustible son más altos áreas de interfase urbana - forestal para los métodos mecánicos de reducción de material combustible y para los métodos de quema controlada. Además, se observó que los costes por acre eran más altos en las áreas concernidas por la gestión de humos o cerca de los centros de población. Hoy día, las WUI y DPA no se incluyen específicamente en los presupuestos para actividades de gestión de materiales combustibles en el Nordeste Pacífico. Sin embargo, este análisis indica que considerar las WUI y DPA podría producir estimaciones de costes más precisas. El DPA es, por supuesto, sólo un factor en - Oregon, donde el plan de gestión de humos delinea estas áreas. Sería posible, no obstante, desarrollar clasificaciones similares en otros estados tomando como base los problemas de la gestión de humos y las densidades de población.

La base de datos FASTRACS tiene un gran potencial para estudios futuros. Puede convertirse en una parte más central del sistema de ordenación de la región del Nordeste Pacífico. Cuantos más directores utilicen FASTRACS, se convertirá en una plataforma de registro de actividades de ordenación de toda la región. Además, tal vez pueda servir de modelo para un sistema de gestión de datos a nivel nacional. De las conversaciones con los directores se desprende que la Región 1, en particular, carece por completo de cualquier tipo de programa de seguimiento de proyectos de gestión de materias combustibles y de costes. Sin embargo, para un análisis económico preciso de la base de datos FASTRACS, será necesario definir con más precisión los costes de actividad de los que está compuesto, así como definir los costes reales frente a los planificados. Esto asegurará que los costes puedan compararse entre distritos, bosques, y regiones. Además, para futuros estudios de asuntos relacionados con la interfase urbana - forestal, será necesario desarrollar una definición de trabajo de este término.

Para la realización de análisis estadísticos, son necesarios registros más completos en la base de datos FASTRACS. Por ejemplo, muchas observaciones en este estudio eran incompletas en los campos potencialmente importantes de la meteorología, humedad del material combustible, clase de condición, especies amenazadas y en peligro, aspecto predominante, y posición en la pendiente. Además, puede ser posible registrar información sobre factores como forma de la unidad, acceso, distancia viajada al lugar de trabajo, composición del personal, horas de trabajo, días de limpieza, y aparición de escapes en futuras ediciones de FASTRACS. Esto permitiría un análisis más exhaustivo, y la capacidad de predecir porción mayor de la variabilidad de costes. En este punto, aun siendo FASTRACS la mejor fuente de información a nivel de regiones sobre proyectos de gestión de combustibles, sigue habiendo mucho espacio para la mejora.

Agradecimientos

Quisiéramos agradecer a los gestores de materiales combustibles de las Regiones 1, 4, y 6, por emplear tiempo en suministrar datos, y responder a muchas preguntas. En particular, queremos expresar nuestra gratitud a Mary Ann Sanford, Tim Rich, y John Orbeton. McIntire Stennis colaboró financieramente con esta investigación

Literatura citada

Arno, Stephen F., y James K. Brown. (1991). Overcoming the paradox in managing wildland fire. Western Wildlands. 17(1):40-46.

Bakken, Stephen. (1995). Conflicts between natural resources and structural protection. En The Biswell Symposium: Fire Issues in Urban Interface y Wildland Ecosystems. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-158.

Cleaves, David A. y Douglas Brodie. (1990). Economic analysis of prescribed burning. pp. 271-282. En Natural and Prescribed Fire in Pacific Northwest Forests, J.D. Walstad, y

Cleaves, David A., Terry K. Haines, y Jorge Martinez. (1999). Prescribed burning costs: trends y influences in the National Forest System. P.277 En Proceedings of the Symposium on Fire Economics, Planning and Policy: Bottom Lines. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-173.

Davis, James B. (1990). The wildland-urban interface: paradise or battleground? Journal of Forestry. 88(1):26-31.

Davis, Kathleen M., B.D. Clayton, y W.C. Fischer. (1980). Fire ecology of Lolo National Forest habitat types. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. INT-122. Intermountain Forest and Range Experiment Station. Ogden, UT. 22pp.

González-Cabán, Armando, y Charles W. McKetta. (1986). Analyzing fuel treatment costs. Western Journal of Applied Forestry. 1:116-121.

Heinselman, M. L. (1973). Fire in the virgin forests of the Boundary Waters Canoe Area, Minnesota. Quat. Res. 3:329-82.

Jackson, David H., Patrick Flowers, Robert S. Loveless, Jr., y Ervin G. Schuster. date Predicting prescribed burning costs of wildlife habitat management. Fire Management Notes. 43(4):20-22.

Rich, Tim. (1984). Sources of costs associated with prescribed burning on the Powell Ranger District. Thesis, 56pp. University de Idaho, Moscow, ID.

Rideout, Douglas B. y Philip N. Omi. (1995). Estimating the cost of fuels treatment. Forest Science. 41(4): 664-674.

Snyder, Glenn W. (1999). Strategic holistic integrated planning for the future: fire protection in the urban/rural/wildland interface (URWIN). En Proceedings of the Symposium on Fire Economics, Planning, y Policy: Bottom Lines. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-173.

USDI/USDA. (1995). Federal wildfire management policy and program review report. U.S. Department of the Interior, U.S. Department of Agriculture. Washington, D.C. 41p.

Apéndice A) Tratamientos mecánicos: variables y estadística descriptiva

Variables	Niveles (# de Observaciones)	n	Mín.	Máx.	Media	Desviación típica
Coste Por Acre (CPA)		840	0,01	2,077.80	176.81	241.37
lnCPA		840	-5.12	7.64	4.23	2.10
Acres tratados		771	1	2,322	89.86	176.74
En Acres		771	0	7.75	3.66	1.27
Coste Año		840	2001	2001	2001	0
IND.2001		840	1	1	1	0
Estación	Invierno (24)	768	0	1	0,03	0,17
	Primavera (193)	768	0	1	0,25	0,43
	Verano (334)	768	0	1	0,43	0,50
	Otoño (217)	768	0	1	0,28	0,45
WUI	(439)	840	0	1	0,52	0,50
DPA	(326)	785	0	1	0,42	0,49
Pendiente media (%)		751	0	60	17.10	14.66
Elevación del punto medio (pies)		743	500	6,450	4442.59	1148.35
Tipo de actividad	Apilamiento manual (274)	840	0	1	0,33	0,47
	Recogida manual hojas (37)	840	0	1	0,04	0,21
	Apilamiento mecánico (169)	840	0	1	0,20	0,40
	Recogida automática hojas (142)	840	0	1	0,17	0,38
	Reducción escalonada combustible (139)	840	0	1	0,17	0,37
	Aclarado (61)	840	0	1	0,07	0,26
	PCT (18)	840	0	1	0,02	0,14
Régimen de incendios	Régimen de incendios 1 (350)	652	0	1	0,54	0,50
	Régimen de incendios 2 (109)	652	0	1	0,17	0,37
	Régimen de incendios 3 (95)	652	0	1	0,15	0,35
	Régimen de incendios 4 (98)	652	0	1	0,15	0,36
Combustibles naturales	(424)	840	0	1	0,50	0,50
Población del condado		827	2,397	322,959	69,522.15	72,026.73
Pendiente de Cascade	(West = 78)	827	0	1	0,09	0,29
Estado	(WA = 40)	827	0	1	0,05	0,21
Objetivo primario de proyecto	Salud del bosque (157)	840	0	1	0,19	0,39
	WUI (132)	840	0	1	0,16	0,36
	Restauración de ecosistemas (76)	840	0	1	0,09	0,29
	Reducción de combustible (475)	840	0	1	0,57	0,50
Proyecto de NFP	(636)	840	0	1	0,76	0,43
BLM	(144)	840	0	1	0,17	0,38
Agente de trabajo	Comprador de madera (10)	839	0	1	0,01	0,11
	Contratista (552)	839	0	1	0,66	0,47
	Trabajadores temporales (227)	839	0	1	0,33	0,47
N válido (por lista)		515				

Apéndice B) Tratamientos mediante incendio: variables y estadística descriptiva

Variables	Niveles (# de Observaciones)	n	Mín.	Máx.	Media	Desviación típica
Coste por acre (CPA)		1946	0,65	1.426.00	85,24	107,78
lnCPA		1946	-0,43	7.26	3,84	1,21
Acres tratados		1316	0	15,222	101.85	563.91
ln(Acres tratados + 1)		1316	0	9.63	3.07	1.55
Coste año		1946	2001	2002	2001,49	0,50
Año	2001 (999)	1946	0	1	0,51	0,50
	2002 (947)	1946	0	1	0,49	0,50
Estación	Invierno (217)	1423	0	1	0,15	0,36
	Primavera (289)	1423	0	1	0,20	0,40
	Verano (30)	1423	0	1	0,02	0,14
	Otoño (887)	1423	0	1	0,62	0,48
WUI	(826)	1946	0	1	0,42	0,49
DPA	(784)	1879	0	1	0,42	0,49
Pendiente media (%)		1769	0	87	19.95	16.89
Elevación del punto medio (pies)		1778	500	6,500	4057.96	1141.87
Tipo de actividad	Quema controlada (49)	1946	0	1	0,03	0,16
	Quema automatizada apilamientos (211)	1946	0	1	0,11	0,31
	Quema manual apilamientos (811)	1946	0	1	0,42	0,49
	Quema apilamientos de descarga (227)	1946	0	1	0,12	0,32
	Incendio a ras de suelo (648)	1946	0	1	0,33	0,47
Régimen de incendios	Régimen de incendios 1 (884)	1529	0	1	0,58	0,49
	Régimen de incendios 2 (152)	1529	0	1	0,10	0,30
	Régimen de incendios 3 (317)	1529	0	1	0,21	0,41
	Régimen de incendios 4 (176)	1529	0	1	0,12	0,32
Combustibles naturales	(1014)	1946	0	1	0,52	0,50
Población del condado		1927	1,547	322,959	85,050,01	78,959.44
Pendiente de Cascade	(West = 225)	1927	0	1	0,13	0,34
Estado	(WA = 247)	1927	0	1	0,13	0,33
Objetivo primario de proyecto	Espacio defendible (82)	1848	0	1	0,04	0,21
	Salud forestal(255)	1848	0	1	0,14	0,34
	WUI (284)	1848	0	1	0,15	0,36
	Restauración de ecosistemas (152)	1848	0	1	0,08	0,27
	Reducción de combustible (1075)	1848	0	1	0,58	0,49
Proyecto de NFP	(1288)	1946	0	1	0,66	0,47
BLM	(261)	1946	0	1	0,13	0,34
Agente de trabajo	Comprador de madera (57)	1930	0	1	0,03	0,17
	Contratista (244)	1930	0	1	0,13	0,33
	Trabajadores temporales (1629)	1930	0	1	0,84	0,36
Especies de	Arbustos / hierba (40)	1404	0	1	0,03	0,17

combustible	Abeto de Douglas, *Tsuga*, Cedro (149)	1404	0	1	0,11	0,31
	Pinus contorta (253)	1404	0	1	0,18	0,38
	Pino ponderosa (328)	1404	0	1	0,23	0,42
	Coníferas mixtas (634)	1404	0	1	0,45	0,50

Apéndice B, continuación

Variables	Niveles (# de Observaciones)	n	Mín.	Máx.	Media	Desviación típica
Especificaciones de recogida	4"x4' (114)	1787	0	1	0,06	0,24
	6"x6' (134)	1787	0	1	0,07	0,26
	8"x8' (39)	1787	0	1	0,02	0,15
	Otros (167)	1787	0	1	0,09	0,29
	Cercado completo de árboles (96)	1787	0	1	0,05	0,23
	N/A (1237)	1787	0	1	0,69	0,46
Métodos de cálculo de carga	NA/apilada (307)	1711	0	1	0,18	0,38
	Otros (445)	1711	0	1	0,26	0,44
	Transecto (9)	1711	0	1	0,01	0,07
	Local (714)	1711	0	1	0,42	0,49
	Serie fotográfica (236)	1711	0	1	0,14	0,34
Métodos de cálculo de apilamiento	Sin apilamiento (681)	1609	0	1	0,42	0,49
	Estudio aéreo (5)	1609	0	1	0,00	0,06
	Método local (294)	1609	0	1	0,18	0,39
	Pile Wizard (288)	1609	0	1	0,18	0,38
	Ocular (344)	1609	0	1	0,21	0,41
Toneladas de apilamiento		1442	0	3,876.60	76,79	238,43
Apilamiento s/n	(Sí = 1249)	1946	0	1	0,64	0,48
Métodos de ignición	Aérea (32)	974	0	1	0,03	0,18
	Combinación (36)	974	0	1	0,04	0,19
	Manual (906)	974	0	1	0,93	0,25
Igniciones múltiples	(124)	1155	0	1	0,11	0,31
N válido (por lista)		585				

Política de Incentivos para la Protección contra Incendios en Zonas Forestales de EE.UU.[1]

Sara E. Jensen[2]

Resumen

Los investigadores, los políticos y los gestores territoriales han descrito una "crisis de incendios" en Los Estados Unidos a finales del siglo 20 y principios del siglo 21. Durante décadas, los combustibles se han acumulado debido a la ausencia de incendios y se han combinado con una interfase de suelos forestales-urbanos en continua expansión que desembocaron en incendios forestales desastrosos desde el punto de vista económico y ecológico. Un reciente debate político en Estados Unidos sugiere que las normas medioambientales a nivel federal entran en conflicto con las nuevas prioridades de la protección contra incendios. Esto debe considerarse como una crítica muy grave y actual de la política medioambiental federal. Yo sugiero tres posibles análisis para este debate: en primer lugar que los objetivos y principios de la protección contra incendios están en contradicción intrínseca con los objetivos y principios de las políticas medioambientales federales; en segundo lugar que algunos aspectos de la implantación de las políticas medioambientales pueden limitar o contradecir las buenas prácticas de la protección contra incendios; y en tercer lugar que no existe un conflicto significativo ni en la política ni en la implantación y que el diálogo político, más arriba descrito, es fundamentalmente una interpretación política. En una comparación sistemática de los objetivos de gestión federal contra incendios forestales y dos importantes normas medioambientales forestales sólo encuentro algunos conflictos de escasa importancia. Cuando sí existen conflictos, normalmente éstos son el resultado de una información científica insuficiente o de prioridades paradójicas sobre la protección contra incendios que requerirán una gran flexibilidad en la aplicación de políticas. Finalmente, presento algunas pruebas preliminares sobre la posibilidad de un conflicto en la implantación de las políticas, un marco para evaluar la posible interpretación política de este debate y algunas orientaciones para futuras investigaciones.

Introducción

Los investigadores, los políticos y los gestores territoriales han descrito una "crisis de incendios" en Los Estados Unidos a finales del siglo 20 y principios del siglo 21. Durante décadas, debido a la ausencia de incendios, los combustibles se han acumulado y combinado con una interfase de suelos forestales-urbanos en continua expansión desembocando en incendios forestales desastrosos desde el punto de vista económico y ecológico. Además, varias épocas consecutivas de incendios importantes y una concienciación creciente sobre daños a las propiedades, han hecho que el público siga con mayor interés las cuestiones sobre incendios y los cambios de políticas. Es evidente que la gestión eficaz de los regímenes de incendios constituirá,

[1] Una versión abreviada de esta ponencia se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía de los programs de protección contra incendios forestales: una visión global, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] Auxiliar Diplomado, University of Arizona, School of Renewable Natural Resources, Biological Sciences East 325, Tucson, AZ 85721; e-mail: sejensen@email.arizona.edu.

en un futuro próximo, uno de los mayores desafíos para los gestores del territorio y para los responsables políticos

Según nuestro nuevo enfoque sobre las prácticas de gestión forestal en el siglo 20, actualmente se concede más prioridad a la minimización del riesgo de incendios que a la supresión o exclusión total de los incendios. Uno de los resultados ha sido el énfasis puesto en la protección contra incendios mediante el tratamiento preventivo del combustible. Los gestores del territorio se han centrado principalmente en dos importantes métodos para resolver el problema actual de los combustibles; principalmente la ordenación mecánica de los combustibles (normalmente en forma de aclareo forestal) y el uso del fuego prescrito o de ignición natural (utilización del incendio forestal) para restablecer un régimen de incendios "naturales".

El debate político que últimamente se mantiene en los Estados Unidos, sugiere que las normas medioambientales a nivel federal entran en conflicto con las nuevas prioridades de protección contra incendios. Pruebas concluyentes de que los poderes públicos se han hecho eco de este conflicto, son las declaraciones públicas y los artículos aparecidos en la prensa del presidente y de los más altos responsables a nivel federal y la normativa sobre incendios forestales. Gran parte de este diálogo es fruto de las declaraciones públicas del Presidente George W. Busch sobre su Iniciativa Saneamiento Forestal y toda la legislación que conlleva. Por ejemplo, los comentaros del Presidente cuando firmó la ley de reimplantación del saneamiento forestal incluyendo la siguiente declaración (USDA2003a):

"El proyecto de ley agiliza el proceso de revisión medioambiental para que podamos avanzar más rápidamente sobre proyectos que reestablezcan la buena salud de los bosques. No queremos que nuestras intenciones se vean frenadas por las normativas."

En una declaración previa a esta misma ley, el Presidente argumentó (Oficina del la Secretaría de Prensa 2003):

"... cuando se trata de política medioambiental, siempre hay demasiada confrontación. Fluyen demasiadas ideas que no aportan nada, lo que se necesita es cooperación y no confrontación... la legislación ahora vigente obstaculiza en gran manera el aclareo forestal."

Los responsables de varias agencias federales de ordenación del territorio y medioambiente se han mostrado pesimistas sobre la viabilidad de la aplicación de políticas medioambientales para la protección contra incendios. En una proposición de cambio de norma sobre la ley de especies en peligro, el servicio de fauna y peces de los Estados Unidos se refiere a los "obstáculos reglamentarios innecesarios que algunas veces han retrasado y frustrado las acciones dirigidas a la ordenación del territorio" (DOI/DOC 2003). Igualmente, la Ministra de Agricultura Ann Veneman se refirió, en un comunicado de prensa, a las exigencias normativas "niveles de burocracia innecesarios y los retrasos de procedimiento que no permiten la rápida actuación de los responsables gubernamentales para proteger a las comunidades y a nuestros recursos naturales de los incendios forestales devastadores" (USDA2003b). La Ministra Veneman y el Ministro del Interior Gale Northon declararon que los esfuerzos para la protección contra incendios se han visto entorpecidos por un exceso de normas y litigios" (Norton y Veneman 2003). Dado que estos departamentos y centros no sólo se encargan de la gestión responsable de las fincas públicas sino también de la implantación y ejecución de las mismas políticas que ellos consideran

"un exceso", estos comentarios deberían considerarse una crítica actual serie de la política federal medioambiental.

A la luz de esta crítica, existen como mínimo tres conclusiones analíticas. En primer lugar, es posible que los objetivos y principios de la protección contra incendios estén intrínsicamente en contradicción con los objetivos y principios de las políticas medioambientales federales; en segundo lugar, es factible que algunos aspectos de la puesta en marcha de las políticas medioambientales puedan limitar o contradecir las buenas prácticas de la protección contra incendios; es decir que el conflicto no estribe en la letra de la ley sino en su implantación sobre el terreno. En tercer lugar, es posible que no exista un conflicto significativo ni en la política, ni en la implantación y que el diálogo político antes descrito sea fundamentalmente una interpretación política. Conviene señalar que estas tres opciones no son totalmente auto-excluyentes. Por ejemplo, puede exacerbarse una discrepancia política relativamente menor por la forma en que esta política esté actualmente implantada, o también pueden exagerarse varias contradicciones sin importancia por la interpretación política de los temas sobre incendios.

El objetivo fundamental de esta ponencia, es evaluar la primera conclusión posible, o sea que existe una contradicción intrínseca entre la buena protección contra incendios y las políticas federales medioambientales. Yo subrayo los nuevos principios de la gestión federal del fuego y evalúo la compatibilidad de estos objetivos con dos importantes políticas federales de medioambiente. Los objetivos y prioridades de la protección contra incendios podrán resumirse a partir de varias declaraciones sobre políticas conjuntas de los dos partidos que abarcan la Gestión Federal de Incendios Forestales, el Plan Nacional Contra Incendios y el plan Diez Años de Estrategia Global. Los principios extraídos de estos dos documentos, se utilizarán para valorar la eficacia de la Ley Nacional de Política Medioambiental (1970) y la ley de especies en peligro (1973) en cuanto a permitir, apoyar y obligar una gestión eficaz de los incendios forestales. Finalmente, analizaré brevemente las otras dos posibles conclusiones y sugeriré algunas líneas de investigación futura.

Principios de la protección contra incendios

Bajo las administraciones de Clinton y George W. Bush, los incendios forestales han surgido como un tema fundamental en la gestión de los recursos naturales.

Algunas épocas de incendios particularmente graves y de grandes incendios con una amplia repercusión mediática, han atraído la atención gubernamental y del público en general sobre los forestales lo que a menudo ha dado lugar a declaraciones políticas y al desarrollo de iniciativas importantes.

Una de estas épocas de incendios particularmente graves tuvo lugar en 1994. Se perdieron 34 vidas humanas y se quemaron 4,7 millones de acres y el Ministro de Agricultura, Dan Glickman, y el Ministro del Interior, Bruce Babbitt, convocaron un grupo de trabajo con el fin de llegar a un enfoque común sobre incendio forestales destinados a las (NIFC2003, USDI/USDA 1995). El documento resultante, fue la Política y los Programa Federales de Protección Contra Incendios Forestales (o Política Federal de Incendios Forestales), que no pertenecía al poder legislativo pero que fue ratificado por los altos cargos de varias agencias importantes.

Después de otros incendios aún más devastadores del periodo 2000 (un total de 122.827 incendios y más de 8,4 millones de acres quemados), el Presidente Clinton

pidió a los mismos Ministros que hicieran un análisis sobre la situación de los incendios forestales

(USDI/USDA 2001). El informe, denominado *Gestión del Impacto de los Incendios Forestales sobre las Colectividades y el Medioambiente: Un Informe al Presidente en Respuesta a los incendios forestales del 2000,* se convirtió en la base del Plan Nacional contra el Fuego, otro intento más de establecer prioridades para la protección contra incendios, especialmente en términos de asignación de fondos (USDI/USDA 2001). Otra consecuencia de la petición de Clinton fue que el grupo de trabajo de 1935 se reuniera de nuevo para analizar, revisar y valorar dicha política. El resultado fue un el documento revisado y de actualizado del 2001 que actualizaba la versión de 1995. Si bien es cierto que las directrices de la política variaban muy poco, el grupo de trabajo consideró que la implantación era inconsistente e incompleta y que el hecho de que las Agencias Federales no hubiera implantado totalmente la política de 1995 había hecho fracasar, en parte, su eficacia.

En 2001, basándose en las ideas del Plan Nacional Contra el Fuego, un grupo muy diverso de interlocutores gubernamentales y no gubernamentales llevaron a cabo la puesta en marcha de un plan: un "proyecto de conjunto para reducir los riesgos que representan los incendios forestales en las colectividades y el medioambiente", comúnmente denominado Plan Nacional Contra Incendios y el plan Diez Años de Estrategia Global (Western Governors' Asoc. 2001, p.1). La Estrategia Global consistía en involucrar a la colectividad en la prioridad del plan nacional contra el fuego, diseñando un "enfoque proactivo y de colaboración, basado en la colectividad y destinado a reducir los incendios forestales",

En contraposición con el enfoque más centrado en las agencias como, por ejemplo, la Política Federal contra Incendios (Western Governors' Assoc. 2001, p.3).

El conjunto de estas tres políticas representa una imagen relativamente extensa de los objetivos y prioridades de los múltiples interlocutores de ambos partidos sobre la gestión federal de los incendios forestales. (Las más recientes, la Iniciativa para el Saneamiento Forestal y la Ley del Reimplantación del Saneamiento Forestal, no están explícitamente incluidas porque estos documentos se refieren directa e exclusivamente a los objetivos y prioridades del Plan Nacional Contra Incendios y a los Diez Años de Estrategia Global). Basándonos en una síntesis y condensación de estos puntos clave, propongo los siguientes principios clave de protección federal contra incendios forestales:

- La protección al bombero y la seguridad pública es la principal prioridad en la protección contra incendios;
- Las prácticas de protección contra incendios deberían tener como objetivo la recuperación de los paisajes y la reconstrucción de las comunidades centrándose especialmente en la reducción de combustibles peligrosos y devolviendo los incendios a los ecosistemas adaptados al mismo;
- Las prácticas de protección contra incendios deberían apoyarse en los planes de ordenación del territorio existentes y en la gestión de los recursos, viabilidad económica, últimos hallazgos científicos y principios de gestión ordenada de los riesgos;
- La planificación de la protección contra incendios debería tener en cuenta la salud pública y la calidad del medioambiente; y

- La cooperación y coordinación entre los múltiples grupos, incluyen a los gobiernos de las agencias federales, de los estados, de los gobiernos locales y tribales y locales, socios internacionales y las colectividades son fundamentales para una protección federal contra incendios.

Como hemos dicho antes, los últimos debates sugieren que las políticas federales medioambientales entran en conflicto directo con los principios y prioridades de la protección contra incendios. En el capítulo siguiente vamos a resumir dos políticas federales de medioambiente y a valorarlas con respecto a los principios más arriba señalados.

Política Federal de Medioambiente

Ley de Política Nacional Medioambiental

La intención subyacente en la Ley de Política Nacional Medioambiental (NEPA) es exigir a las agencias federales que incorporen las consideraciones medioambientales al desarrollo de los proyectos y procesos de toma de decisión. Su aplicación no se limita a la planificación formal sino que abarca una variedad de actividades federales que van desde las asignaciones de recursos públicos a pequeña escala hasta las más importantes ordenaciones territoriales de la legislación federal. Y más importante aún, la NEPA exige que pongan por escrito este proceso de toma de decisión y lo pongan a disposición del público y lo sometan a revisión judicial a todos los niveles.

La misma NEPA consta sólo de 10 páginas, sobre todo porque los detalles de su aplicación se establecen por separado, en el Código de Normas Federales así como en otras normas formuladas por agencias individuales. El mismo estatuto consta de tres partes fundamentales. La primera, sección 101, subraya la intención de la ley de fijar objetivos para la salud medioambiental de la nación, estableciendo el papel del gobierno federal para asegurar "a todos los americanos un entorno seguro, sano, productivo y agradable desde el punto de vista estético y cultural," (42USC4331 (b)). La sección 102 constituye el núcleo de la ley, estableciendo en parte que toda agencia federal debe estudiar los impactos medioambientales de sus decisiones y debe incorporar estas consideraciones medioambientales al proceso de toma de decisión. Además, debe hacerlo de manera formal, sistemática e interdisciplinaria (42USC4332). El tercer punto clave de la NEPA que se encuentra en la sección 202, consiste en establecer el Consejo del Presidente sobre la Calidad Medioambiental (CEQ) (42USC4342). El CEQ se creó para establecer orientaciones destinadas a las agencias federales para la implantación de la NEPA, y elaboró toda una serie de orientaciones para este proceso ampliamente utilizadas por agencias y tribunales y que tienen un papel fundamental en su interpretación y aplicación.

El Tribunal Supremo se ha pronunciado repetidamente en favor de que la NEPA sea considerada como un estatuto estrictamente procesal lo que significa que, a pesar de obligar a las agencias a considerar formalmente los impactos medioambientales de sus acciones en ningún caso dicta la decisión final sobre la acción. Una agencia puede legalmente poner en marcha la acción de consecuencias medioambientales más altamente destructivas en comparación con otras alternativas, siempre que haya considerado los impactos y las alternativas y haya expuesto los razonamientos tal

como exigen las normas NEPA (ver *Strycker's Bay Neighborhood Council, Inc, v. Karlen 444 U.S. 223 (1980)).*

La naturaleza procesal de la NEPA es crítica con la compatibilidad de sus actividades de protección contra incendios. En la protección contra incendios así como en otras muchas situaciones de la ordenación de los de recursos naturales, a menudo no existe una decisión de gestión claramente preferible a otras alternativas desde el punto de vista medioambiental. La NEPA concede una gran flexibilidad a las agencias federales para equilibrar las prioridades de la protección contra incendios pero garantizando siempre su consideración formal y pública. Las secciones siguientes evalúan más específicamente la compatibilidad de la NEPA con las cinco prioridades de la protección contra incendios anteriormente enumeradas.

Los Bomberos y Seguridad Pública

Los bomberos y la seguridad pública constituyen la primera prioridad en la política medioambiental así como en la protección contra incendios. Las normas de la NEPA elaboradas por el Consejo de Calidad Medioambiental (CEQ) permiten a las agencias adoptar disposiciones especiales cuando, circunstancias de emergencia impiden que la documentación de la NEPA se haya completado antes de emprender una acción (40CFR1506.11). Para la adopción de estas disposiciones es necesario, según el Servicio Forestal de Estados Unidos, que exista un riesgo inmediato e inminente para la salud pública o para la seguridad o "una amenaza inmediata e inminente de daños importantes a la propiedad privada" (USFS 1992). Como resultado de ello, las actividades de extinción de incendios no han sido sometidas a un análisis medioambiental por parte de la NEPA. Principalmente, la política Federal de Incendios Forestales de 2001, estipula el desarrollo de Planes de Protección contra incendios destinados a concebir todas las posibles estrategias de protección contra incendios inclusive la supresión de los mismos. Aunque hasta ahora se han elaborado muy pocos, estos documentos deberían someterse al análisis de la NEPA, tanto porque forman parte de los planes de ordenación más amplios (sometidos a la NEPA) como por no constituir una respuesta de emergencia a un peligro inminente.

Recuperación de paisajes adaptados a los incendios

La naturaleza procesal de la NEPA permite también una gran flexibilidad a la hora de recuperar paisajes y comunidades afectadas por el fuego. En general, los proyectos de reducción mecánica de combustible, fuegos prescritos y los fuegos utilizados en los incendios forestales (el uso del fuego natural para lograr objetivos de ordenación territorial y de gestión de recursos) están todos sometidos a los requisitos la NEPA: en resumen, las agencias federales deben determinar si una actividad propuesta va a tener una impacto medioambiental significativo (normalmente, a través de un análisis del

Medioambiente EA,), y si es así debe elaborar una declaración de impacto medioambiental (EIS) describiendo los posibles impactos y los impactos de una gama de alternativas viables a este proyecto, incorporando un gran número de opiniones e intervenciones por parte del público en general. Aunque la agencia responsable debe responder a los comentarios del público, el proceso de la NEPA no obliga ni prohíbe ninguna acción o decisión específica. En otras palabras, una vez que la agencia ha

completado y cumplimentado los requisitos procesales necesarios, es libre de elegir cualquier alternativa inclusive alguna capaz de acarrear consecuencias medioambientales muy negativas. Por lo tanto, a partir del mismo texto de esta política y de las normas asociadas, es difícil imaginar como la NEPA podría interferir en la recuperación de los paisajes adaptados a los incendios o en las comunidades afectadas por el fuego.

En 2003, el Servicio Forestal USDA y el Departamento del Interior, anunciaron un cambio en las normas que incluía ciertas actividades de protección contra incendios denominadas "exclusiones por categorías": es decir, categorías de acciones que normalmente no afectan significativamente el entorno humano y que no requieren, por lo tanto, la elaboración de una EA o EIS salvo en circunstancias especiales. Entre las actividades enumeradas figuran los tratamientos preventivos de los combustibles peligrosos y actividades de recuperación tras los incendios que cumplan ciertos requisitos (por ejemplo, aquellas que no se realicen en zonas de monte, que no impliquen la construcción de nuevas carreteras y que superen ciertos límites de superficie) (USDA/USDI 2003). En otras palabras, según este cambio de normativa, muchos de los proyectos de menor alcance respecto a la tratamiento preventivo de los combustibles peligrosos y de recuperación después de los incendios, se quedarán de hecho fuera del control NEPA.

Planificación de la Protección contra incendios

Tanto las políticas de incendios como los documentos de orientación establecen que las decisiones de protección contra incendios deberían apoyarse en los planes de gestión existentes (incluyendo los planes de los Servicios Forestales y de Gestión de los Recursos o los Planes de Protección contra incendios) así como los principios de viabilidad económica, últimos hallazgos científicos y gestión ponderada del riesgo. Los requisitos procesales de la NEPA apoyan decididamente este proceso de planificación facilitando un trámite formal de toma de decisión en un formato común para todas las agencias federales y transparentes también para el público. Si una declaración de impacto medioambiental (EIS) se desarrolla según las normas CEQ, ésta generalmente consiste en una clara comparación de la acción propuesta con una serie de acciones alternativas (incluyendo la opción de "no acción"), incluyendo las consecuencias medioambientales de cada acción potencial. Los proyectos incluidos en la Ley de Reforma para el Saneamiento Forestal del 2003 (HFRA) están sometidos a requisitos menos rígidos y por lo general sólo requieren una puesta al día y un análisis de la acción propuesta por la agencia, la alternativa de "no acción" y una alternativa adicional. Algunos tipos de acciones en la interfase forestal-urbana pueden no requerir el desarrollo de la alternativa "no acción" o una alternativa adicional (16 USC 6501 ET SEQ.). Normalmente, las agencias recurren a consideraciones económicas para valorar alternativas la acción, especialmente cuando tratan con el público, así como la viabilidad económica de las diferentes opciones es a menudo incluida (formal o informalmente en el proceso EIS). Además, la normas CEQ exigen que las agencias "analicen con rigor y valoren objetivamente todas las alternativas razonables" (40 CFR 1502. 14 (a)). Mediante una evaluación clara de los costes, beneficios y riesgos de cada alternativa, se estimulan las buenas prácticas de planificación. Finalmente, mediante la inclusión de una alternativa de "no acción" la NEPA asume que, tal como suele ocurrir en la protección contra incendios, el hecho de no actuar puede acarrear consecuencias significativas.

Salud Pública y Calidad del Medioambiente

Uno de los objetivos establecidos por la NEPA es "fomentar todos los esfuerzos para eliminar los daños al medioambiente y a la biosfera y promover la salud y el bienestar del hombre" (42 USC 4321). La NEPA es, en esencia, un intento legislativo de garantizar que la salud pública y la calidad del medioambiente se respeten en todas las acciones de las agencias federales y que, por lo tanto, el cumplimiento de este principio de protección contra incendios sea vinculante desde el punto de vista legislativo.

Cooperación y Coordinación

Las normas de la NEPA sobre la CEQ, subrayan la necesidad de la participación del público en el proceso de toma de decisión de la agencia. Formando parte del proceso de la NEPA, las agencias deben "(f)omentar y facilitar la participación del público en aquellas decisiones que afecten a la calidad del medioambiente con respecto a las personas" (40 CFR 1500.2 (d)) y (r)ealizar esfuerzos diligentes para implicar al público en la preparación y aplicación de los procedimientos de la NEPA (40 CFR 1506.6 (a)). Además de hacer públicas las decisiones y similares, la agencia responsable debe hacer un borrador EIS y someterlo a debate público antes de elaborar el EIS definitivo. La agencia debe contar con los juicios y opiniones de cualquier otra agencia federal profesionalmente cualificada o con competencia legal sobre el proceso y recabar las opiniones del público en general (especialmente cualquier persona u organización interesada o afectada) o de cualquier candidato implicado en la acción propuesta (por ejemplo, un permiso), todas las agencias estatales y locales relevantes y todas las tribus que pueden resultar afectadas, y cualquier agencia que hubiera solicitado previamente información sobre otras acciones similares (40 CFR 1506.6). Se fomenta enérgicamente la cooperación entre agencias y éstas pueden designar una dirección conjunta de agencias en el caso de que haya agencias estatales o locales fuertemente implicadas en el proyecto propuesto (suponiendo que, como mínimo, se incluya a una agencia federal) (40 CFR 1501.5 (b)). También se adoptan medidas especiales para llevar a cabo procesos conjuntos que eviten los solapamientos documentales entre procedimientos federales, estatales o locales (40 CFR 1506.2).

Sin embargo, en el caso de que hubiera más de un agencia implicada en un proyecto, deberá designarse a una agencia responsable (40 CFR 1501.5 (a)). En ciertos casos esto puede disuadir a las agencias en cuanto a cooperar en la protección contra incendios provocando competencia o conflictos (Gebow, comunicación personal)

Este análisis de la NEPA sugiere que esta política federal apoya en realidad la buena protección contra incendios y en algunos casos, hace vinculantes las sugerencias que contienen los documentos de política sobre incendios. La idea de que el proceso de la NEPA causa retrasos innecesarios en los proyectos de protección contra incendios (especialmente en la gestión de combustibles) ha sido un punto común de crítica en el debate político. Sin embargo, considerando el alto nivel de solapamiento entre los requisitos de la NEPA y los principios de la protección contra incendios, esto debe considerarse como una cuestión de aplicación y por ello se contempla en la sección final de este texto.

Ley sobre las Especies en Peligro

Los objetivos declarados de la Ley de Especies en Peligro (ESA) son (16 USC 1531 (b)):

... facilitar un medio por el cual puedan conservarse los ecosistemas de los que dependen las especies en peligro y las amenazadas, proporcionar un programa para la conservación de las especies en peligro y las amenazadas, y tomar las medidas apropiadas para alcanzar los objetivos de los tratados y convenios (sobre el comercio internacional de especies en peligro).

Ciertamente, el impacto mejor conocido de ESA es la imposición de fuertes prohibiciones contra cualquier captura de especies animales que figuren en la lista de las especies en peligro o amenazados. Además, las agencias federales deben (a) promover activamente la conservación de las especies que figuran en la lista y (b) evitar toda acción que pueda tener efectos negativos sobre las especies de la lista y sobre precario hábitat. La aplicación de la Ley de Especies en Peligro a la gestión del fuego en los territorios federales es bastante completa. En muchos casos la comprensión científica de la relación de las especies de la lista con el fuego es limitada o incluso inexistente. Aunque, a menudo se da por hecho que el incendio forestal representa una amenaza para las especies en peligro, muchas especies de hecho necesitan el fuego para mantener el nivel de su población o su hábitat., y muchas más toleran bien el fuego. Muchas especies animales son capaces de evitar el fuego, un resumen datos recientes sobre la fauna y los peces de los EE.UU. reflejaba que sólo cuatro de las 186 de la lista propuesta, y especies de plantas candidatas que se encuentran en los territorios de los Servicios Forestales resultan dañadas por el fuego (Brown and Smith 2000). Sin embargo, no hay duda de que no sólo los incendios forestales sino también las quemas prescritas y las reducciones de combustible pueden tener unos efectos confusos, complejos y en ocasiones adversos sobre los hábitat de especies en peligro. Puede resultar difícil calcular los impactos a corto y largo plazo de las diferentes decisiones de protección contra incendios en el contexto de ESA.

Los Bomberos y la Seguridad Pública

La agencia responsable de la aplicación de la Ley de Especies en Peligro (el Servicio de Fauna y Peces de Estados Unidos, conjuntamente con el Servicio Nacional de Pesca de la Marina) ha estipulado que los bomberos y la seguridad pública constituyen la primera prioridad en cualquier decisión referente a la protección contra incendios. Las normas federales relacionadas con ESA estipulan que en situación de emergencia podría hacerse una consulta informal con la posibilidad de celebrarse durante o después de haberse tomado las medidas de respuesta necesaria (50 CFR 402.05). Esta alternativa es aplicable a las tácticas de extinción de incendios, y el incendio forestal en sí mismo es un acto de fuerza mayor y no acción de la agencia. Por eso, la consideración de las especies en peligro nunca podrá anteponerse a la vida humana. El Ministro del Interior en sus comunicados de prensa se ha manifestado periódicamente a favor, aclarando y ratificando esta posición.

Recuperación de Paisajes adaptados al fuego

El conflicto más común entre ESA y los esfuerzos para recuperar los paisajes adaptados al fuego y las comunidades afectadas, se han concentrado en la poda selectiva (incluido tanto los tratamientos de tratamiento preventivo del combustible como la poda de "saneamiento"). Contando con el asesoramiento y apoyo del Ministro, cada Agencia Federal deberá garantizar que toda acción autorizada, financiada, o llevada a cabo por ella... no arriesgue la supervivencia de una especia en peligro o amenazada o que acarree la destrucción o modificación adversa del hábitat de aquellas especies definidas por el Ministro como críticas a menos que la agencia haya conseguido del Comité una exención para llevar a cabo dicha acción.

En otras palabras, la normativa sobre acciones relativas a las especies que figuran en la lista de las "no susceptibles de estar en peligro": con algunas excepciones, la actuación de una agencia no debe constituir una amenaza para la supervivencia de una de las especies de la lista, ni destruir o degradar su hábitat considerado crítico. (Babitt v. Sweet Home Chapt Comms. for Ore., 515 U.S. 687 (1995)). El proceso de la sección 7 es relativamente directo y está recogido por la ley; existen relativamente pocas normas externas que determinen el proceso. Sin embargo, es importante que la agencia complete cada paso del proceso de consulta (ver *Thomas v. Peterson 753 F.2d 754 (9th Cir 1985))*. Generalmente, el resultado de la consulta es que el ministro o bien no ve ningún peligro asociado a la acción propuesta, o bien sugiere alternativas a la acción propuesta por la agencia que no acarreen peligro alguno. Se considera, a menudo, que ESA entorpece las prácticas de protección contra incendios especialmente las técnicas de tratamiento preventivo del combustibles anteriormente descrita, porque la ley no reconoce que evitar estas medidas de gestión por temor a hacer daño a las especies y su hábitat crítico podría, en teoría, provocar una mortalidad incluso mayor de alguna especie en peligro creando así unas condiciones de mayor riesgo de incendios en el futuro. Sin embargo, el Ministro del interior dispone de gran libertad para interpretar la cláusula de "ausencia de riesgo" y puede escoger fácilmente un enfoque más amplio y a más largo plazo de los potenciales impactos a las especies. Puede que sea más interesante considerar que el objetivo de la ley con respecto a las agencias federales es asegurarse de que las acciones de gestión por muy bien intencionadas que sean, no deben amenazar directamente la existencia continuada de las especies de la lista. Al enfrentarse con la decisión de llevar a cabo un proyecto de tratamiento preventivo del combustibles en un hábitat crítico o bien arriesgar la eventual destrucción de este hábitat por un incendio grave, parece lógico que la agencia que vaya a tomar la decisión pueda ver con buenos ojos una consulta formal al Servicio de Fauna y Pesca y la oportunidad de formarse una opinión científica razonable basada en las prácticas de gestión en cuestión.

Tal como hemos visto anteriormente, también resulta difícil pronosticar el efecto que una quema prescrita o el uso del fuego del incendio forestal ("dejar arder") tendrá sobre una especie determinado. Afortunadamente, mientras ESA exige que las decisiones estén científicamente justificas, no obliga a las agencias a contar con estudios exhaustivos o una información completa sobre un tema dado. Más bien, las agencias deben usar "los mejores datos disponibles desde el punto de vista científico y comercial" para cumplir los requisitos de la sección 7 (16 USC 1536 (a) (2)). Una agencia debe elaborar una evaluación biológica en general dentro del los 180 días siguientes al comienzo de la consulta y después de haber empezado la actividad, describiendo cualquier especie de la lista que pueda resultar afectada (16 USC 1536

(c) (1)). El límite de tiempo junto con el hecho de que se pueda y a menudo se recomiende el seguimiento como parte de la consulta, estimula la mejora continua de las prácticas de gestión.

Planificación de la protección contra incendios

Tal y como se ha descrito antes, ESA exige que la planificación de la protección contra incendios se base en los mejores conocimientos científicos disponibles y las consideraciones de la sección 7 deberían ser cruciales en la elaboración de un plan contra incendios. Sin embargo, ESA no permite que las consideraciones económicas prevalezcan sobre las especies de la lista: los tribunales han confirmado que esta era la clara decisión del Congreso (en *Tennessee Valley Authority*. *Hill,* 437 U.S. 153 (1978), por ejemplo el Tribunal declaró, "La simple intención del Congreso al promulgar este estatuto era detener e invertir la tendencia hacia la extinción de las especies, a cualquier precio."). Por ejemplo, es posible que los requisitos de la sección 7 puedan evitar que se realicen actividades peligrosas de tratamiento preventivo del combustible, susceptibles a su vez, de terminar más adelante en un incendio de mayor envergadura que represente un mayor amenaza para las especies a largo plazo y cuyo resultado lleve a unos elevados costos de extinción. Dado que ESA puede dificultar que la agencias sopesen los riesgos a corto y largo plazo o los riesgos directos e indirectos, este tipo de gestión del riesgo, representa una propuesta bastante cuestionable. Sin embargo, cualquier conflicto entre la supervivencia de una especie a corto y largo plazo puede considerarse más como una paradoja inherente a los esfuerzos de conservación que a un fallo de la política. Esta paradoja podría resolverse sustancialmente en muchos casos mediante un mejor conocimiento científico de las especies de la lista. Además, tal y como se ha dicho anteriormente, el ministro tiene suficiente libertad de interpretación de la cláusula de "ausencia de riesgo" y, en definitiva, debe considerarse también como de aplicación.

Salud Pública y Calidad del Medioambiente

Aunque una parte considerable de la Ley de Especies en Peligro, se centra en la gestión de las especies aisladas, uno de los objetivos definidos por la ley es el de "proporcionar un medio por el cual los ecosistemas de los que dependen las especies en peligro y amenazadas puedan conservarse" (16 USC 1531 (b)). Aunque no se toma medida alguna en cuanto a la salud pública, es difícil imaginar una situación en la cual la conservación de una especie de la lista, amenace la salud pública o la calidad del medioambiente (excepto en situaciones de emergencia como las que se contemplan en la sección 1).

Cooperación y coordinación

Uno de los objetivos no enunciados en ESA parece incluir los conocimientos biológicos del Servicio de Fauna y Pesca de Estados Unidos y del Servicio Nacional de Pesca de la Marina en los procesos de toma de decisión por las agencia federales de ordenación del territorio. En este sentido, todo el proceso de la sección 7 puede considerarse como una cooperación obligatoria. Las evaluaciones biológicas pueden realizarse conjuntamente con el proceso de la NEPA para acelerar un proyecto (16

USC 1536). También es necesario realizar consultas a nivel estatal sobre diferentes aspectos, y el ministro responsable puede llegar a acuerdos de cooperación a tal nivel (16 USC 1535). También se fomenta de forma explícita la cooperación internacional (16 USC 1537). La participación pública es relativamente reducida, pero los ciudadanos tienen explícitamente derecho a demandar su aplicación (16 USC 1540 (g)) y también pueden solicitar del Ministro la inclusión de una especie en la lista o la revisión de la designación de hábitat crítico (16 USC 1533 (b)). Los terratenientes también pueden participar en una serie de acuerdos diferentes con vistas a la conservación de las especies.

Resumiendo, la Ley de Especies en Peligro parece está en desacuerdo con los principios de protección contra incendios en términos de viabilidad económica. Es evidente que el carácter vinculante de la ley tenía como objetivo evitar que las agencias amenazarán directamente la supervivencia de las especies de la lista sin tener en cuenta su coste económico. El equilibrio de los fines de conservación a corto y largo plazo parece plantear aparentemente un problema de aplicación – en cierta forma, puede que para las agencias no haya una alternativa disponible que no ponga en peligro la supervivencia de las especies – y este dilema exige un examen más profundo.

Conclusiones

Este análisis sólo encuentra muy pocos problemas entre los textos de la legislación medioambiental y los principios de protección contra incendios normalmente aceptados. Allí donde se plantean conflictos, éstos son el resultado de una información científica insuficiente o de algunas paradojas sobre las prioridades de la protección contra incendios que demandan una mayor flexibilidad en la implantación de la política.

Las dos conclusiones alternativas presentadas al principio de este documento, a saber que la percepción de un conflicto entre políticas medioambientales y protección contra incendios se debe a problemas de aplicación o a una interpretación política, merecerían un examen analítico más profundo.

Es posible que existan conflictos significativos en la aplicación de estas leyes dentro de un contexto de incendios. Un tema pendiente en el debate político ha sido el de los retrasos administrativos o burocráticos. Por ejemplo, algunos gestores han argumentado concretamente que el proceso de documentación de la NEPA es exageradamente largo y requiere mucho tiempo. Otros estiman que las demandas y litigios de los ciudadanos que las leyes permiten obstaculizan la aplicación de las mismas e interfieren en los esfuerzos de protección contra incendios. Como ocurre con toda política, puede suceder que la aplicación sobre el terreno de la NEPA y ESA sea significativamente distinta de lo que puede sugerir el mismo documento político. Igualmente, puede suceder que la actual situación de los combustibles esté atravesando una crisis tal que las agencias no dispongan de tiempo suficiente para cumplir los requisitos procesales de las leyes sin exacerbar más el problema.

Sin embargo, ciertos indicios dejan entrever que estas conclusiones pueden ser inexactas. La normativa CEQ, sobre la aplicación de la NEPA se refiere específicamente a cuestiones de plazo y la CEQ permite que las agencias fijen límites de tiempo para cada parte del proceso basándose en el daño potencial, la magnitud de

la acción, el grado de controversia y otros criterios más(40 CFR 1501.8). Un reciente informe de la Oficina General Contable independiente, sugiere que los litigios han desempeñado un papel relativamente pequeño en el retraso de los proyectos sobre combustibles peligrosos. De las 762 decisiones relacionadas con los combustibles en los años fiscales 2001 y 2002 sólo 180 fueron recurridas (esto afectó a 900.000 acres de un total de 4.7 millones) y sólo 23 fueron objeto de litigio (esto afectaba 100.000 acres) (GAO 2003). El mismo informe GAO encontró también que el 79% de las demandas se resolvieron dentro del plazo obligatorio de 90 días.

Una última alternativa consiste en que el diálogo político aquí descrito es en parte o en su totalidad una interpretación política. L. Earl Peterson, Ingeniero de Montes del Estado de Florida, empezó su discurso de bienvenida en el Congreso sobre Normas Medioambientales y Quema Prescrita de 1995 con lo que puede ser un cuento (Peterson 1997):

Durante una parodia sobre el Show de los hermanos Smothers, Tomy Smothers se cayó en una tinaja de chocolate y empezó a gritar "FUEGO". Cuando su hermano Dick le preguntó por qué gritaba fuego, le contestó "¿Crees que habría venido alguien si hubiera gritado 'CHOCOLATE'?

Ciertas críticas recientes de algunos grupos de ciudadanos, han acusado a las agencias gubernamentales y al presidente de gritar "FUEGO" en lugar de "CHOCOLATE". El debate público ha hecho de los incendios un tema cada vez más sensible y emocional, que a su vez constituye un buen tópico para movilizar el apoyo en pro de nuevas políticas y normas. A falta de datos fiables para apoyar o rechazar las quejas por exceso de litigios, los procedimientos rígidos o las políticas contradictorias, están obstaculizando los esfuerzos federales por controlar la crisis debida al combustible y a los incendios (o también para calibrar la misma crisis) no sería aconsejable suprimir los cambios de política.

Scheineder & Ingram (1997) nos indican lo que podría ser un marco útil para evaluar la posible interpretación política de este debate normativo. Nos describen una situación en la que la elaboración de unas normas públicas se ha ido politizando con exceso; en otras palabras, argumentan que mediante la interpretación política y social de los grupos diana, "las políticas engañan, confunden y, en otros sentidos, desaniman al ejercicio de una política activa, minimizan la posibilidad de auto corrección y perpetúan o exacerban las mismas tendencias que un principio desembocaron en políticas públicas disfuncionales" (p.5). Debido a que el debate aquí descrito se basa en el su de que la anterior política contra incendios ha sido disfuncional y a causa de la rápida evolución de las nuevas concepciones políticas (por ejemplo, Ley de Reimplantación del Saneamiento Forestal), tenemos la oportunidad única de examinar si la nueva política federal contra incendios es un ejemplo de súper politización. Hay algunos indicios que indican que esto puede ser así, especialmente en las nuevas restricciones respecto a las demandas interpuestas por los ciudadanos y la decreciente transparencia fruto del debate sobre incendios.

Si la política contra incendios es una tema súper politizado, el análisis académico de sus implicaciones por lo general se ha vuelto cada vez menos político. Sin embargo, un análisis profundo de estas políticas debería incorporar un debate explícito de los intereses políticos y económicos implicados. Si, tal como sugiere el marco de Scheineder & Ingram (1997), las nuevas políticas contra incendios forestales establecen distintos incentivos para los diferentes grupos diana, promueven conflictos de interés entre los grupos diana creados y muestran signos de inversión de

los valores democráticos, cualquier futuro análisis político debería fijar explícitamente los incentivos políticos para los diferentes actores en la protección contra incendios.

El análisis de estos temas de investigación, requerirá un trabajo considerable sobre el terreno junto con los gestores y planificadores del territorio federal, de los recursos y de los incendios, pero las cuestiones que se plantean son críticas: encontrar el justo equilibrio entre protección contra incendios y política medioambiental puede permitir a los responsables políticos resolver estos problemas específicos y no socavar una legislación que de otro modo sería eficaz.

Agradecimientos

Este proyecto ha sido financiado por la Agencia de Protección del Medioambiente dentro del programa "Science to Achieve Results" (STAR), con la subvención número R - 82873201 – 0.

Referencias

Brown, James K.; Smith, Jane Kapler, eds. 2000. **Wildland fire in ecosystems: effects of fire on flora.** Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42-vol. 2. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 257 p.

Gebow, Brooke. Senior Research Specialist, Wildlife and Fisheries Resources, University of Arizona. [Personal communication]. 12 November 2003.

General Accounting Office. 2003. **Forest Service: information on decisions involving fuels reduction activities.** GAO-03-689R. Washington, DC. 43 pp. National Interagency Fire Center. 2003. **Wildland fire statistics.** http://www.nifc.gov/stats/index.html, site accessed 13 February 2004.

Norton, Gail A. and Ann M. Veneman. 2003. **Cut the red tape, restore our forests.** The Seattle Times 22 August 2003. (Op-Ed).

Office of the Press Secretary. 2003. **Remarks by the President on the Healthy Forests Initiative.** http://www.whitehouse.gov/news/releases/2003/08/20030821-4.html, site accessed 13 February 2004.

Peterson, L. Earl. 1997. **Welcome address.** In: Bryan, Dana C., ed. Proceedings of the environmental regulation and prescribed fire conference: legal and social challenges. March 14-17, 1995. Tampa, FL. Tampa: Center for Professional Development, Florida State University; 6-7.

Schneider, Anne Larason and Helen Ingram. 1997. **Policy design for democracy.** Lawrence, KA: University Press of Kansas; 241 pp.

U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 1992. Environmental Policy and Procedures Handbook. 15-92-1.

U.S. Department of Agriculture. 2003a. Remarks By President George W. Bush at signing of H.R. 1904, the Healthy Forests Restoration Act of 2003. http://www.usda.gov/news/releases/2003/12/hfiremarks.htm, site accessed 13 February 2004.

U.S. Department of Agriculture. 2003b. **Cabinet officials report progress on President Bush's Healthy Forests Initiative**. http://www.usda.gov/news/releases/2003/05/0177.htm, site accessed 13 February 2004.

U.S. Department of Agriculture/U.S. Department of the Interior. 1995. **Federal Wildland Fire Management Policy of 1995.** Washington, DC: USDI/USDA; 39 p.

U.S. Department of Agriculture/U.S. Department of the Interior. 2003. **National Environmental Policy Act documentation needed for fire management activities; categorical exclusions.** Federal Register 68 (108): 33814-33824.

U.S. Department of the Interior/U.S. Department of Commerce. 2003. **Joint counterpart Endangered Species Act section 7 consultation regulations (proposed rule).** Federal Register 68 (108): 33806-33812.

Western Governors' Association. 2001. **A collaborative approach for reducing wildland fire risks to communities: 10-year comprehensive strategy.** Washington, DC: WGA; 24 p.

Esta página se deja en blanco intencionadamente.

Planificación de la Protección contra Incendios–Desarrollo de Estrategias y Definición de Objetivos Mensurables para una Protección Adaptada[1]

S.L. Robertson,[2] H. Roose[3]

Resumen

Recientemente se han revisado las instrucciones para la planificación de la protección contra incendios en todas las agencias federales contra incendios forestales de los Estados Unidos. Los planes de protección contra incendios se han convertido en herramientas de planificación importantes, que documentan en el ámbito espacial las estrategias de protección contra incendios adoptadas para alcanzar los objetivos de planificación de la gestión del territorio y los recursos. Pero los planes de protección contra incendios también se están convirtiendo progresivamente en herramientas que garantizan la responsabilidad y la eficacia de los programas, pues van estableciendo objetivos concretos mensurables que permiten un seguimiento de la implantación de las estrategias y la valoración de su grado de éxito. La definición de objetivos mensurables en los planes de protección contra incendios no sólo incluye objetivos de gestión de recursos contra los incendios forestales, sino que también los vincula con los indicadores de eficacia nacional del programa federal contra incendios forestales. Estos objetivos mensurables constituyen la piedra angular del Sistema de Análisis de Programas contra Incendios, que mide la eficacia del programa en términos de protección adaptada, y de la elaboración del presupuesto federal de lucha contra incendios forestale***s.***

Antecedentes

La labor de diseñar e implantar una nueva instrucción normalizada de planificación contra incendios para las cinco agencias forestales federales, a saber la Oficina de Asuntos Indios (Bureau of Indian Affairs, BIA) la Oficina de Gestión Territorial (Bureau of Land Management, BLM), el Servicio de Fauna Silvestre (Fish and Wildlife Service, FWS) el Servicio de Parques Nacionales (National Park Service, NPS) y el Servicio Forestal USDA (USFS) ha constituido un tremendo esfuerzo, habida cuenta de los casos de incendios forestales registrados en Estados Unidos durante los últimos años. Los hechos acaecidos durante las temporadas de incendios de 2000 y 2001 han determinado en buena medida el programa federal contra incendios forestales tal como lo conocemos hoy. Especialmente destacada fue la quema prescrita de Cerro Grande en Los Álamos, Nuevo México, en mayo de 200, la

[1] Una versión abreviada de este trabajo se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación, y economía de los programas de protección contra incendios forestales, 19–22 de Abril del 2007, Córdoba, España.

[2] US Forest Service, National Park Service, National Interagency Fire Centre, 3833 South Development Avenue, Boise, ID 83705-5354 U.S.A, Email: sarah_robertson@nps.gov.

[3] Bureau of Land Management, National Interagency Fire Centre, 3833 South Development Avenue, Boise, ID 83705-5354 U.S.A.

subsiguiente temporada de incendios de 2000, y las víctimas mortales del Incendio de Thirty Mile de julio de 2001.

Estos sucesos dieron lugar a varios informes e iniciativas importantes que siguen orientando el programa contra incendios forestales en Estados Unidos. Entre ellos, figuran los relativos a "El control del impacto de los incendios forestales sobre los habitantes y el medio ambiente – Informe al presidente tras los incendios forestales de 2000" (septiembre 2000); el Plan Nacional contra Incendios (2001), "El planteamiento en colaboración para reducir los riesgos por incendios forestales para los habitantes y el medio ambiente: estrategia exhaustiva a diez años" (2001), y el correspondiente "Plan de Implantación" (2002) elaborados por los gobernadores de los estados occidentales; "Restauración de ecosistemas adaptados a los incendios en los espacios federales – Estrategia coherente de tratamiento del combustible para proteger a las personas y preservar los recursos naturales" (2002) y el "Plan de Prevención de Accidentes y Reducción de Riesgos de Thirty Mile" (2002).

La planificación y los planes de protección contra incendios implantan estas iniciativas y políticas de forma significativa. Han aumentado la conciencia y las exigencias sobre la función y la responsabilidad que tienen los planes de protección contra incendios en la solución de los problemas de los programas contra incendios forestales, tanto entre el público como en el congreso, la Oficina Federal de Protección y Presupuesto (OMB) y la Oficina de Contabilidad del Gobierno (GAO). Seguirá siendo necesaria una buena planificación de la protección contra incendios, pues los planes de protección contra incendios desempeñan un papel cada vez más capital en el programa federal contra incendios.

Además de responder a los sucesos y políticas antedichos, las cinco agencias forestales federales también comparten el afán de medir la eficiencia y la eficacia de sus programas de protección contra incendios. Los directores de agencias de ámbito nacional han empezado a trabajar juntos para desarrollar e implantar un programa de protección contra incendios y un proceso de análisis presupuestario compatibles, comunes y basados en la rentabilidad.

La política federal contra incendios forestales estipula que:

- Las agencias utilizarán procesos de planificación, mecanismos de financiación, procedimientos operativos y metodologías de protección de valores compatibles en todas las decisiones de protección contra incendios;

- Los programas y actividades de protección contra incendios se basarán en análisis económicos que incorporen los valores mercantiles, no mercantiles y sociales;

- Las agencias federales utilizarán un sistema de planificación contra incendios que tenga en cuenta tanto la utilización del fuego como la protección contra incendios como partes inherentes de la gestión de los recursos naturales; este sistema garantizará que se disponga de suficiente capacidad de lucha contra incendios y del apoyo necesario a los esfuerzos de recuperación tras los incendios.

En diciembre de 2001, un equipo de investigación publicó un informe titulado "Desarrollo de una herramienta de análisis de planificación contra incendios a escala territorial común para todas las agencias." Los resultados del informe son la base del desarrollo de un nuevo sistema de evaluación de los programas contra incendios común para todas las agencias. Este nuevo sistema sustituirá los sistemas presupuestarios y de análisis utilizados actualmente por las agencias forestales, como

el Sistema de Análisis de Protección contra Incendios del Servicio Forestal Nacional (NFMAS) y el FIREPRO utilizados por el Servicio de Parques Nacionales.

El nuevo Sistema de Análisis de Programas contra Incendios (FPA) es un sistema de evaluación de programas basado en la rentabilidad, que se centra especialmente en las metas, estrategias y objetivos identificados durante el proceso de elaboración del plan de protección contra incendios. El FPA se basará en objetivos mensurables del plan de gestión territorial, para ayudar a elaborar futuros programas de Preparación y de Combustibles peligrosos. El sistema FPA se someterá a pruebas de campo durante el verano de 2004. La edición y la transferencia tecnológica correspondientes al primer módulo, el de la preparación, comenzarán el 1 de octubre de 2004.

El Sistema FPA tiene las características principales siguientes:

- Utiliza los objetivos de gestión territorial y medioambiental como piedra angular de la planificación
- Brinda un enfoque común para la planificación y elaboración de presupuestos de programas contra incendios a los cinco organismos de protección contra incendios forestales
- Expone equilibrios para atender los diversos objetivos de la protección contra incendios a cualquier nivel presupuestario, como la protección de diversos recursos naturales y culturales, y la protección de infraestructuras y propiedades
- Ayuda a cuantificar requisitos significativos de rentabilidad conforme a la Ley de Resultados y Eficacia del Gobierno y al Plan Nacional contra Incendios
- Facilita la colaboración entre las unidades de planificación de las diversas agencias federales y los gobiernos tribales, estatales y locales.

Planificación común entre agencias de protección contra incendios

Los planes de protección contra incendios identifican e integran todas las actividades de protección contra incendios forestales y afines en el contexto de los planes de gestión territorial y de recursos aprobados. Definen un programa para controlar el fuego en los espacios naturales (incendios forestales, quemas prescritas y utilización del fuego en los espacios naturales). El plan de protección contra incendios se complementa con planes operativos, como son, sin carácter exhaustivo, los planes de preparación, los planes predefinidos de envío de medios, los planes de quemas controladas y los planes de prevención. Los Planes de Protección contra Incendios aseguran la coordinación de los objetivos y componentes de la protección contra incendios forestales.

Para facilitar la implantación del FPA, las agencias forestales federales han desarrollado la Plantilla de Plan de Protección contra Incendios (FMP) que normaliza la elaboración y el contenido de los planes de protección contra incendios. La Plantilla FMP común de todas las agencias, aprobada en junio de 2002, es un proceso único de planificación a escala territorial que considera:

- Las metas y objetivos recogidos en los planes de gestión territorial,

- Los objetivos y los elementos de rentabilidad contenidos en los Planes Estratégicos de agencia incluidos en la Ley de Resultados y Eficacia del Gobierno; y

- Los indicadores de eficacia contemplados en el Plan de Implantación a Diez Años del "Planteamiento en colaboración para reducir los riesgos por incendios forestales para los habitantes y el medio ambiente".

La Plantilla FMP común también fomenta el desarrollo de objetivos e indicadores locales que reflejen las aportaciones del gobierno local, el público, las partes interesadas y demás implicados en la gestión territorial. En cualquier caso, estos objetivos locales deben ser acordes con las metas y objetivos recogidos en los planes federales de gestión territorial.

Inclusión de objetivos mensurables en los Planes de Protección contra Incendios

El sistema de Análisis de Programas contra Incendios también exige que los responsables dispongan de un conjunto de objetivos mensurables que satisfagan las necesidades de la planificación de la gestión territorial y de la implantación del programa contra incendios.

Los objetivos mensurables deben basarse en los resultados y ser útiles a efectos de responsabilidad tradicional. Hasta ahora, las iniciativas de elaboración de presupuestos se centraban en las actividades, pues se consideraba más práctico medir los procesos y actividades de las agencias que sus consecuencias. El FPA utiliza los objetivos mensurables contenidos en los planes de protección contra incendios desarrollados a partir de las instrucciones del plan de gestión territorial y evalúa no sólo la eficiencia sino también la eficacia.

Los responsables de protección contra incendios han manifestado su insatisfacción respecto a los actuales requisitos de evaluación e información. Explican que la identificación y declaración de los costes y números de acres tratados resultan inadecuadas para describir los logros del programa y medir sus resultados. Los responsables de protección son evaluados en función de sus niveles de eficiencia en un proceso que proporciona poca o ninguna información sobre si se han alcanzado los resultados perseguidos.

"Necesitamos un sistema de indicadores mejor, que no se base en los costes de tratamiento y el número de acres tratado. Todo se centra en la eficiencia, no en los resultados. Necesitamos evaluar en función del objetivo de la actividad de protección contra incendios. También necesitamos una estrategia de gestión de combustibles para la protección contra incendios que se traduzca en resultados. Algo que nos ayude a fijar prioridades en nuestro trabajo."

Cuando se les pidió que expusieran formas de evaluación alternativas, los responsables de protección abogaron por el desarrollo de un sistema que mida más claramente el resultado y la meta deseada para cada estrategia o actividad.

Los responsables de protección contra incendios entrevistados pidieron valores de indicadores o escalas de variación aceptables que describan el estado o el cambio de condiciones como un resultado de las actividades que gestionan. Varios defendieron patrones o escalas relacionados con metas y objetivos pluridisciplinarios

que permitan describir la salud y la sostenibilidad del ecosistema, así como de los habitantes y de la seguridad pública.

La mayoría de los responsables mencionó la complejidad de encontrar indicadores adecuados del éxito de un programa. Buena parte de los indicadores que permitirán describir el impacto de las quemas prescritas sólo serán significativos a muy largo plazo. Por eso, los responsables de protección contra incendios son conscientes de la necesidad de fijar objetivos mensurables intermedios, que permitan evaluar los programas a corto plazo.

Los responsables de protección contra incendios indicaron que tienen que encontrar la forma de explicar las ventajas a largo plazo y el valor añadido que aportan las quemas prescritas recurriendo a valores de recursos en vez de a recursos de tipo mercantil. Esto supone medir los impactos sociales y culturales de las quemas prescritas.

Por último, varios responsables de protección contra incendios desean indicadores sobre los impactos sociales y culturales de la utilización del fuego. El Plan Nacional Contra Incendios y la Estrategia Exhaustiva de Protección de los Habitantes y el Medio Ambiente destacan la protección de las zonas limítrofes de alto riesgo, haciendo especial hincapié en el tratamiento de los ecosistemas adaptados al fuego a cortos intervalos. Los responsables piden pues alguna forma de evaluación que les ayude a evaluar la inversión y los logros.

La transición de la evaluación de programas actual al análisis de programa de incendios

Las estrategias y objetivos de los programas de las agencias nacionales empiezan a expresarse en forma de objetivos perseguidos. Buena parte de este trabajo está relacionado con la Ley de Resultados y Eficacia del Gobierno (GPRA) de 1993. Pero en parte de la planificación, la dotación presupuestaria y la implantación de programas se siguen aplicando medidas de eficiencia. La información transmitida a la jerarquía superior consiste en los costes y el número de acres tratados, que generan una ratio de eficiencia utilizada a menudo para tomar decisiones de dotación presupuestaria.

A los responsables de protección contra incendios se les pide cuentas ante todo sobre los aspectos de costes y cantidad. En este contexto, se atribuye una importancia secundaria a las cuestiones de eficacia. La GPRA estipula que las actividades programadas y los indicadores deben estar directamente relacionados con las consecuencias perseguidas, y deben considerar la eficacia. La información que los indicadores aportan sobre la forma y el grado del impacto de los programas en las condiciones deseadas cobra importancia a varios respectos.

En primer lugar, permite a las agencias informar con precisión sobre la eficacia de las estrategias y actividades del programa. En la elaboración de presupuestos basada en la rentabilidad y en la GPRA, la información facilitada ilustra a la agencia y a los responsables políticos y administrativos sobre el éxito de los programas, o sobre si hay que modificar el programa. También indica al público si los programas están consiguiendo realmente los resultados que las agencias consideran importantes. A nivel de campo, la información interna sobre la eficacia del programa es una valiosa herramienta para los responsables de protección contra incendios, pues les

permite introducir cambios en la implantación sobre el terreno, sobre todo si dicha información llega rápidamente.

En segundo lugar, a la vista de la información facilitada por los indicadores, los responsables de protección contra incendios pueden empezar a financiar en función de los resultados, y no sólo la eficiencia. Cuando los impactos de las actividades se evalúan a partir de los cambios en las condiciones, las decisiones de financiación se toman en función de las actividades que más eficientemente alcanzan los resultados perseguidos. Si a esta ecuación se le añade información sobre la eficiencia, los responsables de protección contra incendios pueden financiar las actividades que presentan la mejor relación entre coste y beneficio, en vez de guiarse por la relación entre coste y actividad. Esta información es útil para definir las estrategias y prioridades de los programas.

Por último, en el proceso de comprobación de la correlación entre los indicadores de eficacia y de los resultados del programa con los resultados perseguidos, los responsables de protección contra incendios pueden descartar las medidas e indicadores que no proporcionan indicaciones útiles y sustituirlos por indicadores que presenten una fuerte correlación con los resultados. Este proceso lleva su tiempo. Para implantar correctamente un proceso de evaluación de resultados hay que revisar periódicamente los indicadores de programa elegidos, para ir incorporando la experiencia adquirida y las nuevas políticas. Los objetivos de programa mensurables se añadirán y suprimirán de la larga lista de indicadores del programa para ir determinando cada vez con mayor precisión las actividades del programa que más inciden en los resultados perseguidos.

Los especialistas federales de todas las agencias contra incendios forestales trabajan con ese fin. En respuesta a la preocupación política, centran sus esfuerzos en los objetivos, estrategias programáticas, la responsabilidad, indicadores y procesos de información sobre programas de interés común.

El Sistema de Análisis de Programas contra Incendios (FPA) ayudará a los especialistas federales en incendios forestales a pasar de medir la actividad a medir los resultados y consecuencias. El FPA es una herramienta de planificación presupuestaria estratégica y no táctica. Esta herramienta evalúa la eficacia de los programas alternativos de gestión ordenada del fuego. Proporciona a los responsables de protección contra incendios un proceso que les ayuda a definir la responsabilidad, así como indicadores de eficacia que permiten medir el grado de éxito. Tiene una orientación por objetivos y se basa en la rentabilidad, pues evalúa la relación entre coste y beneficio y no sólo la eficiencia. También ayuda a determinar los equilibrios necesarios para alcanzar los objetivos a diversos niveles presupuestarios. Es una herramienta de evaluación de programas común para todas las agencias, pues identifica eficiencias en la utilización conjunta de recursos contra incendios entre jurisdicciones. Por último, cuando esté terminado, contemplará todo el ámbito de actividades de protección contra incendios.

El alcance completo del FPA analizará:

- La respuesta inicial de extinción y utilización del fuego
- El ataque ampliado, el apoyo en grandes incendios, y los recursos nacionales
- La gestión de quemas prescritas y combustibles
- La prevención y educación

- La estabilización y recuperación de emergencias

Basándose en los planes de gestión del entorno de las agencias, el FPA evalúa el estado actual del entorno y define su estado deseado. Los especialistas en incendios forestales deben identificar las diferencias entre el estado deseado y el estado actual, y determinar qué papel debe desempeñar la protección contra incendios forestales para conseguir el estado deseado.

Los planes de protección contra incendios describen el estado deseado y definen como metas y objetivos de gestión de recursos a partir del plan de gestión territorial. La plantilla FMP traslada e esta instrucción a las unidades de protección contra incendios (FMU) que definen espacialmente los objetivos, normas y directrices de gestión territorial en el contexto de la protección contra incendios forestales. Las unidades de protección contra incendios:

- Especifican las metas y objetivos de extinción que permiten conseguir el estado deseado
- Especifican enfoques o estrategias programáticos para la protección contra incendios
- Definen indicadores de éxito a un plazo adecuado (indicadores de eficacia)
- Contemplan la seguridad pública y de los cuerpos de bomberos en todos los aspectos de las estrategias de protección contra incendios
- Describen los aspectos sensibles en el ámbito social, económico y de recursos y su relación con las estrategias y objetivos de protección contra incendios.

Una unidad de protección contra incendios es cualquier área de gestión territorial definible por objetivos, requisitos de protección, características topográficas, acceso, valores protegidos, límites políticos, tipos de combustible, grandes grupos de regímenes de incendio y demás, que lo diferencian de las características de gestión de la unidad de protección contra incendios adyacente. Las unidades tienen objetivos de protección dominantes, y se les asigna estrategias seleccionadas previamente para alcanzar dichos objetivos.

Los objetivos de las unidades de protección contra incendios son determinantes para el Sistema de Análisis de Programas Contra Incendios. Los objetivos FMU son una síntesis de los objetivos de la política federal contra incendios, los del plan de gestión de espacios naturales, y los de evaluación de resultados nacionales. También pueden reflejar cuestiones locales que afecten a la seguridad pública o la protección de los habitantes. Es muy importante que estos objetivos detallados en cada FMU no estén reñidos con la instrucción contenida en el plan de gestión territorial. La unidad de protección contra incendios destaca una estrategia concreta de protección contra incendios destinada a conseguir el estado deseado en el entorno y el objetivo de gestión territorial a la vez que articula objetivos mensurables fundamentales que ayudarán a determinar el éxito o la adecuación de la estrategia de protección contra incendios.

Elementos fundamentales del Sistema de Análisis de Programas contra Incendios

El FPA exige recabar datos de programa que ayuden a los responsables políticos y de la protección contra incendios a definir estrategias y prioridades de programa que generen las consecuencias perseguidas por la agencia. El FPA se centra en los objetivos FMU y los traduce en indicadores significativos para el modelo de análisis. El FPA extrae, documenta y traslada los objetivos de los planes de protección contra incendios a cada una de las unidades.

El proceso de ponderación se basa en los objetivos específicos de protección contra incendios, así como en los valores que hay que proteger. El FPA pondera los objetivos de cada FMU basándose en la importancia relativa de aspectos como la protección de la FMU contra el fuego indeseado, o la utilización de las quemas en entornos naturales para alcanzar los objetivos impuestos por las limitaciones presupuestarias y de recursos de respuesta inicial. Es muy importante utilizar un proceso de ponderación interdisciplinario o común a todas las agencias.

Las FMU se ponderan en función de variables como el momento del año y los niveles de intensidad del fuego. Las ponderaciones indican la importancia relativa de la protección la FMU contra incendios, o de las quemas deseables a diversos niveles de intensidad del fuego y en distintos momentos del año, partiendo del carácter limitado de los recursos. El nivel de intensidad del fuego es un índice de calificación basado en la altura de las llamas, así como un indicador de peligro de incendio que califica el ritmo de propagación del fuego. El Nivel de Intensidad del Fuego (FIL) y el momento del año ayudan a modelar el episodio de incendio en función de sus daños potenciales a los recursos (ver Figura 1).

Las ponderaciones asignadas a los objetivos de una FMU también dependen de otros objetivos ponderados asignados a otras FMU de la misma unidad de planificación. Ejemplo 1: es más importante extinguir incendios de alta intensidad en una FMU, mientras en otra FMU se mantienen fuegos de baja intensidad deseables que se gestionan por motivos de recursos. Ejemplo 2: es más urgente extinguir un incendio en una FMU limítrofe entre entorno urbano y entorno natural que en una FMU en zona despoblada o natural.

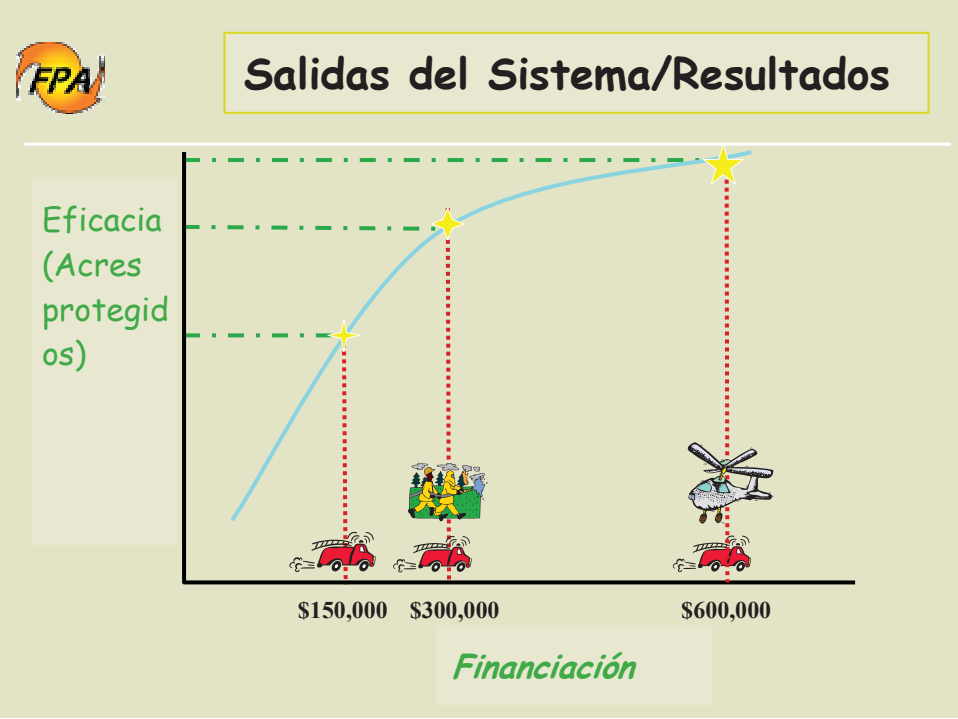
En el proceso de ponderación, el FPA negocia estos objetivos para determinar las ponderaciones deseables (positivas) e indeseables (negativas) de los resultados producidos. Por ejemplo, una unidad de planificación puede tener varias FMU cuyas estrategias varían desde la protección de los habitantes en las áreas limítrofes entre entorno urbano y entorno natural, hasta la restauración del papel natural del fuego en entornos naturales silvestres, o la restauración de especies o hábitats. El FPA clasifica estos resultados y sus correspondientes objetivos mensurables para determinar las prioridades de trabajo y los niveles presupuestarios necesarios para alcanzar esos objetivos (ver Figura 2).

Figura 1--Relación entre la Instrucción del Plan de Gestión territorial, los Planes de Protección contra Incendios y las Entradas del Análisis de Programas contra Incendios (FPA, enero 2003).

Ejemplo:
Objetivos de extinción

Plan de gestión territorial	Plan de gestión de recursos	Plan de protección contra incendios	Entradas del FPA por FMU
Instrucción general	Instrucción específica	Objetivo detallado y cuantificado	Umbral de daños – acres por FIL
Extinguir todos los fuegos indeseables	Proteger el hábitat T & E crítico contra los daños causados por fuegos indeseados, en especial los de alta intensidad	Durante los 5 próximos años, en la FMU XX, el 95% de los fuegos indeseados en hábitat T & E se controlan durante el ataque inicial	Las quemas espontáneas en la FMU XX deben ser inferiores a 100 acres a >FIL 3 entre abril y junio – Ponderación = 8 (gran importancia relativa)

Figura 2 – Ejemplo de resultado del Análisis de Programa contra Incendios (FPA, enero 20003).



Dificultad del desarrollo de objetivos mensurables para FPA y FMP

La mayor dificultad en la implantación del FPA consistirá en identificar objetivos e indicadores mensurables y significativos. Una buena evaluación de la eficacia exige saber qué indicadores de programa tienen la correlación más significativa con los resultados perseguidos. En la definición de los indicadores de eficacia confluyen la ciencia y el arte, pues los responsables combinan los supuestos lógicos y racionales de la política y los programas con las actividades primarias designadas a producir resultados.

Para cada conjunto de supuestos y actividades, hay que disponer de una serie de indicadores que comprueben si la lógica y los supuestos del programa desembocan realmente en los resultados perseguidos. Los especialistas de protección contra incendios saben que muchos de estos indicadores serán pluridisciplinarios, indicadores ecológicos de ecosistemas resistentes y sostenibles, así como indicadores sociales y económicos que miden las necesidades del público y la protección de los habitantes. La dificultad adicional es conseguir que la agregación de indicadores a nivel nacional se traduzca en una estructura presupuestaria abordable y coherente. El reto de la definición de objetivos mensurables es garantizar que los indicadores sean significativos tanto para los responsables de protección contra incendios a nivel de campo como para los responsables políticos de alto nivel.

Resumen

La implantación del Sistema de Análisis de Programas contra Incendios llevará su tiempo. Hemos visto que muchos indicadores fundamentales y objetivos mensurables para la protección contra incendios forestales son resultados a largo plazo que se extienden sobre décadas. Habrá que trabajar largo tiempo para adoptar indicadores a corto plazo que proporcionen indicaciones intermedias de los resultados de la protección contra incendios forestales. Pero el FPA es un paso inmediato importante para acrecentar la responsabilidad en este campo. También proporciona a los responsables políticos datos de rentabilidad del programa federal de protección contra incendios forestales que permiten medir el éxito conseguido por nuestros supuestos, estrategias y actividades programadas.

No se puede esperar que el FPA resuelva el conflicto inherente al proceso político de dotación de recursos, y las decisiones finales sobre los programas deberán tomar en cuenta muchos factores además de la rentabilidad.

Para los planes de gestión territorial y de recursos es fundamental desarrollar objetivos, definir los estados deseados y los objetivos de recursos que expresen el papel adecuado del incendio forestal en el entorno natural. El público y las partes interesadas deben participar en la planificación de la gestión territorial, para garantizar que los objetivos de ésta también tengan en cuenta los valores económicos y sociales. Los procesos críticos, como la planificación, implantación e información sobre actividades, necesitan la comprensión y el apoyo de interlocutores de otras jurisdicciones públicas, grupos de interés especial y propietarios privados.

El proceso FPA es un esfuerzo a largo plazo, por lo que no cabe esperar un impacto presupuestario inmediato. Gracias a la implantación del FPA, los programas de protección contra incendios forestales pasarán de informar sobre un único dato

sobre resultados dimensionales, a proporcionar una información de gestión basada en las consecuencias; cuya vital importancia para tomar decisiones acertadas que resistan la prueba del tiempo en el servicio público comprenden ahora los especialistas y responsables.

Bibliografía

USDA FS, USDI. September, 2000. Managing the impact of wildfires on communities and the environment – A report to the President in response to the wildfires of 2000.

UADA FS, USDI. August, 2001. A collaborative approach for reducing wildland fire risks to communities and the environment – 10 year comprehensive strategy. Western Governors' Association.

Western Governors' Association. May, 2002. A Collaborative Approach for Reducing Wildland Fire Risks to Communities and the Environment – 10 Year Comprehensive Strategy – Implementation Plan.

Land Management Considerations in Fire-adapted Ecosystems: Conceptual Guidelines. USFS. (1996).

Managing the Impacts of Wildland Fires on Communities and the Environment – The National Fire Plan. USDA FS, USDI. (2001). www.fireplan.gov/references.

Policy Implication of Large Fire Management: A Strategic Assessment of Factors Influencing Costs. USDA FS. (2000). www.fs.fed.us/fire/planning/Large_Fire_Mgt.pdf.

Protecting People and Sustaining Resources in Fire-adapted Ecosystems – A Cohesive Strategy. USDA FS, USDI. (July, 2002).www.fs.fed.us/publications.

Blue Print for Fire Planning. Rideout, Douglas B., Botti, Stephen J. (July/August, 2002). Journal of Forestry, Vol. 100, No 5.

Designing Effective Performance Measures. National Academy of Public Administration (NAPA). Washington, DC. (1999).

Federal Wildland Fire Management Policy and Program Review Report. USDA FS, USDI. Washington, DC. (1995). www.fs.fed.us/publications.

Thirty Mile Hazard Abatement and Accident Prevention Plan. USDA FS. Washington, DC. (2002). www.fs.fed.us/publications.

Implementing the Government Performance and Results Act: Performance Measurement in the US Forest Service. Robertson, S. (1998). University of Oregon.

Esta página se deja en blanco intencionadamente.

Sistema de Análisis del Programa de Incendios–Módulo de Preparación[1]

H. Roose,[2] L. Ballard,[3] J. Manley,[4] N. Saleen,[5] S. Harbert[6]

Resumen

Después de la temporada de incendios de 1994 en Estados Unidos las cinco agencias y oficinas federales de incendios de tierras no cultivadas pertenecientes a los departamentos de agricultura e interior junto con Eswith, los guardabosques estatales realizaron una revisión de la política federal de incendios. La falta de un sistema común de planificación y asignación de presupuestos de incendios inter-departamentales se identificó como un punto débil entre las agencias federales. El plan de implantación identificó uno de sus puntos de acción como el desarrollo e implantación de un sistema común de planificación y asignación de presupuestos de incendios interdepartamental.

El Fire Program Analysis System – Preparedness Module (FPA-PM) (sistema de análisis del programa de incendios - módulo de preparación) incorpora el uso del National Fire Danger Rating System, Energy Release Component (sistema nacional de clasificación del peligro de incendios, componente de liberación de energía) para el desarrollo de distribuciones de probabilidad de humedades de la materia combustible con distribuciones de probabilidad asociadas de velocidad del viento para utilizarlas en el cálculo de la evolución de los incendios. Los datos de observaciones meteorológicas para la distribución de velocidades del viento y humedades de la materia combustible son con frecuencia problemáticos o faltan. El FPA-AM utiliza una base de datos meteorológica GRID para suplir las observaciones meteorológicas cuando faltan datos locales.

El uso de un modelo optimizado para desarrollar una frontera económica para la planificación de incendios como un componente clave del FPA-PM es un nuevo proceso para las cinco agencias federales de incendios en tierras no cultivadas. El modelo depende de objetivos de gestión de la tierra y de estrategias de gestión de incendios, reflejados en los pesos asignados a cada Fire Management Unit (FMU) (unidad de gestión de incendios). Los pesos reflejan la prioridad o importancia relativa para el ataque inicial y el uso de incendios en tierras no cultivadas para asignar recursos de una FMU a otra.

Los resultados del FPA-PM se utilizarán para el desarrollo de la solicitud de presupuesto del ejercicio fiscal de 2007 para las cinco agencies y oficinas federales de incendios de tierras sin cultivar.

---

[1] Una versión abreviada de esta ponencia se presentó en el segundo simposio internacional sobre economía, política y planificación de incendios: una visión global, 19-22 de Abril de 2004, Córdoba, España.

[2] Bureau of Land Management, National Interagency Fire Center, 3855 south Development Avenue, Boise, Idaho 83705; hroose@blm.gov.

[3] U.S. Fish and Wildlife Service, National Interagency Fire Center, 3855 South Development Avenue, Boise, Idaho 83705; lballard@blm.gov.

[4] National Park Service, National Interagency Fire Center, 3855 South Development Avenue, Boise, Idaho 83705; jeff_manely@nps.gov.

[5] USDA Forest Service, National Interagency Fire Center, 3855 South Development Avenue, Boise, Idaho 83705; nikki_dyke@fs.fed.us.

[6] Bureau of Indian Affairs, National Interagency Fire Center, 3855 South Development Avenue, Boise, Idaho 83705; sharbert@blm.gov.

Introducción

Después de la temporada de incendios de 1994 en Estados Unidos las cinco agencies y oficinas federales de incendios de tierras no cultivadas pertenecientes a los departamentos de agricultura e interior junto con los guardabosques estatales realizaron una revisión de la política federal de incendios de tierras sin cultivar. La falta de un sistema común de planificación y asignación de presupuestos de incendios inter-departamentales se identificó como un punto débil entre las agencias federales. El plan de implantación de la Federal Fire Policy (política federal de incendios) identificó uno de sus puntos de acción como el desarrollo e implantación de un sistema común de planificación y asignación de presupuestos de incendios inter-departamentales. Al terminar la temporada de incendios de 2000 en Estados Unidos, se realizó otra revisión de la política federal de incendios de tierras no cultivadas). Uno de los resultados de la revisión de 2000 fue el plan nacional de incendios desarrollado como parte de la respuesta a la temporada de incendios de 2000 en Estados Unidos. Un punto de acción del consistía en evaluar la viabilidad de desarrollar un proceso común de planificación y asignación de presupuestos para uso de agencias de incendios de tierras no cultivadas locales, estatales y federales. Este punto de acción fue asignado al guardabosques estatal de Colorado, Jim Hubbard; a esto siguió un informe titulado "Developing a Landscape-scale Fire Planning Analysis and Budget Tool" (desarrollo de una herramienta de análisis y presupuestos de planificación de incendios a escala del paisaje) (conocido también como informe Hubbard). El informe proporciona orientación y una estructura conceptual para el diseño y construcción del Fire Program Analysis System Core Team (equipo fundamental del sistema de análisis del programa de incendios).

Después de la aceptación del informe Hubbard por las distintas agencias de gestión de la tierra, una sesión informativa dedicada al Congreso de Estados Unidos dio por resultado unas instrucciones para diseñar, construir e implantar un análisis centrado en la preparación para el ataque inicial, conocido ahora como el Fire Program Analysis Preparedness Module (FPA PM) (Análisis del programa de incendios - Módulo de preparación). La fecha para la implantación del módulo de preparación es el 1 de octubre 2004 y los resultados del análisis se utilizarán para desarrollar el presupuestado de preparación del ejercicio fiscal de 2007. Están previstos módulos del FPA adicionales en los próximos años para satisfacer las necesidades de planificación y asignación de presupuestos de otros elementos de los programas de gestión de incendios (por ejemplo, gestión de grandes incendios y materias combustibles).

Organización para el éxito

Tras la recepción de las instrucciones del Congreso con la fecha de implantación correspondiente, el National Fire and Aviation Management Executive Board nombró un director del proyecto y un líder de actividades del equipo fundamental. Estas personas prepararon un plan general del proyecto que contenía el alcance del proyecto, el presupuesto previsto y la organización asociada para asegurar el éxito. Esta organización incluía un equipo fundamental constituido por representantes de cada una de las cinco agencias y oficinas federales de incendios de tierras no cultivadas que forman la mayor parte de la protección contra incendios de tierras no cultivadas para Estados Unidos. Las agencias y oficinas de las agencias federales de incendios de tierras no cultivadas son el United States Department of Agriculture, United States

Forest Service y United States Department of Interior, Bureau of Land Management, Bureau of Indian Affairs, Fish and Wildlife Service y National Park Service.

El equipo fundamental lo dirige un equipo de dirección para asegurar que los requisitos empresariales para la preparación del ataque inicial y uso de los incendios de tierras no cultivadas estén representados dentro del análisis de la preparación.

Entradas del modelo de preparación

La Fire Planning Unit (FPU) (unidad de planificación de incendios) es la extensión geográfica de la zona de gestión de incendios que será objeto de análisis con el FPA PM. Una FPU puede representar a una o varias agencias y tendrá asignado un único escenario de incendios. El escenario de incendios es una representación modelada estadísticamente de los incendios dentro de una FPU. Un año de incendios se puede subdividir en períodos de sensibilidad. Los períodos de sensibilidad se miden por intervalos de dos semanas a lo largo del año natural y se utilizarán para captar la variabilidad estacional del objetivo de recursos/gestión de incendios. Los períodos de sensibilidad comienzan el 1 de enero y terminan el 31 de diciembre.

Los períodos de sensibilidad permiten al usuario cambiar la importancia relativa de la gestión de casos de incendio modelados dentro de la FPU a lo largo del año.

La FPU está subdividida en Fire Management Units (FMU) (unidades de gestión de incendios). Las FMU son polígonos designados espacialmente por objetivos, limitaciones de gestión, características topográficas, acceso, valores a proteger, límites políticos, tipos de materias combustibles, grupos principales de regímenes de incendio, etc. que diferencian las características de gestión de una unidad de las de otra unidad adyacente. Las FMU son la superficie geográfica básica utilizada en el FPA PM. Con cada FMU se asociarán casos modelados de incendios, importancia relativa (pesos) y tiempos para la llegada de recursos contra incendios desde los lugares de envío.

Declaración de los incendios y evolución de los incendios

Se utilizará la aplicación Personal Computer Historical Analysis (PCHA) (análisis histórico de ordenador personal) para proporcionar un análisis histórico de los casos de incendio y de la evolución de los incendios en el FPA PM. La aplicación PCHA desarrollará un escenario de incendios probabilístico para la FPU y calculará la evolución de los incendios para el caso de incendio modelado individualmente.

La probabilidad de que se declare un incendio se calcula sobre la base de los datos históricos de casos de incendio para la FPU. En el oeste de Estados Unidos y Alaska la mayoría de los incendios incontrolados son causados por rayos. Las condiciones meteorológicas que producen incendios causados por rayos dan por resultado típicamente declaraciones de incendios simultáneas. Estos incendios, junto con los que se declaran individualmente se representan dentro de un escenario de incendios. Los incendios que tienen características similares de evolución, como los que se producen con un nivel de intensidad del incendio 1, se pueden agrupar. Los Fire Intensity Levels (FIL) (niveles de intensidad de los incendios) son representaciones de las longitudes de las llamas que se dividen en categorías como se describe en la tabla 1.

Los datos del caso de incendio con la evolución del incendio asociada se pasa a un transformador de datos (que se describe más adelante) en su camino hacia la rutina de optimización.

Para que sea posible calcular la distribución de frecuencias de incendios, tiene que ser conocido el lugar de cada incendio histórico registrado para que pueda ser asignado a una FMU. El número total de incendios marcados dentro de cada FMU tiene asociados elementos de datos que los describen, uno de los cuales es la fecha de descubrimiento. Utilizando la fecha de descubrimiento, se puede calcular una probabilidad de un caso de incendio modelado y de incendios simultáneos que podrían ocurrir en cualquier día dado.

El PCHA se utilizará para determinar los atributos de la evolución del incendio del escenario de incendios para utilizarlos dentro de la rutina de optimización. Otras entradas de la evolución de los incendios en el PCHA para uso en el FPA PM son el tipo de materias combustibles, las condiciones meteorológicas, la humedad de la materia combustible, la pendiente, la altitud y la orientación. El FPA PM utiliza modelos de materia combustible superficial y de la capa de follaje asociada, altura del tronco, altura de la base de la copa y densidad aparente de la copa, para modelar el potencial de incendio pasivo y activo de la copa.

Los datos meteorológicos en términos de velocidad del viento y humedad relativa se pueden obtener de una estación meteorológica de incendios que esta asociada con la FMU o se pueden recuperar de la base de datos meteorológicos GRID. La base de datos meteorológicos GRID utiliza todas sus estaciones meteorológicas disponibles dentro de una zona para determinar la cobertura para todas las zonas de interés dentro de Estados Unidos.

La opción meteorológica GRID interpola datos meteorológicos de estaciones conocidas y los aplica a puntos de declaración de incendios para casos de incendios modelados. Los datos meteorológicos GRID se ajustan para tener en cuenta cambios en pendiente, orientación y altitud.

Las humedad desde las materias combustibles utilizadas como entradas en el PCHA para cálculos de la evolución de los incendios se determinarán para todas las FMU dentro de una FPU sobre la base del National Fire Danger Rating System (NFDRS) (sistema nacional de clasificación de peligros de incendio), modelo de materia combustible G. Este modelo es el único modelo de materia combustible dentro del NFDRS que contiene todas las clases de tamaños y categorías de materias combustibles, es decir, una hora, 10 horas, 100 horas, 1000 horas, hierbas vivas y materia leñosa. Utilizando el Energy Release Component (ERC) (componente de liberación de energía) para el modelo de materia combustible G (ERCg) junto con los datos de declaraciones de incendios, se ha realizado un análisis de regresión que cubre toda la nación (incluida Alaska), para determinar la probabilidad de que se declare un incendio. Sobre la base de la percentila de ERCg calculada por FMU, hay humedades de la materia combustible correlacionadas para cada una de las clases de tamaños de materias combustibles. Estas humedades de las materias combustibles se utilizarán con distribuciones asociadas de la velocidad del viento, conjuntamente con cada modelo de materia combustible superficial del Fire Behavior Prediction System (FBPS) (sistema de predicción de la evolución de los incendios) y los atributos de follaje identificados dentro de una FMU, para calcular una velocidad de propagación y longitud de las llamas para cada combinación de humedad de la materia combustible y velocidad del viento. La pendiente, altitud y orientación se introducirán en el PCHA

por medio de sus proporciones representativas como preparación para el uso del análisis probabilístico.

Las salidas del PCHA que se utilizarán en la rutina de optimización del FPA PM son la Rate of Spread (ROS) (velocidad de propagación) y el Fire Intensity Level (FIL) (nivel de intensidad del incendio). La velocidad de propagación se utilizará para determinar la magnitud del perímetro de la línea de incendio que existe en distintos períodos de tiempo.

Tabla 1— *Niveles de intensidad del incendio (FIL)*

FIL	Longitud de la llama
1	0 – 2
2	2.1- 4
3	4.1 – 6
4	6.1 – 8
5	8.1 – 12
6	12.1 +

Los niveles de intensidad del incendio se utilizan para comunicar los efectos que tendrá el incendio sobre recursos naturales y culturales. Los niveles de intensidad del incendio sirven también de ayuda para determinar la eficacia que distintos recursos de incendios tendrán en relación con la interrupción de la propagación del incendio. Como orientación, personas que dispongan únicamente de herramientas manuales no resultarán eficaces para detener la propagación de incendios con longitudes de llamas superiores a cuatro pies y necesitarán ayuda de máquinas, excavadoras, aviones cisterna o cualquier combinación de recursos mecánicos y aéreos capaz de producir cadenas de líneas de incendio.

Recursos de incendios

El modelo de reparación (PM) requiere varias entradas, la mayoría de las cuales se pasan al transformador de datos y luego a la rutina de optimización, como se muestra en la figura 1. Los datos de recursos de incendios con sus atributos asociados se caracterizan por su tiempo de viaje, coste de despliegue y tasa de producción (cadenas por hora) desde un lugar de envío hasta un punto de carga de trabajo. La versión inicial del FPA PM sólo tiene un punto de carga de trabajo por FMU. Los puntos de carga de trabajo se utilizan para calcular el tiempo de llegada de recursos de incendios desde su lugar de envío a la zona afectada o donde se realiza generalmente el trabajo.

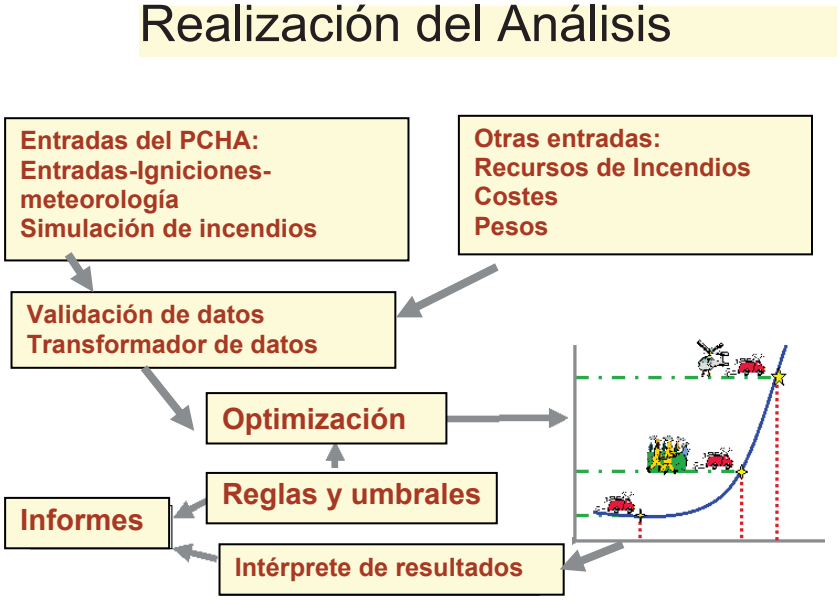


Figura 1— Realización del análisis

La velocidad de producción de la línea de incendio utilizada para un recurso de incendios específico se determina por clase, categoría, tipo y personal en relación con el modelo de materia combustible superficial y unas condiciones específicas junto con un porcentaje de pendiente asociado. Las velocidades de producción de líneas de incendios de recursos de incendios se asignan a cada recurso de incendios con base en tierra, incluidos "helitack", "rappelers" y "smokejumpers", utilizando normas desarrolladas por el National Wildfire Coordinating Group, Fire Equipment Working Team.

Pesos

Un elemento crítico de información que necesita el sistema para traducir objetivos de gestión en tierra para respuesta inicial a la fórmula de optimización es una indicación de importancia relativa para responder a declaraciones de incendios no planificados en distintas circunstancias. Esto se logra mediante la aplicación de pesos relativos a cada FMU perteneciente a la FPU. Para declaraciones de incendios modeladas para ataque inicial agresivo, el modelo toma conceptualmente los pesos aplicados a cada unidad de gestión de incendios y los multiplica por la superficie no quemada para cada análisis. El resultado se denomina acres protegidos ponderados (WAP). El modelo matemático pretende maximizar el número de acres protegidos ponderados a lo largo de una temporada de incendios.

Optimización

El modelo de preparación del FPA utilizará un planteamiento de optimización lineal (programación entera) para establecer la frontera de economía (véase la figura 2) de los acres protegidos ponderados (WAP). El programa de enteros maximizará los acres ponderados gestionados para un nivel de coste dado. El modelo de optimización se ejecutará entonces de forma iterativa a través de un intervalo de limitaciones del coste

total. El intervalo de los costes totales se determinará por medio de los niveles de costes máximo y mínimo que sea preciso analizar. También se calculará la parte presupuestada del coste total.

El programa de enteros modelará la declaración de un conjunto de incendios incontrolados representativos para cada FIL y período de sensibilidad de cada FMU. Si el objetivo de la gestión de incendios para la declaración de incendios es la extinción, la contención se modela y consigue si la suma de las líneas de incendios construidas excede el perímetro del incendio en cualquier período de tiempo. Los acres quemados darían por resultado una reducción del número total de WAP. Cada recurso de extinción de incendios (por ejemplo, máquinas, equipos manuales, etc.) tiene una velocidad de producción de línea de incendio, coste de preparación y coste de utilización asociados. Si el objetivo de la gestión de incendios para la declaración de incendio es uso del incendio de tierras no cultivadas (WFU), la producción y el coste se estimaría por la duración del caso de WFU.

Los gastos y la efectividad de los incendios de WFU se optimizarán junto con las declaraciones de incendio a extinguir. Los acres quemados en WFU darían por resultado un aumento de los acres ponderados gestionados (WAM) El programa de enteros desplegará recursos de incendios para intentar maximizar la efectividad de la lucha contra incendios de un coste total dado.

Si el modelo es incapaz de gestionar un incendio dentro del coste que tiene asignado, se supone entonces que el incendio ha escapado de la respuesta inicial y que sus dimensiones alcanzan un valor final predeterminado obtenido estadísticamente. Toda la superficie que ha escapado al incendio da por resultado una reducción de los WAM. (Rideout y Kirsch 2002).

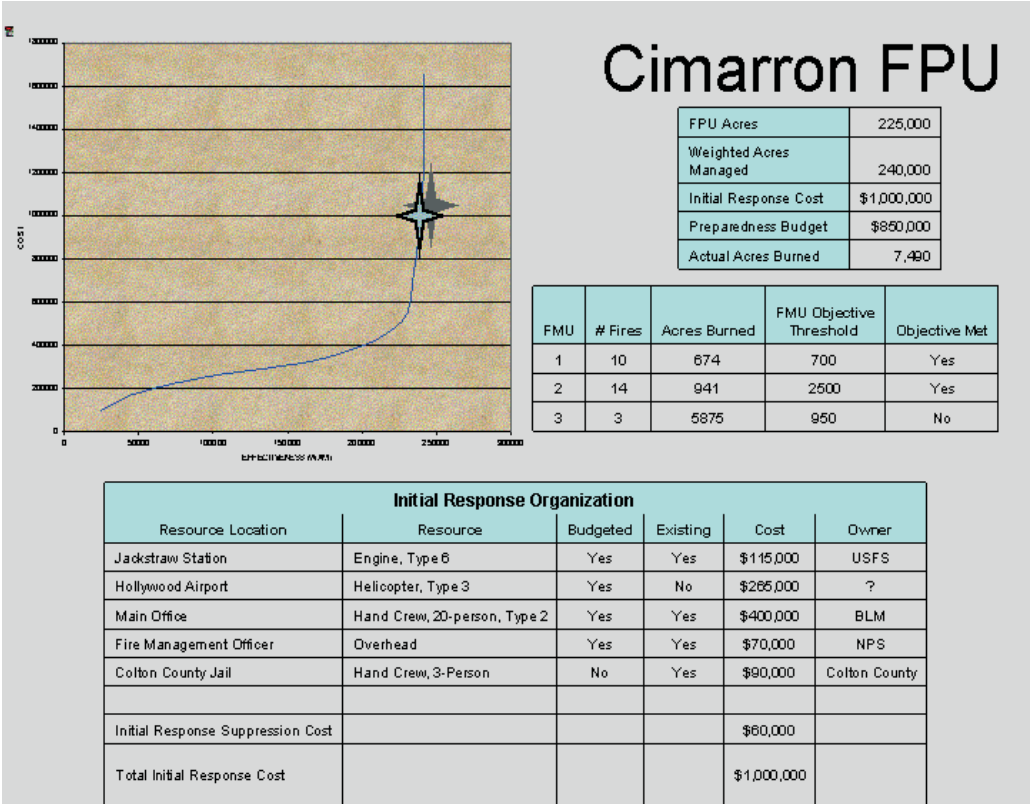


Figura 2— Página de ejemplo de la manera determinar la frontera de economía.

Optimización a posteriori

El transformador de datos pasará ciertos "parámetros de ejecución" al intérprete de resultados al mismo tiempo que inicia una llamada al optimizador. Estos parámetros permitirán que el intérprete de resultados vigile el estado del optimizador poniendo ese estado a disposición de los usuarios que hacen preguntas sobre sus resultados. Si el optimizador lo devuelve un mensaje de "inviable" u otro error, el intérprete de resultados hará las modificaciones necesarias. Una vez que el intérprete de resultados determina que se ha terminado una ejecución individual, iniciará sus funciones primarias.

Incendios del optimizador desglosados

Al transformador de datos se le permite utilizar "atajos" matemáticamente justificables al preparar los datos para el optimizador mediante la agrupación de declaraciones de incendios individuales idénticas en un caso de incendio del optimizador, aumentando los pesos y los costes de la forma correspondiente. El transformador de datos notificará al intérprete de resultados sobre cualquiera de dichos atajos permitido que ha determinado que es conveniente y que ha implantado para cada ejecución. Al ser informado de que se ha terminado una ejecución del optimizador, el intérprete de resultados ajustará las entradas sin procesar del optimizador para restablecer los datos originales del incendio de entrada.

Además, el intérprete de resultados desglosará los importes en dólares por agencia y unidad y creará un presupuesto de capital indicado para envío a lugares o estaciones y recursos de incendios. En los casos en que se necesiten entradas del usuario con objeto de tomar decisiones sobre las salidas del optimizador (por ejemplo, a qué unidad debe pertenecer una máquina si hay indicadas una o más para una estación compartida por distintas agencias), el intérprete de resultados identificará las elecciones necesarias para interacción del usuario. Los usuarios del FPA PM pueden especificar los objetivos de gestión deseados, incluidos acres quemados por FMU, FIL y período de sensibilidad.

El optimizador pasa los resultados de cada declaración de incendio, incluidos los acres quemados, al intérprete de resultados Correlacionado los resultados con otra información variable acerca de cada declaración de incendio (FIL, FMU y período de sensibilidad), el intérprete de resultados puede determinar el cumplimiento de los objetivos deseados.

Este cumplimiento se almacena junto con las demás salidas y está disponible para los informes de los usuarios.

Debe tenerse en cuenta que el Fire Program Analysis System – Preparedness Module y los modelos futuros se encuentran en fase de desarrollo cuando se ha preparado esta ponencia y se está celebrando el simposio.

Para obtener la información más reciente y actualizada en relación con este sistema, puede visitar el sitio web: http://fpa.nifc.gov

Resumen y conclusión

El FPA PM dará por resultado una herramienta común y coherente de asignación presupuestaria y planificación de incendios que será utilizada por cinco agencias federales de gestión de las tierras. El sistema utilizará una representación estadística de casos de incendios históricos y datos meteorológicos y, mediante la aplicación de optimización, determinará la organización de incendios más efectiva para alcanzar los objetivos de gestión de las tierras para distintos niveles presupuestarios. Los

resultados se utilizarán para desarrollar presupuestos nacionales de preparación para incendios y como ayuda para realizar asignaciones presupuestarias a las unidades de campo.

Bibliografía

Developing an Interagency, Landscape-scale Fire Planning Analysis and Budget Tool, Report to the National Fire Plan Coordinators, 2001: U.S.D.A. Forest Service, U.S. Department of the Interior

Deeming, John E., Robert E. Burgan, and Jack D. Cohen, The National Fire Danger Rating System – 1978. US Forest Service INT – 39

Anderson Hal E., Aids to Determining Fuel Models For Estimating Fire Behavior. US Forest Service INT – 122.

Finney, Mark A. 2003. Unpublished; Process for developing the Fire Scenario for the Fire Program Analysis System – Preparedness Module.

Andrews, Patricia L. and Larry S. Bradshaw, 1997, FIRES: Fire Information Retrieval and Evaluation System – A Program for Fire Danger Rating Analysis. US Forest Service INT-GTR-367

Rideout, Douglas B. and Andrew G. Kirsch, 2002, Unpublished; Optimal Deployment for Initial Attack in Support of the Fire Program Analysis (FPA) Preparedness Module (Summary Report of Preliminary Progress).

Rothermel, Richard C. 1983. How to Predict the Spread and Intensity of Forest and Range Fires. US Forest Service, General Technical Report INT-143.

Robertson, Sarah L. and Howard Roose 2003, Fire Management Planning – Developing Strategies and Setting Measurable Objectives for Adaptive Management.

Finney, Mark A. 1998, FARSITE: Fire Area Simulator-Model Development and Evaluation. US Forest Service Research Paper RMRS-RP-4

Esta página se deja en blanco intencionadamente.

Un Modelo de Programación Dinámica para Apoyar la Planificación Estratégica del Manejo del Fuego en Chile[1]

Patricio Pedernera A., Miguel Castillo S., Guillermo Julio A.[2]

Abstract

Los incendios forestales en Chile son un problema muy importante que afecta tanto al medioambiente como a las actividades forestales. Aunque nuestro país presenta un alto nivel de desarrollo en cuanto a las operaciones de presupresión y combate, en los últimos 15 años, la eficacia de nuestros sistemas de protección (medida a través del tamaño promedio de los incendios) se ha mantenido constante, pero los presupuestos destinados a la protección han ido creciendo sostenidamente, en particular en el sector privado. El sector público por su parte, se ha visto enfrentado a difíciles momentos, donde la asignación de presupuestos se ha visto dificultada por otras prioridades nacionales, y por la gran dificultad para fundamentar solicitudes de recursos, sin elementos técnicos de soporte. Como una forma de resolver este problema se desarrolló un modelo de programación matemática, que representa el primer paso hacia un esquema de planificación basado en el análisis económico de las operaciones de manejo del fuego. El modelo permite determinar el tamaño óptimo de la fuerza de combate terrestre necesaria a nivel regional, para otorgar una adecuada atención a los problemas de incendios que se puedan presentar dentro de la zona de responsabilidad de los programas de protección del sector público. El modelo considera el análisis de cobertura de las unidades de combate terrestre, mediante un esquema de costos de acceso, donde un móvil se desplaza sobre una superficie que ofrece fricción al desplazamiento. La superficie de fricción se construye sobre la base de la red caminera regional y la velocidad media de desplazamiento por tipo de camino. Se considera además, como centros de oferta de protección, una serie de localizaciones para las unidades de combate terrestre. Posteriormente, se resuelve un modelo de programación dinámica que evalúa las diferentes combinaciones posibles de localizaciones sobre la base de la cobertura que cada localización logra aportar al sistema, maximizando la superficie bajo cobertura del sistema de protección. El modelo desarrollado, es aplicado a la situación del Programa de Protección contra Incendios Forestales que opera la Corporación Nacional Forestal en la VIII región de Chile.

[1] Una versión abreviada de este documento fue presentada como poster en el segundo simposio internacional sobre politicas, planificacion y economia de los programas de proteccion contra incendios forestales: una vision global. 19–22 Abril 2004, Córdoba, España.

[2] Académicos, Departamento Manejo de Recursos Forestales, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile, Casilla 9206, Santiago, Chile.

Introducción

Durante los últimos 15 años, en Chile la ocurrencia de incendios forestales se ha mantenido relativamente constante, pese a los múltiples esfuerzos que se han desplegado para mejorar la eficiencia de las operaciones de combate. Aunque estos esfuerzos han estado permanentemente orientados hacia el mejoramiento de los equipos y el uso de material aéreo, poco o nada se ha hecho en cuanto a la revisión de los diseños y estrategias de protección que deben dirigir el accionar del manejo del fuego tanto en el sector público como el privado.

Al respecto, cabe mencionar que los presupuestos destinados a la protección contra incendios forestales se han visto permanentemente incrementados, sin un efecto real de disminución de incendios ni de disminución en la superficie afectada. Esto es de especial importancia, en particular en el sector privado, donde el nivel de gastos en protección equivale aproximadamente a 1.5 veces la inversión del Estado en este tema.

Por su parte, el sector público debe competir por recursos con otras prioridades nacionales, de modo que los responsables de los sistemas de protección deben hacer grandes esfuerzos para justificar las solicitudes de recursos ante las autoridades nacionales.

El propósito de este trabajo, es proporcionar una herramienta metodológica que facilite la planificación estratégica del manejo del fuego en el sector público, por medio de la definición del tamaño adecuado de la fuerza de combate requerida a nivel regional, de modo que se maximice el número de incendios posibles de atender, en la zona de operaciones del programa de manejo del fuego de la Corporación Nacional Forestal Región del Bio Bio.

Material y Método

El presente trabajo se desarrolla en la VIII región de Chile, la que posee un importante proporción del patrimonio de las grandes empresas forestales, y a la vez representa la región con la mayor proporción de incendios forestales respecto del total nacional de los últimos cinco años.

Para el desarrollo del trabajo, se cuenta con la información digital sobre incendios forestales, red caminera regional y las coordenadas de 34 localizaciones que la región utiliza en las operaciones del programa de protección. Esta información fue proporcionada en medio magnético por la Corporación Nacional Forestal para el desarrollo del trabajo.

El tratamiento de los datos se realizo utilizando el software estadístico SPSS v.11, los sistemas de información geográfica Arcinfo, Arcview e Idrisi y software desarrollado para aplicaciones al manejo del fuego por parte del Laboratorio de Incendios Forestales de la Universidad de Chile.

El método de trabajo consideró la ejecución de tres análisis independientes y sucesivos: Determinar el tiempo de arribo máximo permisible en la región, calcular las áreas de cobertura para el tiempo máximo permisible calculado en la etapa anterior, y finalmente correr un modelo optimizante que permita identificar y seleccionar la combinación de localizaciones que maximiza el número de incendios posibles de atender en la región. La descripción de cadauna de estas etapas, se presenta en las siguientes páginas.

Determinación del tiempo de arribo

Para la determinación de los tiempos de arribo, se procedió a extraer de la base de datos del sistema estadístico de manejo del fuego de la Corporación Nacional Forestal, los incendios ocurridos en la región del Bío Bío, entre las temporadas 1992/93 y 2001/02 con una superficie afectada igual o menor que 100 hectáreas. De esta manera, la base de datos quedó conformada por 24.328 incendios que fueron sometidos a un proceso de verificación con el propósito de eliminar inconsistencias. En este proceso, se detectaron 4.419 incendios con algún problema los que fueron descartados del análisis, lo que en definitiva permitió obtener una base de datos de trabajo con 19.909 incendios correctamente caracterizados.

Por otra parte, cabe mencionar que dentro de los 19.909 incendios incluidos en la base de datos, se encuentra una cantidad de incendios cuya diferencia entre la fecha y hora de la detección; y la fecha y hora del primer ataque es de 1, 2, 3 ó 4 minutos (1.515 registros), valores que a nuestro juicio no son suficientemente confiables. Sin embargo, y ante la ausencia de otros antecedentes, se optó por incluirlos dentro del análisis, dado que muchos de ellos en la realidad pueden haber correspondido a incendios satélites, o a incendios que se iniciaron muy cerca del lugar donde ya se encontraba trabajando una o varias unidades de combate.

Para cada incendio en la base de datos se calculó la diferencia existente entre la fecha y hora de detección, y la fecha y hora del primer ataque, con el propósito de contar con un estimador del tiempo de arribo a cada incendio. Para este cálculo, se considero que el tiempo de arribo, corresponde al tiempo transcurrido entre la detección y el inicio del primer ataque, ante la ausencia de un campo en la base de datos que registrara el tiempo de arribo efectivo a cada incendio.

Esta consideración, se basa en que el despacho de una o varias unidades de combate sólo es efectivo una vez que se ha recibido el aviso de detección, de modo que la contabilización del tiempo empleado en el viaje de los recursos desde sus bases o posiciones de stand by hasta el lugar del incendio, sólo tiene sentido desde el instante en que la unidad es despachada, acción que sólo se ejecuta una vez que se ha recibido el aviso y confirmación de incendios desde alguno de los mecanismos de detección utilizado en la zona de operaciones del programa de protección.

Posteriormente, el tiempo de arribo calculado para cada incendio, fue transformado a horas y minutos respectivamente, con el propósito de facilitar los cálculos posteriores. La base de datos de trabajo fue procesada utilizando el software estadístico SPSS, para obtener los respectivos estadígrafos descriptivos.

Con el propósito de estudiar la existencia de alguna relación directa entre la superficie afectada y el tiempo de arribo, se elaboró un gráfico de dispersión de ambas variables, considerando el tiempo de arribo como variable independiente y la superficie afectada como variable dependiente. Este gráfico permitió determinar los niveles de agrupación de los incendios, para delimitar de mejor manera los valores máximos a considerar, para las variables tiempo de arribo y superficie afectada.

Finalmente, se construyo una tabla de frecuencias, en función de los valores promedios de tiempo de arribo y superficie afectada, con el propósito de determinar el tiempo de arribo mínimo permisible que se emplearía en las etapas posteriores de este estudio.

Cálculo de cobertura y determinación del número óptimo de unidades de combate terrestre

Uno de los aspectos más importantes para el éxito de la protección contra incendios forestales, tiene que ver con la determinación de la cobertura de cada una de las unidades operativas dispuestas por el programa de protección contra incendios forestales, dentro de su zona de operaciones o de responsabilidad.

En el caso de las torres de detección, por ejemplo, el área de cobertura es fácilmente determinado, por cuanto la cobertura de la torre este determinada por las zonas de interés de protección que son vistas en forma directa desde el punto de observación. Esta superficie se puede calcular mediante el uso de modelos digitales de elevaciones, y herramientas para el cálculo de visibilidades que hoy día se encuentran incluidas en la mayoría de los softwares de Sistemas de Información Geográfica.

En el caso de los recursos terrestres, se presenta una particular dificultad, dado que el área de cobertura de estos recursos, depende básicamente del tiempo que los recursos emplean para su desplazamiento desde sus bases o posiciones de stand by, hasta el lugar donde está ocurriendo el incendio hacia el cual han sido asignados. Este desplazamiento depende de varios factores (tipo de móvil, condiciones de tránsito, accesibilidad a la red caminera, y otros) que definen en definitiva el tiempo que los recursos de combate emplean para llegar al lugar del incendio.

En este estudio, se emplearon 34 localizaciones de recursos terrestres actualmente en uso por parte de la Corporación Nacional Forestal, Región del Bio Bio, con el propósito de determinar el nivel actual de cobertura en la región y proponer localizaciones que en definitiva contribuyan a maximizar los incendios que el sistema de protección regional pueda atender.

Para el modelamiento de los desplazamientos y cálculo de cobertura, se utilizó un enfoque de tiempos de acceso donde un móvil se desplaza sobre una superficie que ofrece fricción al desplazamiento (Eastman, 2000; ESRI, 1993).

Dicha superficie fue construida sobre la base de la red caminera regional, cuya fricción al desplazamiento fue asignada en función de la velocidad media de desplazamiento según tipo de camino y carpeta de rodado de acuerdo con las especificaciones del manual de carreteras del ministerio de obras públicas (MOP, 2000), las que se presentan en la *Tabla 1*.

Tipo de camino	Velocidad de diseño (km/hr)	Velocidad utilizada (Km/Hr)
Urbano	60	40
Autopista	115	70
Autorruta	95	70
Carreteras primarias	95	60
Caminos colectores	80	40
Caminos locales	70	30

Tabla 1—*Velocidad de desplazamiento utilizada en el estudio (km/hr).*

La fricción o resistencia al desplazamiento fue asignada a cada arco de la red caminera, dividiendo la longitud del arco por la velocidad a la que el móvil puede atravesarlo, de acuerdo a lo señalado en la (tabla 1).

El desplazamiento a través de los arcos de la red caminera, fue modelado utilizando el módulo network del SIG Arcinfo (ESRI, 1992), empleando un modelo de oferta y demanda a través de un sistema de distribución, para identificar los

sectores que pueden ser alcanzados desde cada una de las posiciones de stand by para el tiempo máximo de arribo determinado en el estudio.

Los movimientos fuera de la red caminera, fueron modelados utilizando el software SIG Idrisi (Eastman, 2000), de modo que se debió utilizar las herramientas de conversión incluidas en el software, para realizar el cambio desde el modelo de datos vectorial (Arcinfo) al modelo de datos raster (Idrisi). El proceso de conversión, permitió la obtención de 34 archivos raster, uno por cada uno de los puntos considerados en la evaluación a una resolución de 25 metros.

El cálculo de los tiempos de acceso, fuera de la red de caminos, fue realizado por medio de una rutina de cálculo de costos de acceso, a partir de los alcances máximos calculados para cada localización mediante Arcinfo. Para esto, se empleó el módulo de análisis de costos de Idrisi, que utiliza un algoritmo que genera una superficie de costos donde la distancia se mide como el mínimo costo (tiempo, esfuerzo o gastos) de desplazamiento sobre la superficie de fricción (Eastman, 2000).

Finalmente, las áreas de cobertura para cada una de las 34 localizaciones, fueron obtenidas mediante procesos de reclasificación sobre las respectivas superficies de costos generadas, para un tiempo igual al tiempo de arribo determinado anteriormente.

Para determinar el número adecuado de localizaciones que deben ser parte del sistema de protección terrestre en la región del Bio Bio, se desarrolló un modelo de programación dinámica, que permite maximizar la cobertura de los incendios en la región. El modelo, permite evaluar todas las posibles combinaciones de localizaciones, posibilitando la selección de la combinación de 1, 2, 3,...,34 puntos que maximizan la cobertura conjunta del sistema.

La función recursiva desarrollada para este caso es la siguiente:

$$C_n = Max \left\{ C_i + C_{n-1} \right\}$$

Donde

Cn= es el número de incendios cubierto por una combinación de n localizaciones

Dada la fuerte connotación espacial que tiene el problema bajo estudio, el modelo fue implementado para ser resuelto en un ambiente de SIG, utilizando para ello el módulo GRID del software SIG Arcinfo. El modelo fue programado en una interfaz de cálculo automático empleando el lenguaje de programación AML de Arcinfo de manera que en cada iteración, se obtiene la combinación que maximiza la cobertura total del sistema.

Resultados

Determinación del tiempo de arribo

El análisis estadístico descriptivo de la base de datos de trabajo, se presenta a continuación, en la *Tabla 2*

Variable	Superficie afectada (ha)	Tiempo de arribo (min)
Observaciones	19,909	19,909
Máximo	100.00	5,125
Mínimo	0.01	1.00
Promedio	1.51	33.52
Varianza	40.46	8,459.57

***Tabla 2**--Estadística descriptiva de la base de datos de trabajo*

En relación con la Tabla 2, se puede observar que en el caso de la superficie afectada, se presenta una gran variabilidad con valores extremos del orden de 100 m^2 y de un máximo de 100 ha, de acuerdo a las condiciones del estudio. El valor promedio observado para este caso (1.51 ha) es bastante pequeño, lo que es consecuente con la varianza observada para la población. Sin embargo, en el caso de los tiempos de arribo, se observa una altísima variabilidad en las observaciones, lo que queda evidenciado por la altísima varianza calculada para la población; lo mismo se observa respecto de los valores extremos, donde la diferencia entre máximos y mínimos es de 5,124 minutos (85.4 horas).

Con el propósito de explorar la existencia de alguna relación entre los tiempos de arribo y la superficie afectada, se procedió a elaborar un Figura que relaciona ambas variables, sin un mayor procesamiento de la información. El gráfico elaborado, se muestra a continuación en la Figura 1.

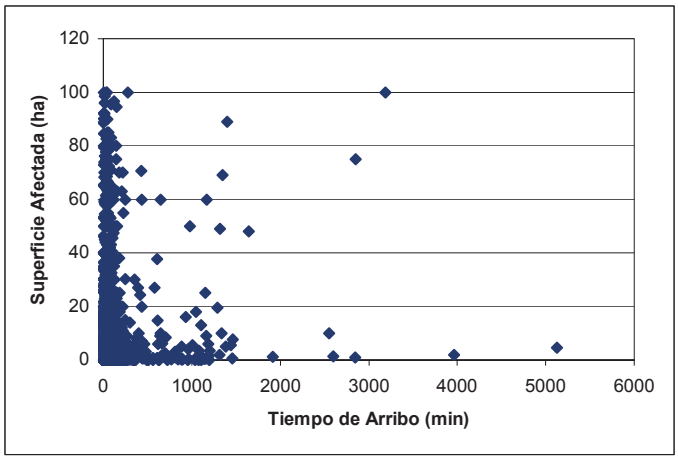


Figura 1--Tiempos de Arribo (min) vs Superficie Afectada (ha)

En la *Figura 1*, se puede apreciar claramente la agrupación de incendios hacia categorías inferiores a 1.000 minutos (16,6 horas) de tiempo de arribo; por otra parte, se observa además una alta variabilidad en cuanto a las superficies afectadas para una misma categoría de tiempo.

Para explorar un poco más en detalle, la existencia de alguna relación entre los datos, se construyó el mismo gráfico, pero limitando el rango de despliegue de los tiempos de arribo, a valores inferiores a 100 minutos (1,6 horas), que se presenta en la *Figura 2*.

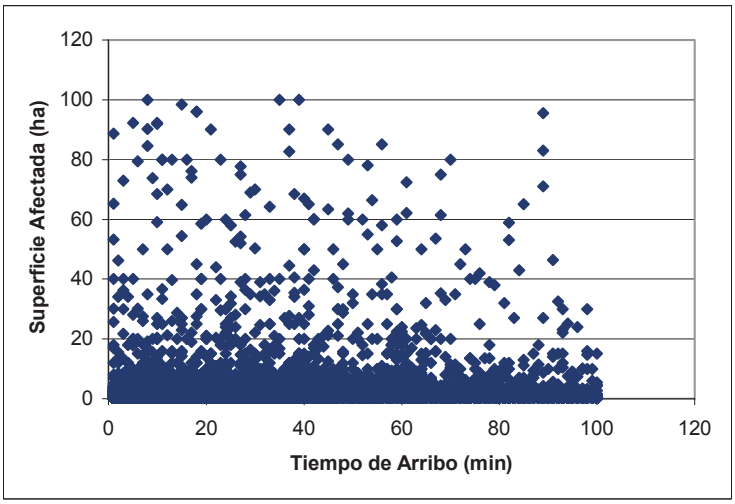


Figura 2--Tiempos de Arribo (min) vs Superficie Afectada (ha) para un tiempo límite de 100 minutos

Nuevamente, se observa el mismo efecto señalado anteriormente, es decir, para cada nivel de tiempo de arribo, se aprecia una alta dispersión de superficies afectadas, no siendo posible determinar alguna relación directa entre ambas variables. Este hecho se hace evidente al explorar cada categoría de tiempo de arribo en la base de datos, donde para cada nivel, se encuentra una gran cantidad de valores diferentes de superficie afectada.

Por otra parte, es evidente, al observar la figura de mayor detalle (*Figura 2*) que una alta proporción de los incendios, se agrupa hacia niveles inferiores a 20 ha de superficie afectada, con una altísima dispersión en los valores de los tiempos de arribo.

Conocido este valor de superficie afectada, que fue considerado como límite para mejorar el nivel de detalle, se procedió a elaborar un cuadro de frecuencias para cada categoría de superficie. Las categorías consideradas fueron definidas con el propósito de facilitar el análisis de los datos, en función del valor límite de detalle determinado precedentemente. De esta manera, los incendios fueron agrupados en 32 categorías, donde las 20 primeras corresponden a clases de una hectárea cada una, las categorías siguientes (12) se definieron con rangos variables, hasta llegar a las 100 hectáreas definidas como límite para el estudio.

Para cada una de ellas, se calculó la cantidad de incendios, el promedio, y los valores máximos y mínimos, para las variables superficie afectada y tiempo de arribo respectivamente. Además, se incluyó los estadísticos descriptivos usuales para cada

una de las variables consideradas. La *Tabla 3*, muestra los resultados de este proceso.

Rango superficie (ha)	Número de incendios	Perc.	Superficie Afectada (ha)			Tiempo (min,)		
			Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo
0 a 1	15,580	78.26	0.96	0.17	0.01	1,460.00	25.92	1.00
1 a 2	1,772	8.90	1.98	1.29	1.00	2,845.00	45.67	1.00
2 a 3	767	3.85	2.95	2.29	2.00	3,965.00	52.90	1.00
3 a 4	411	2.06	3.91	3.26	3.00	1,201.00	57.52	1.00
4 a 5	266	1.34	4.91	4.24	4.00	5,125.00	79.03	1.00
5 a 6	183	0.92	5.80	5.18	5.00	1,440.00	76.03	1.00
6 a 7	132	0.66	6.95	6.23	6.00	1,186.00	72.92	1.00
7 a 8	86	0.43	7.90	7.14	7.00	1,461.00	77.81	5.00
8 a 9	93	0.47	8.80	8.16	8.00	708.00	56.47	1.00
9 a 10	37	0.19	9.90	9.12	9.00	1,161.00	102.35	4.00
10 a 11	79	0.40	10.80	10.07	10.00	2,553.00	111.65	4.00
11 a 12	17	0.09	11.80	11.19	11.00	222.00	63.88	8.00
12 a 13	39	0.20	12.90	12.11	12.00	208.00	39.18	1.00
13 a 14	15	0.08	13.55	13.21	13.00	1,108.00	127.67	2.00
14 a 15	22	0.11	14.75	14.24	14.00	616.00	90.18	7.00
15 a 16	40	0.20	15.90	15.12	15.00	251.00	51.25	2.00
16 a 17	11	0.06	16.90	16.19	16.00	931.00	113.55	1.00
17 a 18	11	0.06	17.97	17.31	17.00	130.00	45.82	4.00
18 a 19	23	0.12	18.20	18.01	18.00	1,050.00	105.30	1.00
19 a 20	3	0.02	19.60	19.27	19.00	1,288.00	437.67	8.00
20 a 25	76	0.38	24.75	21.16	20.00	432.00	60.95	3.00
25 a 30	42	0.21	29.60	26.23	25.00	1,150.00	92.64	1.00
30 a 35	33	0.17	34.30	31.35	30.00	355.00	57.48	1.00
35 a 40	29	0.15	39.65	36.50	35.00	607.00	75.48	3.00
40 a 45	21	0.11	44.50	40.85	40.00	104.00	41.10	1.00
45 a 50	9	0.05	49.00	46.40	45.00	1,642.00	379.11	2.00
50 a 60	29	0.15	59.10	52.71	50.00	980.00	90.79	1.00
60 a 70	31	0.16	69.00	62.88	60.00	1,351.00	171.84	1.00
70 a 80	18	0.09	79.50	73.68	70.00	2,852.00	235.61	3.00
80 a 90	16	0.08	89.00	82.37	80.00	1,403.00	130.25	1.00
90 a 100	13	0.07	98.50	93.37	90.00	153.00	42.23	5.00
Más de 100	5	0.03	100.00	100.00	100.00	3,186.00	709.00	8.00
Suma	19,909	100	923.33	861.31	835.01	43,124.00	3,919.25	85.00
Promedio	622.16		28.85	26.92	26.09	1347.63	122.48	2.66
Máximo	15,580	0.78	100.00	100.00	100.00	5125.00	709.00	8.00
Mínimo	3.00	0.03	0.96	0.17	0.01	104.00	25.92	1.00
Varianza	7,561,608.91		869.26	783.63	740.52	1,377,479.92	19,681.00	5.46
Desviación	2749.84		29.48	27.99	27.21	1173.66	140.29	2.34

***Tabla 3**--Agrupación y ordenamiento de datos en 32 categorías de Superficie Afectada*

De la lectura de la *Tabla 3*, se desprende que alrededor del 90% de los incendios presentan una superficie afectada inferior a las 5 ha, con tiempos de arribo inferiores

a 60 minutos (una hora). Por otra parte, casi el 80% del total de incendios se concentra en la categoría uno (menos de una hectárea de superficie afectada) y el valor promedio del tiempo de arribo para esa categoría es del orden de 26 minutos (25,92 min.).

Es evidente, la existencia de una altísima variabilidad respecto de los tiempos de arribo, efecto que se produce debido a la dispersión que presenta la superficie afectada para el mismo minuto de tiempo de arribo, lo que hace pensar en la no existencia de una relación directa entre ambas variables. Esto se puede asegurar, dado que la superficie final afectada de un incendio forestal depende de otros factores (combustibles, condiciones ambientales, topografía, acciones de combate) que condicionan el comportamiento del fuego, y por ende el modelo de propagación y la superficie afectada final que el incendio adquiere.

Sin embargo, resolver el problema del tiempo de arribo, se construyó un gráfico que muestra la superficie afectada y los tiempos de arribo para cada una de las 32 categorías de tamaño de incendios definidos en este análisis.

Los datos fueron ordenados por categoría de tamaño y se graficó la superficie afectada y los tiempos de arribo en forma independiente, y con la misma escala de valores en el eje *Y*, para observar el comportamiento conjunto de ambas variables simultáneamente. El resultado de este proceso, se presenta a continuación, en la *Figura 3*.

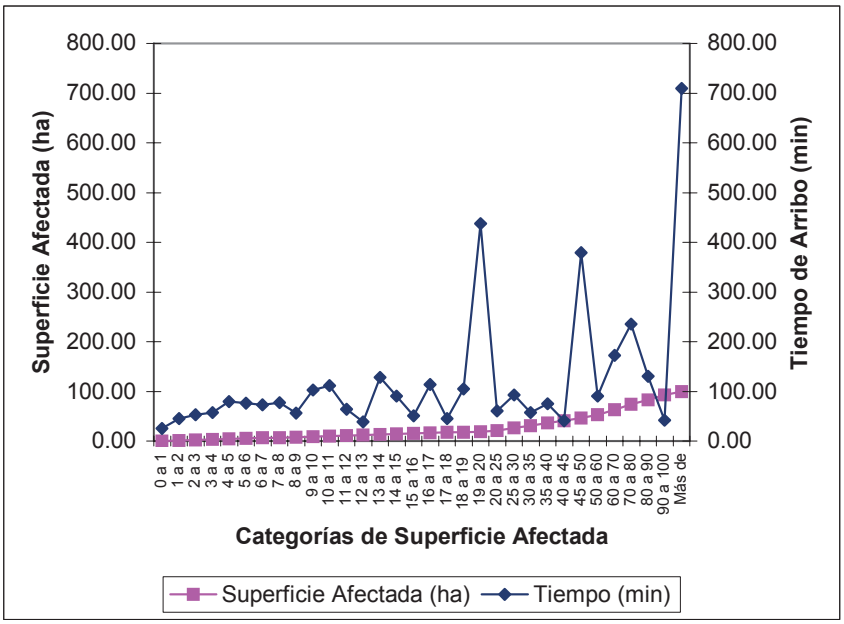


Figura 3--Distribución de la Superficie Afectada Promedio y el Tiempo de Arribo Promedio para 32 categorías de tamaño de incendios forestales

En la *Figura 3*, se puede observar claramente la tendencia exponencial que muestra la superficie afectada, en términos de que mientras más tiempo se demora en iniciar el primer ataque, la superficie afectada final es mayor. La tendencia en este caso, corresponde a una curva de tipo cuadrático o exponencial, lo que hace

consistente el análisis con lo expresado por Julio[3] (1999), en el sentido que la dificultad de control de un incendio (y por consecuencia la superficie afectada) aumenta en términos exponenciales respecto del tiempo que se demora en iniciar el control.

Otro aspecto interesante, tiene que ver con la forma en la que se presenta la evolución del tiempo de arribo, la que presenta oscilaciones sin un comportamiento definido. Es notorio, en todo caso que a medida que aumenta el tiempo de arribo a los incendios, también aumenta la superficie afectada. En este caso, no se puede encontrar una línea de tendencia clara, dada la alta variabilidad que se observa en los datos.

Dada la forma de las curvas, y los valores de frecuencia calculados para cada categoría de tamaño de incendios (*Tabla 3*), se puede concluir que el tiempo de arribo "óptimo" se encuentra en la primera categoría de tamaño (0 a 1 hectáreas afectadas) donde en promedio las unidades de combate demoran 26 minutos en iniciar el primer ataque. Coincidentemente, esta categoría agrupa además la mayor proporción (78.26 por ciento) de los incendios registrados en la base de datos (*Tabla 3*).

Cálculo de coberturas y determinación del número óptimo de unidades de combate terrestre

La aplicación de los algoritmos de cálculo de rutas y costos de acceso en el ambiente SIG, permitió la generación de los 34 mapas de cobertura para las localizaciones incluidas en el análisis. La Figura 4 muestra un ejemplo del resultado del cálculo obtenido utilizando el SIG Idrisi

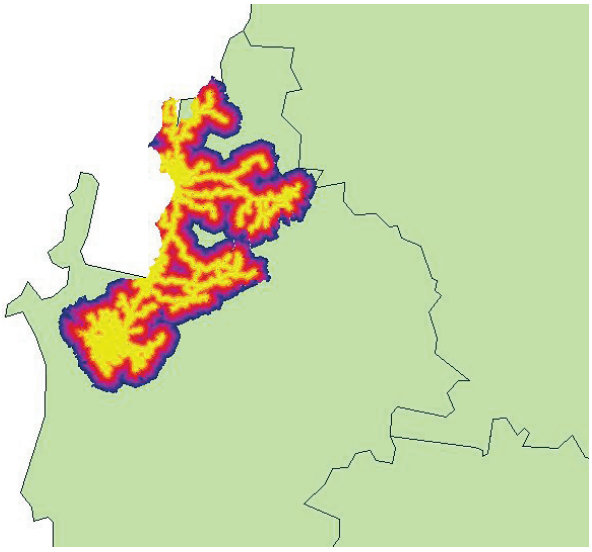


Figura 4—Costos de acceso para la localización de la brigada 301. Las bandas de color representan el tiempo (minutos) en que un móvil puede alcanzar un píxel, hasta un máximo de 26 minutos.

De la *Figura 4* se puede observar claramente la influencia de la red caminera en la superficie que la unidad de combate puede alcanzar en el tiempo de arribo máximo determinado en este estudio.

[3] Julio Guillermo, Fundamentos de Manejo del Fuego, Manual Docente Ingeniería Forestal. Facultad de Ciencias Forestales Universidad de Chile.

Los 34 mapas de cobertura, fueron sometidos a un proceso de superposición raster, con la imagen correspondiente a la ocurrencia de incendios forestales de la región, con el propósito de obtener un estimador de la carga de trabajo potencial promedio histórica de cada unidad. El resultado de este proceso, se muestra en la Tabla 4.

Localización	N° Incendios	Localización	N° Incendios
1	590.4	18	170.2
2	499.8	19	372.8
3	666.0	20	264.4
4	845.8	21	385.4
5	792.8	22	276.2
6	787.8	23	290.6
7	806.6	24	442.4
8	803.2	25	250.2
9	822.0	26	445.4
10	845.8	27	255.0
11	268.2	28	882.2
12	205.6	29	1082.0
13	265.0	30	600.0
14	264.4	31	1081.0
15	287.8	32	109.2
16	329.6	33	107.4
17	290.6	34	104.4

Tabla 4*—Número promedio de incendios (temporadas 1992/93 a 2001/02) bajo cobertura por cada una de las 34 localizaciones evaluadas.*

Como se esperaba, en la aplicación de la superposición de las areas de cobertura de las unidades de combate con la ocurrencia de incendios regional, se obtuvieron valores diferentes para cada una de las localizaciones. Destacan en este caso, la localización número 29, que es la que aporta mayor cantidad de incendios a la cobertura total del sistema. Esto no es de extrañar, dado que dicha localización se ubica en una zona donde históricamente se ha registrado la mayor cantidad de incendios en la región, razón por la que esta unidad es la que tiene la mayor carga de trabajo potencial de la región. Lo mismo ocurre con la localización 31, que se encuentra dentro de la misma zona de concentración de la ocurrencia de incendios.

Por otra parte, las localizaciones que menos aportes hacen individualmente al sistema son la 33 y la 34, las que podrían estar mal seleccionadas, y debiesen ser removidas del sistema.

Utilizando las herramientas de los SIG empleados en el estudio, se construyó un mapa de cobertura conjunta, para todas las localizaciones actualmente en uso por parte de la Corporación Nacional Forestal en la región del Bio Bio. Este mapa se presenta a continuación, en la Figura 5.

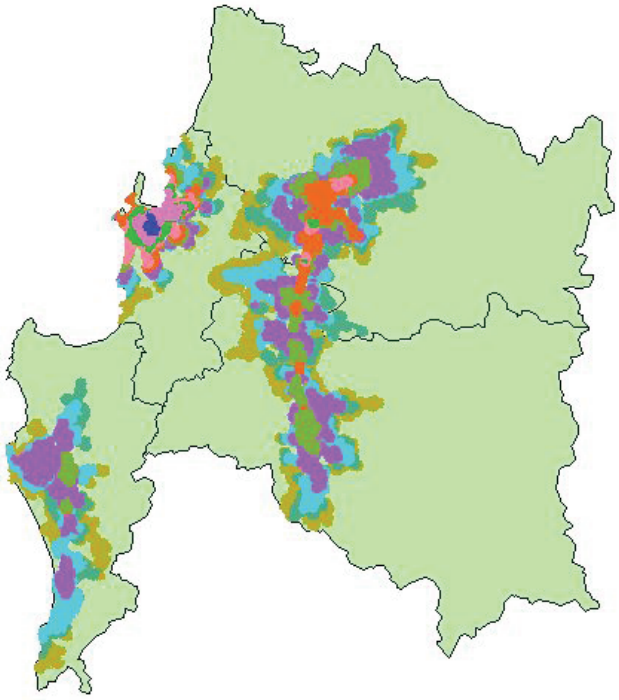


Figura 5—Cobertura actual de las unidades terrestres en la región del Bio Bio. Las bandas de color representan la cantidad de unidades que cubren los mismos puntos (azul 10 unidades, verde 1 unidad)

La cobertura actual del sistema de protección en la región, se ubica preferentemente en la zona cercana a la ciudad de Concepción, el valle central y la zona sur occidental de la región, sectores que tradicionalmente concentran la ocurrencia de incendios regional; otro aspecto interesante de mencionar, es la existencia de sectores que presentan un nivel de sobreprotección, en el sentido que son atendidos por hasta 10 unidades de combate diferentes al mismo tiempo.

La aplicación del modelo de programación dinámica, permitió resolver el problema de cobertura, determinando una combinación que permite en una primera etapa, mantener el mismo nivel de cobertura actual (en términos de superficie) con menos localizaciones incluidas en el sistema. La Tabla 5, muestra el resumen final de la aplicación del modelo desarrollado para este estudio. Dicha Tabla, muestra para cada combinación el máximo el numero de incendios promedio histórico bajo cobertura del sistema de protección.

n	N° Incendios	n	N° Incendios
1	1082.0	18	3714.4
2	1992.6	19	3720.4
3	1938.4	20	3725.2
4	2383.8	21	3729.6
5	2724.6	22	3733.4
6	3048.2	23	3735.6
7	3277.2	24	3736.4
8	3384.6	25	3737.0
9	3451.6	26	3737.6
10	3508.0	27	3738.0
11	3555.6	28	3738.0
12	3587.6	29	3738.0
13	3617.6	30	3738.0
14	3647.0	31	3738.0
15	3675.8	32	3738.0
16	3691.2	33	3738.0
17	3699.2	34	3738.0

***Tabla 5**—Número de incendios promedio histórico bajo cobertura por la mejor combinación de n localizaciones.*

De los antecedentes expuestos en la tabla, se puede observar que en las primeras iteraciones, los aportes de cobertura sube rápidamente, para estabilizarse a partir de 27 localizaciones. Esta tendencia puede ser evidenciada más fácilmente, por medio del gráfico que se muestra en la Figura 6.

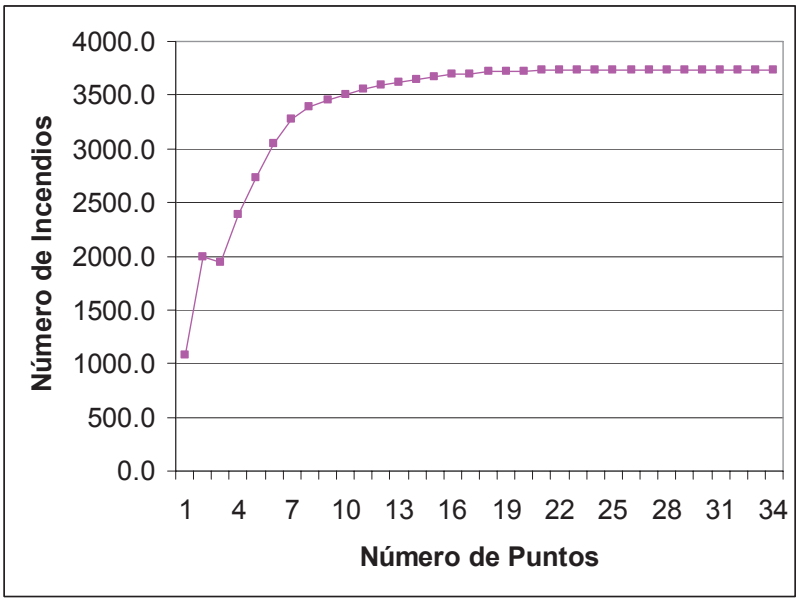


Figura 6—Evolución del número de incendios bajo cobertura, para las mejores combinaciones de localizaciones.

La figura muestra con claridad la tendencia a la estabilización en el nivel de cobertura a partir de la combinación de 26 localizaciones, entregando el máximo numero de incendios posibles de atender por los medios dispuestos por la región para el combate de incendios forestales. Esta combinación, que maximiza la cobertura, corresponde a los puntos 29, 30, 4, 26, 6, 16, 13, 33, 27, 2, 25, 19, 17, 5, 15, 14, 18, 32, 28, 9, 24, 8, 21, 7, 20 y 22.

Conclusiones

El modelo desarrollado, permitió determinar el numero óptimo de localizaciones que deben ser consideradas en la planificación estratégica de la protección contra incendios forestales en la región del Bio Bio.

Los procedimientos de cálculo de áreas de cobertura, demostraron ser eficientes para estimar la superficie de responsabilidad de cada una de las localizaciones consideradas. Sin embargo es especial importancia considerar que las velocidades de desplazamiento empleadas en este trabajo corresponden a la mejor estimación posible ante la ausencia de antecedentes fidedignos sobre las velocidades de desplazamiento de los móviles en diferentes condiciones de carpetas de rodado.

Por medio de los antecedentes elaborados en este trabajo, la Corporación Nacional Forestal dispone de una nueva herramienta para justificar la cantidad de unidades de combate que deben ser utilizadas en la región, para asegurar un nivel de protección adecuado.

Finalmente, es necesario continuar desarrollando estudios dentro de esta línea de trabajo, para llegar a la implementación de una herramienta de análisis económico del manejo del fuego en el sector público de nuestro país.

Referencias

Eastman, Ronald, 2000. **Idrisi for Windows User's Manual**. Clark Labs. Massachusests, USA. 200 p.

Esri. 1993. **Network Análisis. Arc/info User's Guide**. Environmental Systems Research Institute. Redlands. California. USA. 163 p.

Esri. 1993. **Cell-based Modeling with GRID. Arc/info User's Guide**. Environmental Systems Research Institute. Redlands. California. USA. 277 p.

Julio, Guillermo. 1999. **Fundamentos de Manejo del Fuego**. Manual Docente. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 300 p.

MOP, 2000. **Manual de Carreteras vol 3**. Dirección de Vialidad, Ministerio de Obras Públicas. Santiago, Chile. 300 p-

Comparación de la Administración de una Encuesta Mediante Video y Entrevista Telefónica para Determinar el Respaldo Público y la Disposición a Pagar por la Quema Prescrita en California[1]

John Loomis,[2] Julie Miller,[2] Armando González-Cabán,[3] Joseph Champ[4]

Resumen

Esta investigación comprueba si la transmisión de información sobre la quema prescrita y la administración de una encuesta mediante cinta de video es mejor que las entrevistas telefónicas realizadas con el apoyo de un folleto informativo. Durante la llamada telefónica el entrevistador leía el texto y remitía al encuestado a los dibujos del folleto enviado por correo que comparaban el incendio forestal con la quema prescrita. La administración mediante video comenzaba también con una llamada telefónica seguida del envío por correo de la cinta al encuestado junto con un folleto de respuestas. El narrador de la cinta presentaba verbalmente todo el texto que se leía a los encuestados en la entrevista telefónica. La entrevista teléfono-folleto por correo-teléfono aumentó el respaldo de la quema prescrita desde 65% en la llamada inicial a 91% en la entrevista de seguimiento. Los resultados preliminares tras la encuesta mediante el video indican que 71% apoyaban la quema prescrita inicialmente, alcanzándose el 84% tras el visionado del video. No se produjo una diferencia estadística entre los modelos de encuesta por video o por teléfono-folleto en cuanto a los índices de respuesta o razones para negarse a pagar por el programa de quema prescrita. La disposición a pagar (DAP) media por el programa de quema prescrita en la entrevista telefónica-folleto por correo fue de 400$ por vivienda. El resultado preliminar de la encuesta de video es de 412$. Los intervalos de confianza para ambas estimaciones se solapan, lo que indica que no existe una diferencia estadística.

INTRODUCCIÓN

Los incendios a gran escala se han hecho más habituales en la última década, lo que provocado un mayor hincapié en las técnicas de reducción de combustible tales como la quema prescrita. Sin embargo un programa que aumente la superficie a la que se aplica la quema prescrita suele encontrar oposición por parte del público debido a la cantidad de humo que provoca la quema prescrita. El humo reduce la visibilidad y

[1] Una versión resumida de esta ponencia se presentó en el segundo simposio sobre políticas, planificación y economía en la defensa contra los incendios forestales: una vision global. 19–22 Abril 2004, Córdoba, España.

[2] Profesor e investigador (*Research Assistant*), Departamento de Economía agrícola y de recursos (Department of Agricultural and Resource Economics), Colorado State University, Fort Collins, CO 80523.

[3] Economista, Forest Fire Lab, Pacific Southwest Research Station, USDA Forest Service, Riverside, CA 92507.

[4] Profesor adjunto, Departmento de Periodismo y comunicación técnica, Colorado State University, Fort Collins, CO 80523.

causa problemas de salud a las personas con problemas respiratorios. Los intentos ya realizados de aumentar la quema prescrita en estados como Florida y Washington se han visto limitados por la oposición de los ciudadanos debido al humo y a las consecuencias para la salud. El programa de quema prescrita además es caro, ya que puede llegar a costar hasta 250$ por acre, (0'405 hectáreas). Por eso es necesario saber si existe respaldo público suficiente para llevar a cabo un programa de quema prescrita antes de optar por una u otra política.

El objetivo de este estudio es determinar si hay diferencias en el índice de respuestas a la encuesta, en el apoyo a la quema prescrita, en las respuestas rechazando el pago con protesta o sin protesta y en las estimaciones de DAP con la administración de la encuesta a través del video frente al folleto con entrevista telefónica. La entrevista telefónica combinada con un folleto informativo enviado con anterioridad ha sido utilizada ya en varias encuestas de DAP (Hanemann y otros 1990) y en una encuesta sobre incendios (Loomis y otros 2002). Sin embargo ese método es caro, con frecuencia cuesta entre 50-100 por entrevista completa. El envío de una cinta de video en la que una persona guía al encuestado a través de la encuesta tiene menor coste variable, y puede tener el potencial de transmitir la información en un formato más visual y más entretenido. Ello podría incrementar los índices de respuesta de las encuestas y el apoyo de la quema prescrita. Además, la combinación de la información visual y sonora puede generar una mayor atención por parte del encuestado y reducir la varianza de la estimación de la disposición a pagar. Es importante contar con estimaciones más precisas de la disposición a pagar para alcanzar conclusiones inequívocas sobre si los beneficios de la quema prescrita superan los costes.

HIPÓTESIS RELATIVAS AL ÍNDICE DE RESPUESTA Y LAS RESPUESTAS PROTESTA

Nuestra modalidad de encuesta consiste en una llamada telefónica mediante marcación aleatoria de dígitos con una breve entrevista inicial. Seguidamente verificamos la dirección para enviar un folleto de encuesta y fijamos una cita para una entrevista más larga (20 minutos). La encuesta mediante vídeo sigue la misma mecánica pero el encuestado recibe en su hogar una cinta de vídeo y envía el folleto de respuestas. La primera comparación por lo tanto es la del número de respuestas a la llamada inicial y al amplio cuestionario del Método de Valoración Contingente (MVC) con ambos modos de administración de la encuesta.

Ho: R(Vídeo) = R(teléfono-folleto)

Se averiguará utilizando tablas de contingencia separadas y pruebas χ^2 para la primera y la segunda entrevista.

Analizaremos principalmente las respuestas a las preguntas sobre la DAP obtenidas en la entrevista más larga. En primer lugar se comparan las respuestas a la encuesta mediante teléfono-folleto y las del vídeo en cuanto a las razones para negarse a pagar por la quema prescrita. Algunos rechazos del pago son expresión válida de DAP cero, ya que reflejan falta de valor del bien o ingresos escasos (es decir, incapacidad de pagar). Las repuestas de otros encuestados que dan una valoración cero o se niegan a pagar porque rechazan el escenario o el razonamiento de que los ciudadanos deban pagar este programa suelen denominarse respuestas protesta (Mitchell y Carson; Halstead, Luloff y Stevens). Esos encuestados no suelen

aceptar la premisa de que es responsabilidad suya pagar por la solución, o no están convencidos de que la solución funcione de verdad, o creen que la administración no gastará el dinero recaudado en ese programa concreto. También aquí el modo de administración de la encuesta puede dar lugar a respuestas sistemáticamente diferentes.

Para determinar qué podría ser potencialmente una respuesta protesta se recurrió a la siguiente estrategia en la secuencia de la pregunta MVC sobre el referéndum En primer lugar si la persona encuestada indicaba que votaría contra el programa con el precio que se le ha asignado inicialmente, se les preguntaba si pagarían 1$. Si decían que no pagarían 1$ se les hacía una pregunta abierta "¿Por qué votó eso?". El encuestador tenía instrucciones de escribir las palabras exactas del encuestado. Una vez terminadas todas las encuestas, se analizaron las razones según su contenido para clasificarlas en grupos de razones similares ofrecidas por el encuestado. Este método de respuesta abierta evita que los encuestados tengan que encajarse en alguna de las categorías previamente definidas o que el entrevistador tenga que encajarles en alguna de las categorías predefinidas.

Comparando el conjunto de las razones de protesta ofrecidas, comprobaremos la hipótesis nula de que no hay diferencia entre los dos modos de administración de la encuesta en cuanto a la aceptación de la premisa y la credibilidad de la encuesta MVC. La hipótesis nula es que la distribución de rechazos del pago y la de respuestas protesta a la encuesta MVC son independientes del modo de administración de la encuesta:

Ho: Protesta Vídeo =Protesta Teléfono-Folleto

Esta hipótesis se comprobará utilizando una tabla de contingencia. La prueba de significación se realizará utilizando una estadística χ^2 .

MODELO DAP Y PRUEBA DE HIPÓTESIS RELACIONADAS

Tal y como sugirió el panel de NOAA en relación con la valoración contingente, se utilizó el formato de pregunta en un referéndum a los votantes sobre la disposición a pagar (Arrow, et al., 1993). Tanto Hanemann (1984) como Cameron (1988) proporcionan razonamientos de cómo puede responder un encuestado una pregunta MVC de elección dicótoma. Hanemann considera que el encuestado evalúa la diferencia de utilidad asociada al status quo frente al pago de un precio (X$) para que se aplique el programa. Si la diferencia de utilidad es positiva para el programa, la persona responderá "Si". Si la diferencia de utilidad se distribuye logísticamente, puede utilizarse un modelo logit para estimar los parámetros y poder calcular la DAP.

Se utilizarán las comparaciones de las estimaciones de la DAP media según el modo de administración de la encuesta para establecer si existen diferencias en los beneficios del programa público. La hipótesis nula comprueba si son iguales los cálculos de DAP en los dos modos de administración de encuesta:

Ho: DAP(Video) = DAP(Teléfono-Folleto)

Los resultados dependen de si se solapan o no los intervalos de confianza. También utilizaremos los intervalos de confianza para comparar si la presentación de la información del incendio y del escenario MVC influye sobre la varianza de la

DAP. Sospechamos que la presentación más visual de la información sobre incendios y de la información sobre el escenario MVC en el vídeo, junto a la presentación más entretenida del video puede reducir la varianza que encontramos con la presentación de información exclusivamente por teléfono del método del folleto.

DISEÑO DE LA ENCUESTA

El folleto de la encuesta se preparó en colaboración con personal forestal de California. Describe la superficie quemada por incendios forestales al año así como la media de casas que sucumben al los incendios en zona silvestre cada año. A continuación se describía un programa que aumentaba el uso de la quema prescrita o quema controlada en California. Concretamente se indicaba a los encuestados que el programa de reducción de combustible mediante quema prescrita reduciría los combustibles potenciales de incendios en zona silvestre mediante quemas controladas periódicas. Se reconocía que las quemas controladas generan algo de humo, aunque mucho menos que un incendio destructivo. Seguidamente el folleto de la encuesta proporcionaba información adicional y dibujos que contrastaban los incendios descontrolados con las quemas controladas. Se describía el coste de financiación del programa de quema controlada como programa de costes compartidos entre el Estado de California y el condado en que vivía la persona.

La redacción del párrafo con que se trataba de averiguar la DAP era:

" California está considerando utilizar parte de los ingresos del estado como aportación que iguale la que hagan los condados para ayudarles a financiar programas de prevención. Si la mayoría de los residentes votan a favor de pagar la parte del condado de este programa, su condado aplicaría el Programa ampliado de quema prescrita de California en bosques y praderas federales, estatales y privados. La financiación del Programa requeriría que todos los usuarios del bosque y las praderas de California abonaran los costes adicionales de este programa. ...Si se aplicara el Programa se prevé reducir la superficie de incendios forestales de la media anual actual de 362.000 acres (unas 146.610 hectáreas) a unos 272.500 acres, (110.360 hectáreas), una reducción del 25%. Se calcula que el número de casas destruidas por incendios forestales se reduciría de la media anual actual de 30 a unas 12. Su aportación al Programa ampliado de quema prescrita sería de _$ al año por su vivienda. Si se incluyera el Programa ampliado de quema prescrita en las próximas elecciones, ¿votaría usted__ a favor__ en contra? “

El formato básico de la encuesta se había trabajado en varias sesiones de estudio de mercado en dos estados diferentes. La encuesta se realizó mediante un proceso telefónico y por correo. Para obtener una muestra representativa de viviendas, se realizó una marcación aleatoria de dígitos de entre las viviendas de una muestra de los condados de California. Se seleccionaron los condados de manera que hubiera una mezcla de condados que experimentan incendios con frecuencia, condados que experimentan incendios de vez en cuando y condados que casi nunca experimentan incendios. Una vez establecido el contacto inicial, obteníamos la actitud inicial y el conocimiento inicial sobre los incendios destructivos y de los incendios controlados. Seguidamente se concretaba una cita con esas personas para una entrevista más larga tras la recepción del folleto a color de la encuesta que se procedía a enviar por correo.

El video de 15 minutos fue diseñado para que se ciñera lo más posible al formato del folleto y al orden de las preguntas de la entrevista telefónica. En primer lugar se creó un guión siguiendo la redacción exacta del folleto de la encuesta y el

guión del entrevistador utilizado en la primera entrevista telefónica. El vídeo es simple e incluye únicamente un primer plano del narrador, los dos gráficos que contiene el folleto, y algún que otro texto escrito en la pantalla. Para centrarnos exclusivamente en las consecuencias del modo de administrar la encuesta, el vídeo no se desvía del folleto ni del guión del la entrevista telefónica en ningún momento. Como el folleto, el vídeo empieza definiendo términos importantes de la gestión de incendios como "quema prescrita" e "incendio forestal". Seguidamente el narrador describe detalladamente el problema actual y la solución sugerida. Finalmente se les hace a los encuestados preguntas sobre si están de acuerdo o no con la solución propuesta y si estarían dispuestos o no a abonar un precio determinado para que se pusiera en práctica dicha solución. El guión se corrigió y revisó varias veces y el video fue evaluado con dos grupos de estudio de mercado en dos estados diferentes antes de grabar la cinta.

El contacto inicial de los hogares potenciales para el video se realizó del mismo modo que el proceso de entrevista telefónica. Para obtener una muestra representativa, se realizaron marcaciones aleatorias de dígitos en los mismos condados representados en la encuesta telefónica. En el primer contacto y tras determinar que el encuestado estaba dispuesto a participar en la encuesta, el entrevistador sondeaba al encuestado sobre su conocimiento sobre incendios forestales y la gestión de incendios forestales. Eso permitía comparar no sólo los cuestionarios tras el visionado del video con los cuestionarios tras la entrevista telefónica, sino que también proporcionaba la oportunidad de analizar si se habían producido cambios en el conocimiento del encuestado sobre la gestión de incendios tras el visionado de la cinta. A continuación se procedía a enviar por correo la cinta de video, el cuestionario y un sobre franqueado a la propia dirección a las viviendas cuyos habitantes hubieran aceptado verbalmente participar en la encuesta.

RESULTADOS

Comparación de los índices de respuesta a la encuesta

Como la encuesta se realizó en dos fases, en la Tabla 1 comparamos por separado los índices de respuesta de la entrevista telefónica inicial, (mediante la marcación aleatoria de dígitos), y las entrevistas de seguimiento más largas. Obtuvimos 51,6% en el contacto previo al video y 41,3% con el contacto previo al envío del folleto, un índice de respuesta sin diferencia estadística en el nivel de 5% utilizando la prueba de ji-cuadrado (el valor calculado de χ^2 es 2,4 frente al valor crítico de 3,84 para un grado de libertad). Sin embargo el índice de la segunda fase fue más elevado en la encuesta del folleto por correo, casi 73% frente a 53,2% del video. El sentido de la diferencia es sorprendente ya que habríamos esperado que la entrevista mediante video, más novedosa, hubiera producido un índice de respuesta más elevado en la encuesta del video, a pesar de que la diferencia no es estadísticamente representativa al nivel de 5% (el valor calculado de χ^2 es 2,41). Quizá el hecho de que el entrevistador vuelva a llamar y registre las respuestas, sin que el encuestado tenga que iniciar nada ni devolver nada por correo, constituya la ventaja del método teléfono-folleto frente al video. El índice de devolución por correo del video es similar al de la mayor parte de los índices de devolución por correo de encuestas MVC.

Tabla 1 índices de respuesta y pruebas ji-cuadrado

	Video	Teléfono	Total
Cribador primera fase			
Muestra inicial total contactada	178	794	1.283
Inicial terminada	92	328	420
Índice de respuesta 1ª fase	**51,6%**	**41,3%**	
Ji-cuadrado			**2.40**
Segunda fase entrevista larga	**Video**	**Teléfono**	**Total**
Negativas	86	4	90
Contestador, mudado, no disponible	100	16	116
No se les llamó	211	51	262
Muestra neta para 2ª fase	**92**	**257**	**435**
Terminada	49	187	236
Índice respuesta 2ª fase	**53,2%**	**72,8%**	
Ji-cuadrado			**2,1**

Comparación del respaldo de la quema prescrita

La entrevista teléfono-folleto por correo-teléfono aumentó el apoyo de la quema prescrita desde 65% en la llamada inicial a 91% en la entrevista de seguimiento y después de la lectura del folleto y de que el entrevistador hubiera leído el guión. Los resultados preliminares de la encuesta de video indican que el 71% apoyaba inicialmente la quema prescrita, cifra que aumentó al 84% tras el visionado del video.

Razones por las que los habitantes de las viviendas no pagarían por el programa

La Tabla 2 presenta el análisis de los rechazos del pago, es decir, las personas que indicaron que estaban a favor del programa de quema prescrita sin coste, pero que ni pagarían el precio inicialmente propuesto ni pagarían 1$ en la pregunta siguiente relativa a la disposición a pagar. Estas personas parecen estar a favor del programa pero básicamente tienen una DAP de cero. La Tabla 2 enumera las razones por las que una persona no pagaría el 1$. Las primeras cuatro razones en la Tabla 2 no se han considerado respuestas protesta porque no apreciar ningún valor en el programa o no beneficiarse del programa, así como el no poder pagar son razones válidas para una DAP de cero. Sin embargo, las otras tres categorías de respuestas (en cursiva en la Tabla 2) se consideran respuestas protesta porque con frecuencia empiezan diciendo "estoy a favor del programa" o "lo apoyo totalmente, pero creo que deberían pagarlo quienes viven en el bosque o con los impuestos ya existentes."

Debido a la frecuencia de celdas vacías para respuestas protesta concretas, sólo se ha podido computar un ji-cuadrado global de rechazos protesta frente a rechazos

no protesta. El valor calculado de ji-cuadrado de 0,289 indica que no hay diferencia estadística significativa en los patrones de razones protesta y no protesta para negarse a pagar en las encuestas de video y telefónicas.

Tabla 2 Por qué los encuestados no pagarían 1$

Razón	**Video**	**Teléfono**	**Total**
Rechazo pago no protesta			
Sin valor/Sin beneficios	0	1	1
No puede pagarlo	5	3	8
Ya hay demasiados impuestos	3	2	5
Otras	3	0	3
Sub Total	11	6	17
Respuestas protesta			
Debería pagarse don los impuestos existentes	*2*	*4*	*6*
Deberían pagar los que viven en el bosque	*2*	*0*	*2*
Otras	*2*	*1*	*3*
Sub Total rechazos protesta	*6*	*5*	*11*
Total	17	11	28

*En cursiva las respuestas consideradas protesta a los efectos del análisis de ji-cuadrado

Resultados de las regresiones Logit

Debido a lo reducido de la muestra de la encuesta por video (n=42), conservamos grados de libertad y estimamos un modelo logit simple con el precio propuesto como única variable explicativa. Esto no afecta al cálculo de la DAP entre los dos modelos, ya que los coeficientes variables otros que el precio se multiplican por sus medias respectivas antes del cálculo de la DAP. Podemos verlo en la fórmula para calcular la DAP media:

DAP media = (ln(1+expBo))/B1

Donde Bo es, bien el término constante, (como en el modelo logit de la encuesta de video), u otras variables (fuera del precio propuesto) multiplicadas por su media y sumadas a la constante. En ambos casos, se subsume en el término Bo a los efectos del cálculo de la DAP media.

Como puede verse en la Tabla 3, los coeficientes del gradiente del precio propuesto son estadísticamente distintos de cero en los niveles convencionales (0.01) para ambos modos de administración de la encuesta.

Tabla 3 Regresiones Logit utilizadas para calcular la DAP

	Teléfono			Encuesta video		
Variable	Coef.	Estat. t	Prob.	Coef.	Estat. t	Prob.
Constante	1,9659	1,585	0,112	1,8547	3,211	,0013
Precio propuesto	-0,0055	-3,667	0,000	-,00485	-2,031	,0423
Problema salud	-0,7147	-0,813	0,416			
Renta	,000006	1,354	0,175			
Sexo	-0,844	-1,899	0,057			
Edad	,00889	,6249	0,532			
# en la vivienda	-,05845	-,3460	0,729			
Nivel de estudios	-,02990	-,3526	0,724			
Media Dependiente	0,7482			0,738		
Verosimilitud log.	-70,91			-21,98		
Verosimilitud log. restr.	-80,68			-24,15		
Estadística RV	19,55			4,34		
Probabilidad (estad. RV)	0,006			,037		
McFadden R^2	0,1211			,0898		
Tamaño muestra	143			42		

Comparación de la DAP media

La DAP media que muestra la Tabla 4 se computa utilizando los coeficientes de la Tabla 3. Los intervalos de confianza se calcularon utilizando el método de Park et al. (1991) que utiliza una adaptación del método de Krinsky-Robb al MVC de elección dicótoma. A partir del solapamiento del 90% del intervalo de confianza no hay diferencia estadística entre la DAP media de 400$ anuales utilizando el método de administración del teléfono-folleto y los 412$ anuales con el video. Obsérvese que los intervalos de confianza no sugieren una gran diferencia de precisión en la DAP, aunque esta comparación se ve obstaculizada por el tamaño de la muestra del método de la encuesta con video, que es un tercio de la del teléfono-folleto. Parecería que con una muestra mayor para el video, su varianza podría caer por debajo de la de la encuesta con teléfono-folleto.

Tabla 4 DAP media e intervalos de confianza de 90% para el Programa de quema prescrita en California

	Media	Intervalo de confianza 90%
Teléfono-folleto	399$	312-608
Video	412$	272-1229

CONCLUSIONES

Utilizando una prueba de una variable (ji-cuadrado), no hallamos una diferencia estadística en los índices de respuesta entre los dos modos de administración de la encuesta tanto para las entrevistas iniciales con marcación aleatoria de dígitos como para la entrevista telefónica concertada de MVC. Las razones para no estar dispuesto a pagar por el programa de quema prescrita fueron similares también para la entrevista administrada mediante cinta de video y mediante la combinación de teléfono y folleto. Tampoco hubo diferencia estadística en la DAP media entre los dos modos, y los cálculos anuales de DAP fueron prácticamente idénticos (400$ para el método teléfono-folleto y 412$ con el de la cinta de video).

Los resultados de esta comparación no fueron pues los esperados. La buena noticia es que el modo de administración de la encuesta mediante cinta de video más novedoso dio resultados comparables al modo mixto más convencional de teléfono-folleto. Sin embargo, esperábamos que la novedad de la cinta de video aumentara el índice de respuestas en la fase de seguimiento. Esta expectativa no se cumplió, quizá porque el formato de encuesta mediante video sigue dependiendo de la iniciativa del encuestado, frente a la recepción de la segunda llamada del encuestador que guía al encuestado en la lectura del folleto. Esperábamos que los encuestados prestaran más atención a la presentación de la encuesta mediante video que la prestada a la entrevista telefónica con el folleto. En ese caso se habría reducido la varianza de la DAP media y quizá aumentado la DAP media. No hay diferencia estadística en la DAP media. La comparación de la varianza de la DAP se ve obstaculizada por el tamaño mucho menor de la muestra en la encuesta mediante video (n=42), lo que tiende a aumentar la varianza, frente a la muestra de 143 en la encuesta mediante teléfono-folleto. Sin embargo la equivalencia de resultados entre los dos métodos es alentadora. La encuesta mediante vídeo es más cara en la producción inicial, pero más barata en las entrevistas telefónicas de seguimiento. La tecnología del video ofrece además el potencial de representar imágenes de incendios reales e imágenes más dinámicas, cosa que no hicimos en este estudio para mantener la coherencia con el folleto. Sin embargo, el método teléfono-folleto cuenta con el entrevistador en persona, lo que puede hacer que el encuestado se involucre más aunque la interacción sea exclusivamente por teléfono. La continuación de la investigación de las ventajas y desventajas de estos dos métodos frente a las entrevistas por correo y las entrevistas personales parece claramente justificada.

Este estudio fue financiado por el Programa conjunto de ciencias del fuego (*Joint Fire Sciences Program*). Para el análisis de los datos contamos con el apoyo del Proyecto de investigación regional W1133 de la Estación agrícola de Colorado (*W1133 Regional Research project of the Colorado Agricultural Experiment Station*).

REFERENCIAS

Arrow, K., R. Solow, P. Portney, E. Leamer, R. Radner and H. Schuman. Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation. U.S. Department of Commerce, Federal Register 58(10), 1993, 4602-4614.

Cameron, T. "A New Paradigm for Valuing Non-Market Goods Using Referendum Data." Journal of Environmental Economics and Management 15(4), 1988, 355-79

Halstead, J., Luloff, A., and Stevens, T. "Protest Bidders in Contingent Valuation." Northeastern Journal of Agricultural and Resource Economics 21, 1992, 160-169.

Hanemann, M. Welfare Evaluations in Contingent Valuation Experiments with Discrete Responses." American Journal of Agricultural Economics 67(3), 1984, 332-341

Hanemann, M., J. Loomis and B. Kanninen. Statistical Efficiency of Double-Bounded Dichotomous Choice Contingent Valuation. American Journal of Agricultural Economics 73(1): 1225-1263. 1991.

Loomis, John, Lucas Bair and Armando Gonzalez-Caban. Language Related Differences in a Contingent Valuation Study: English Versus Spanish. American Journal of Agricultural Economics. 84(4), 2002, 1091-1102.

Mitchell, R., and Carson, R. Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method. Ed. Washington D.C.: Resources for the Future. 1989.

Park, T., Loomis, J., and Creel, M. Confidence Intervals for Evaluating Benefit Estimates from Dichotomous Choice Contingent Valuation Studies." Land Economics 67(1), 1991,64-73.

Simulación de la Propagación de Incendios Forestales[1]

Joseph Romanovsky,[2] Vassili Shikin,[3] Yuri Shur[4]

Resumen

Hoy en día, el problema de los incendios forestales es uno de los más importantes de Rusia. Todos los años, estos incendios se convierten en desastres en dos o tres regiones de la Federación, sobre todo en Siberia y en el extremo oriental del país. Por este motivo, la gestión eficaz del sistema de control de la lucha contra los incendios forestales es uno de los mayores problemas de la conservación de los bosques. El modelo que se propone ayuda a estimar sobre el mapa la configuración del fuego en tierra, teniendo en cuenta los tipos de capa vegetal del suelo, de apreciación en curso del peligro de incendio, velocidad y dirección del viento, y objetos incombustibles. El resultado de la investigación es un programa que simula la propagación de los incendios forestales. El programa está escrito en Delphi 6.0.

Introducción

La simulación de la propagación de los incendios forestales ayudará a resolver varios problemas importantes de la lucha contra dichos incendios.

El primer problema importante es desarrollar un plan óptimo para la extinción de incendios forestales en tiempo real. Este plan presupone encontrar las tácticas más eficaces para dicha extinción.

El segundo, basado en la simulación de la propagación de incendios forestales, es la estimación del trabajo de los cuerpos de bomberos después del final de la época de incendios. Resulta importante determinar la zona potencial que un incendio forestal pueda abarcar si éste no se extingue.

Aproximaciones a la simulación de propagación de incendios forestales

Existen varias aproximaciones a la simulación de propagación de incendios forestales.

---

[1] Una versión abreviada de esta ponencia se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía de la protección de los programas contra incendios forestales, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, Espana.

[2] Catedrático, St.-Petersburg State University, Mathematical Department, St.-Petersburg State University, University embankment 7/9 St.-Petersburg 199034.

[3] Licenciado, St.-Petersburg State University, Gagarin st. 21 flat 284, St.-Petersburg 196135.

[4] Director del grupo de lucha contra incendios, doctor en economía, St.-Petersburg Forestry Research Institute, Institute pr. 21, St.-Petersburg 194021.

La primera está basada en la simulación de los procesos físicos y químicos de quema, y en la formulación de modelos y sistemas analíticos de ecuaciones diferenciales. A. M. Girshim propone un ejemplo de este modelo, que describe los procesos en 3D de cambio de temperatura, e implica sistemas de ecuaciones diferenciales. Otro ejemplo es la aproximación propuesta por U. A. Gostinzev y A. A. Suchanov. Los modelos de dicha aproximación describen los procesos de cambio de temperatura, cambios químicos y el movimiento de los flujos de gas. Dichos modelos exigen un número de parámetros de información forestal que cambian rápidamente y que actúan recíprocamente entre ellos. Esto supone que la aplicación práctica de estos modelos sea bastante difícil.

La segunda aproximación implica estimaciones brutas de la configuración del fuego.

La tercera aproximación está basada en la simulación de un incendio forestal sin hacer estimaciones brutas de la configuración del fuego.

La aproximación que se ofrece en esta ponencia pertenece al tercer grupo. El mapa se divide en franjas horizontales de la misma anchura. En cada franja, se eligen las zonas con propiedades similares de combustión. Esta representación de los datos ayuda a mejorar la velocidad de trabajo con el mapa. Durante la simulación se toman en cuenta la velocidad y dirección del viento, el tipo de capa vegetal del suelo, y la clase en curso de peligro de incendio. Además, se presta atención particular a los objetos incombustibles.

Panorama general del programa

La tarea principal de una simulación de incendio forestal es fijar la procedencia de la línea de fuego en cada momento. Debido a la dificultad de la simulación, el programa solo se ocupa de los fuegos en tierra. Cuando se simula un territorio grande, el programa tiene en cuenta, tanto el tipo de capa vegetal del suelo como las condiciones meteorológicas, y sus cambios durante la simulación.

Después de iniciar el programa, aparece la ventana principal (fig. 1).

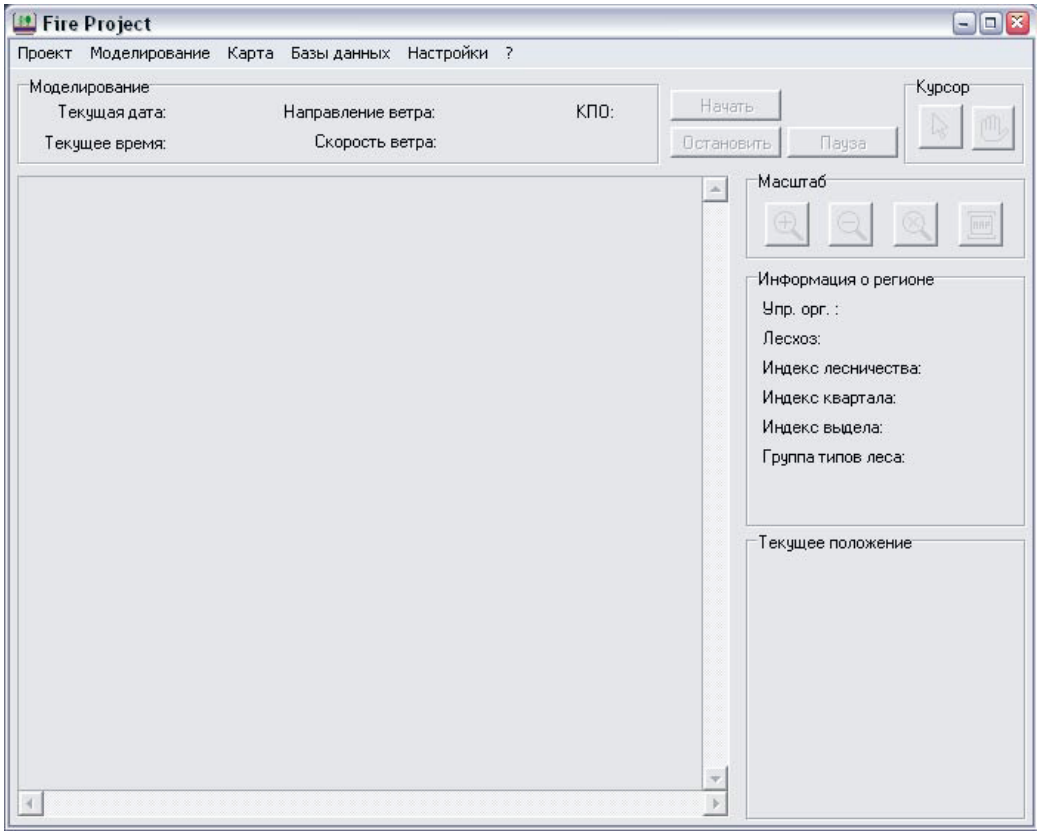


Figura 1—Ventana principal del programa

Con el fin de crear un nuevo proyecto, debe elegirse "Proyecto → Crear". Después, hay que seguir las instrucciones del asistente del nuevo proyecto. En la primera página (fig. 2), se selecciona la fuente de datos: puede trabajarse con la base de datos de información forestal, o utilizar los propios archivos.

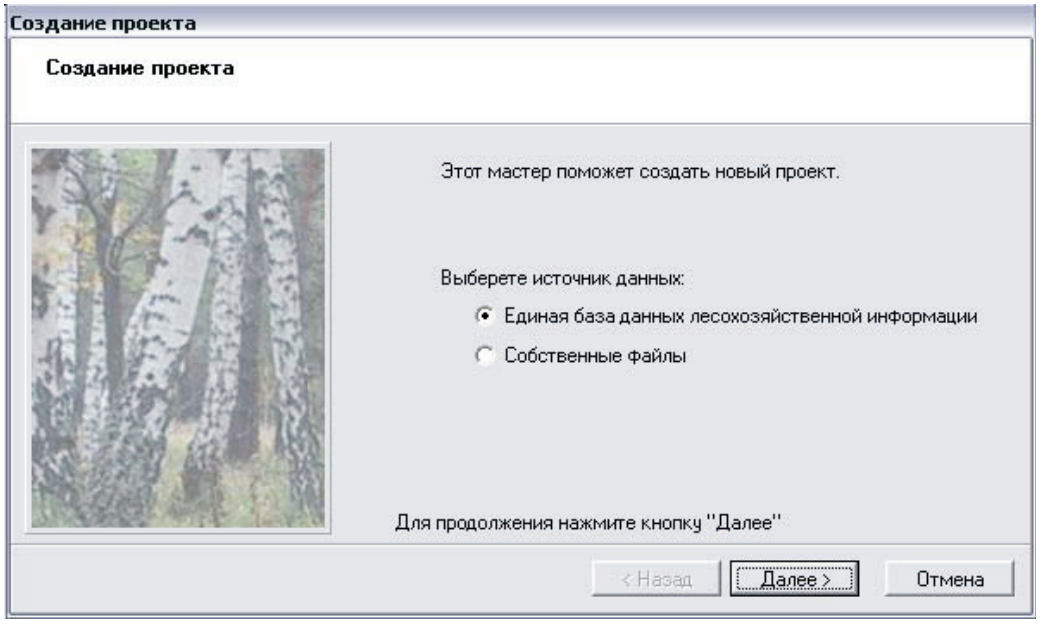


Figura 2—Fuente de datos

Si se selecciona la primera fuente, las siguientes páginas (fig. 3-9) ayudan a elegir las regiones para la simulación.

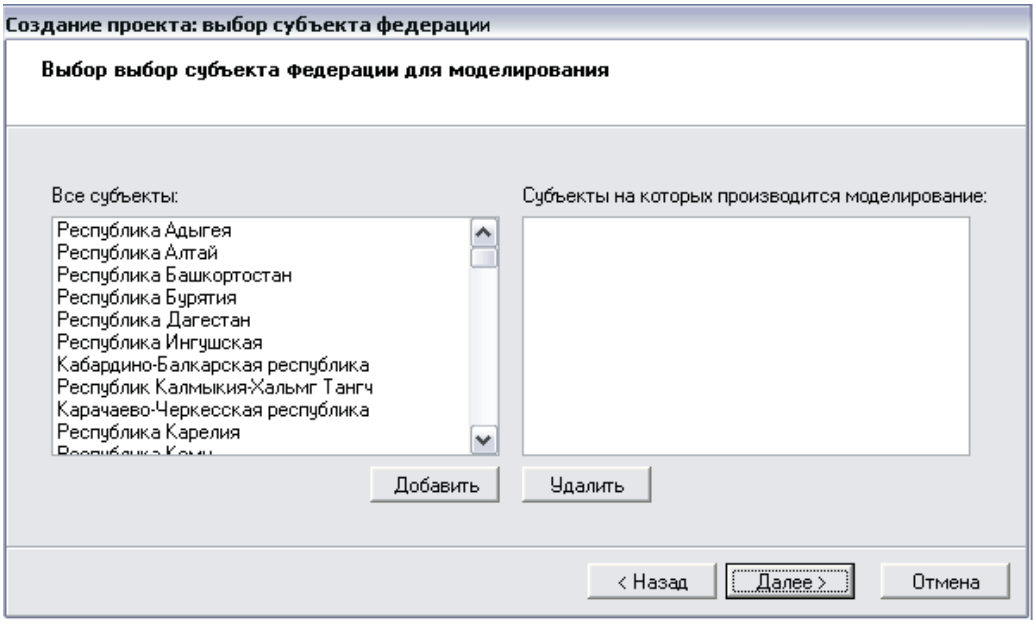


Figura 3—Página 1 del asistente

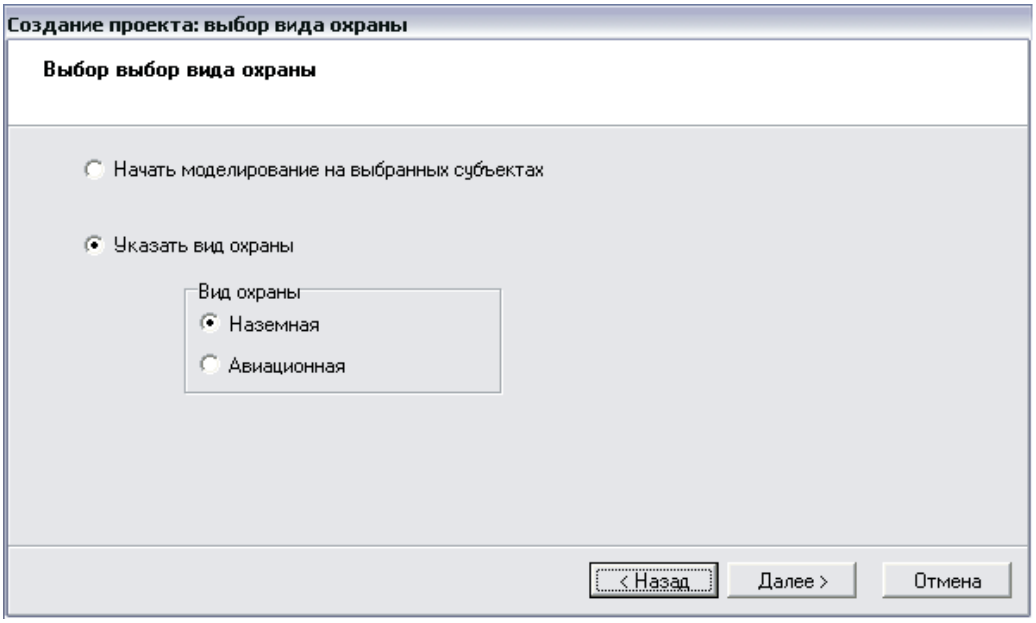


Figura 4— Página 2 del asistente

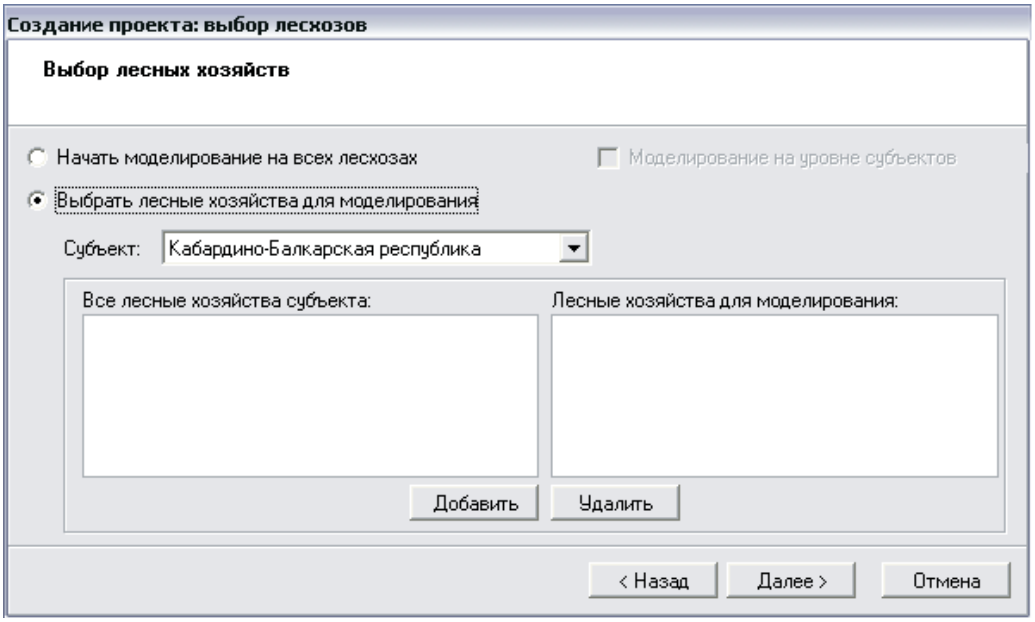


Figura 5— Página 3 del asistente

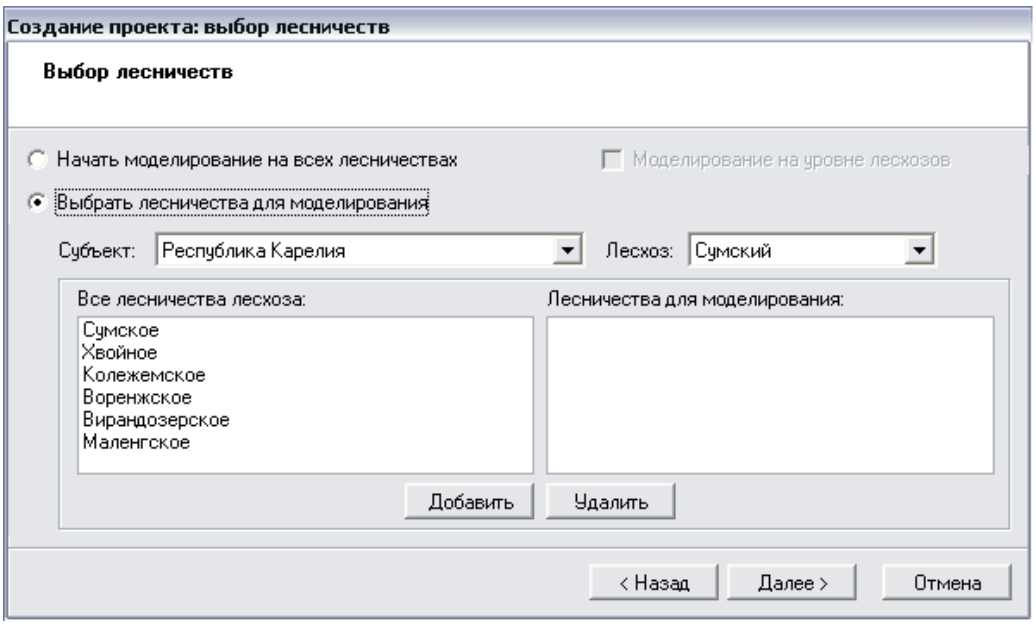


Figura 6— Página 4 del asistente

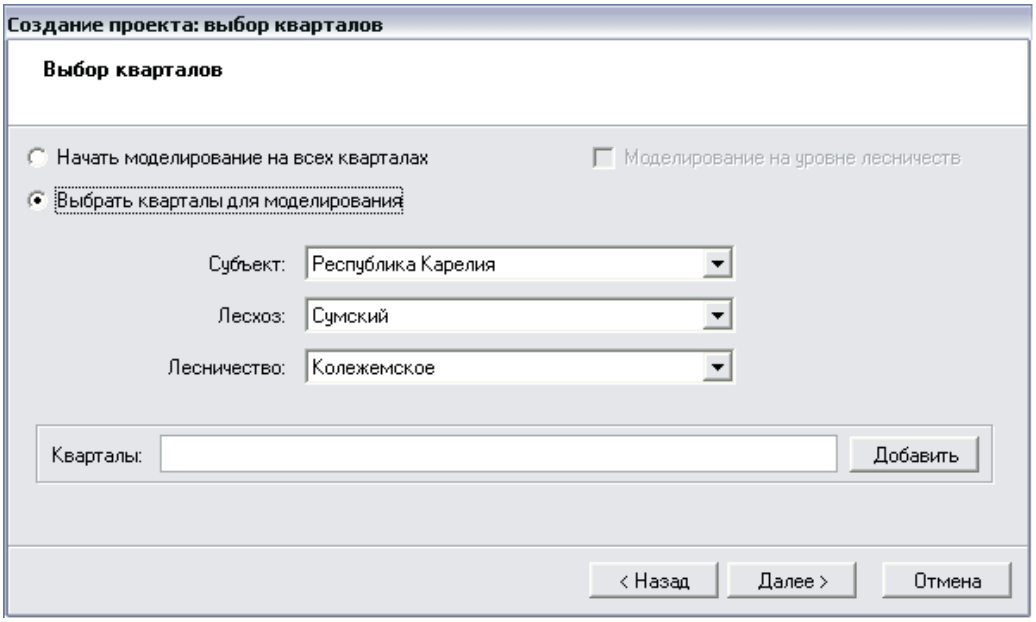


Figura 7— Página 5 del asistente

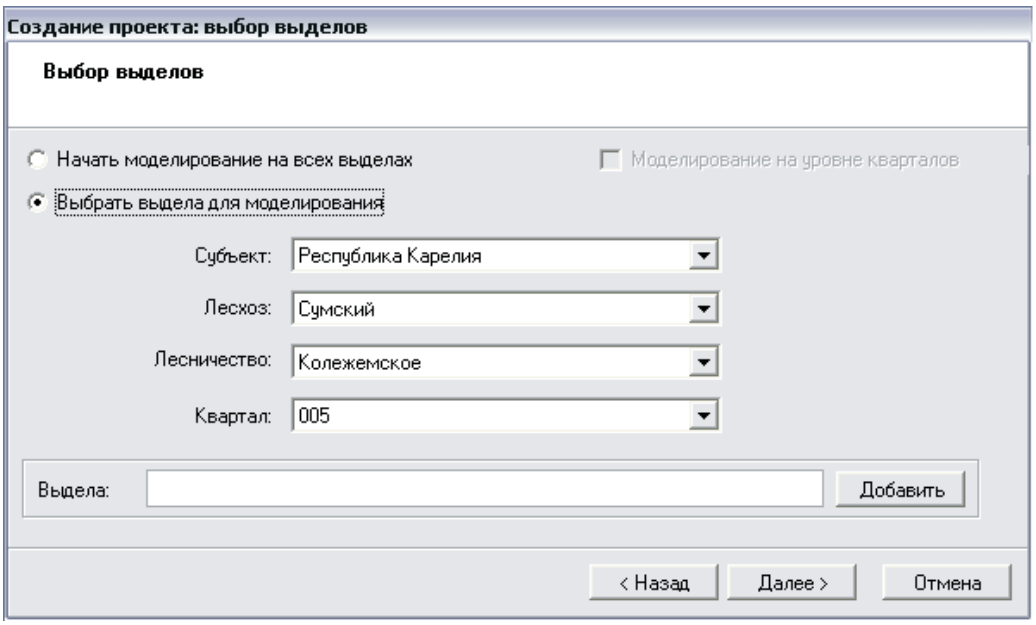


Figura 8— Página 6 del asistente

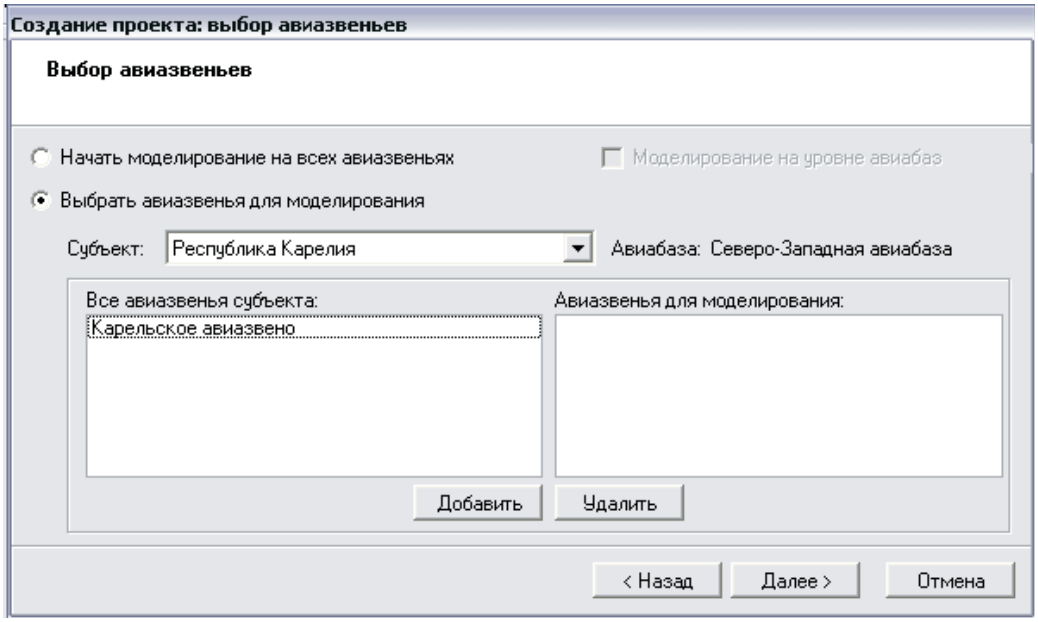


Figura 9— Página 7 del asistente

Si se selecciona la segunda fuente, el programa pide los archivos con las capas del mapa de la región que se va a simular, y las bases de datos con información sobre la meteorología y terreno.(fig. 10, 11).

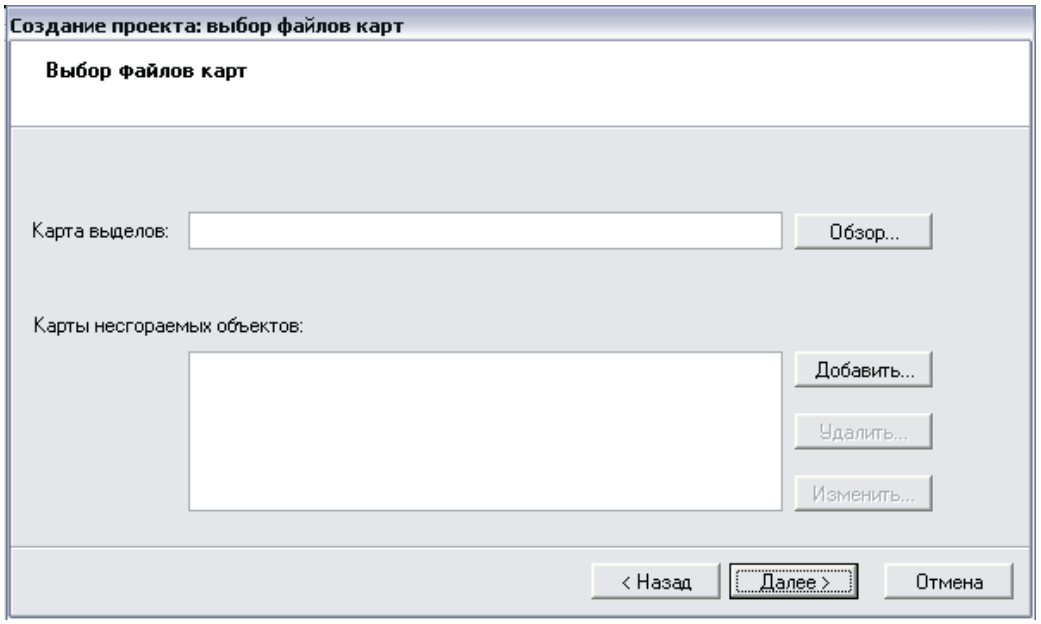


Figura 10—Capas de mapas

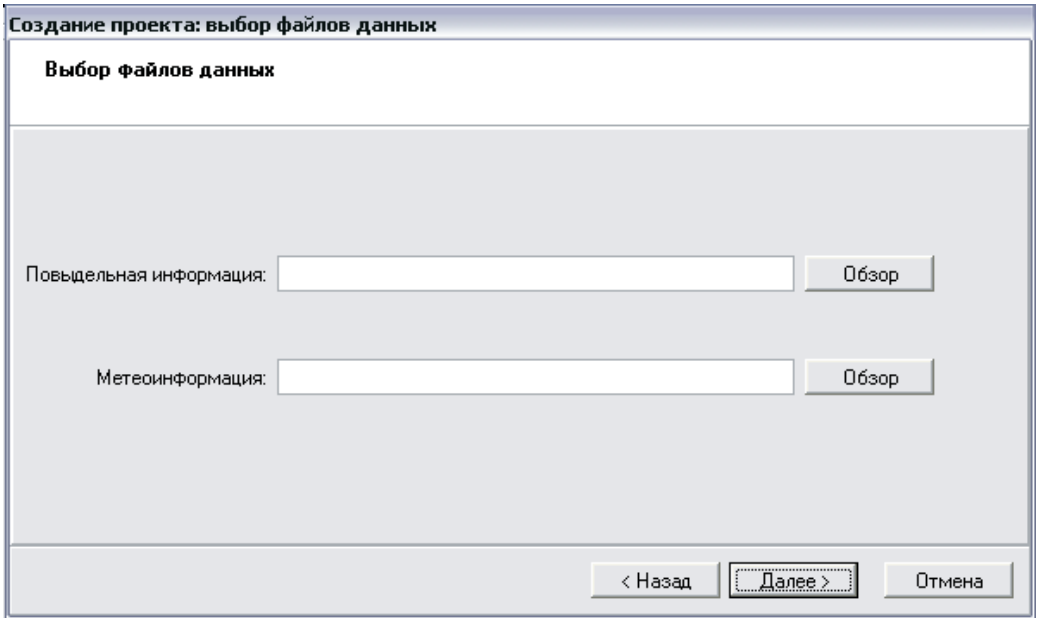


Figura 11—Bases de datos sobre meteorología y terrenos

Después de introducir los datos, el programa está preparado para la simulación.

Para empezar la simulación debe pulsarse el botón "Inicio" (fig. 1). En la ventana que aparece (fig.12), deben seleccionarse fechas y horas de inicio y final de la simulación, además de la fuente de información meteorológica.

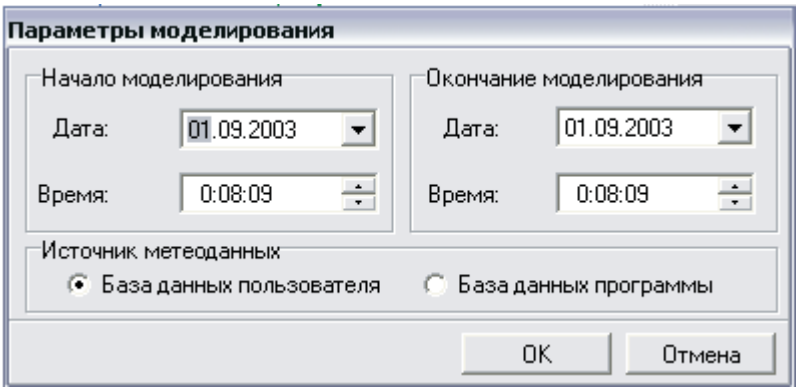


Figura 12—Ventana de inicio de simulación

Con el fin de introducir nueva información meteorológica durante la simulación, se utiliza "Simulación → Meteorología Info". Aquí (fig. 13), debe introducirse la velocidad y dirección en curso del viento, y tipo de peligro de incendio.

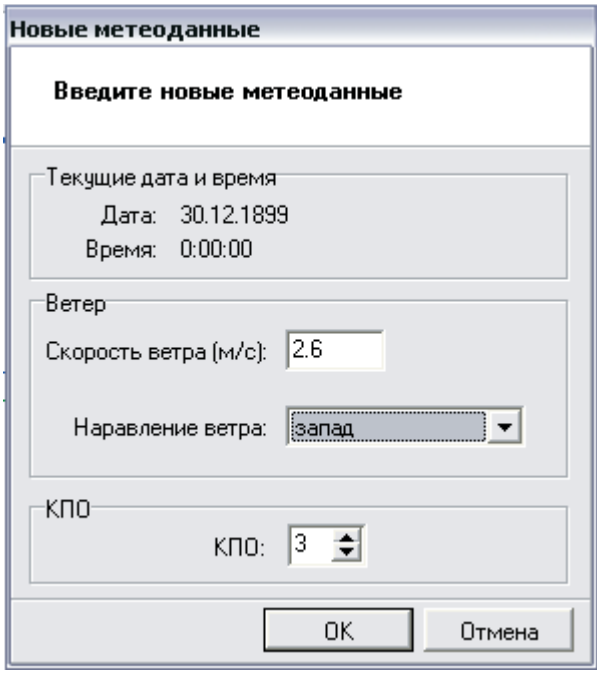


Figura 13—Nueva información meteorológica

Utilizando el grupo de botones "Zoom", puede acercarse (zoom in), alejarse (zoom out), ver todo el mapa, y volver al zoom inicial (fig. 14,15).

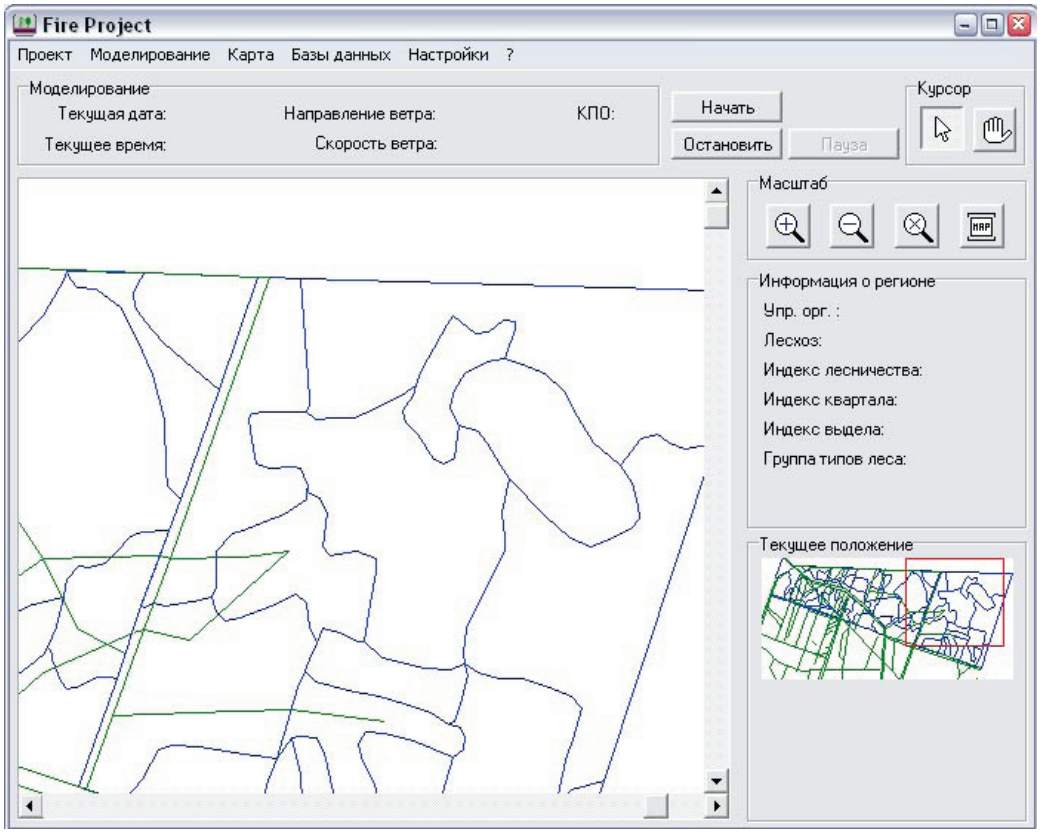


Figura 14—Zooming out

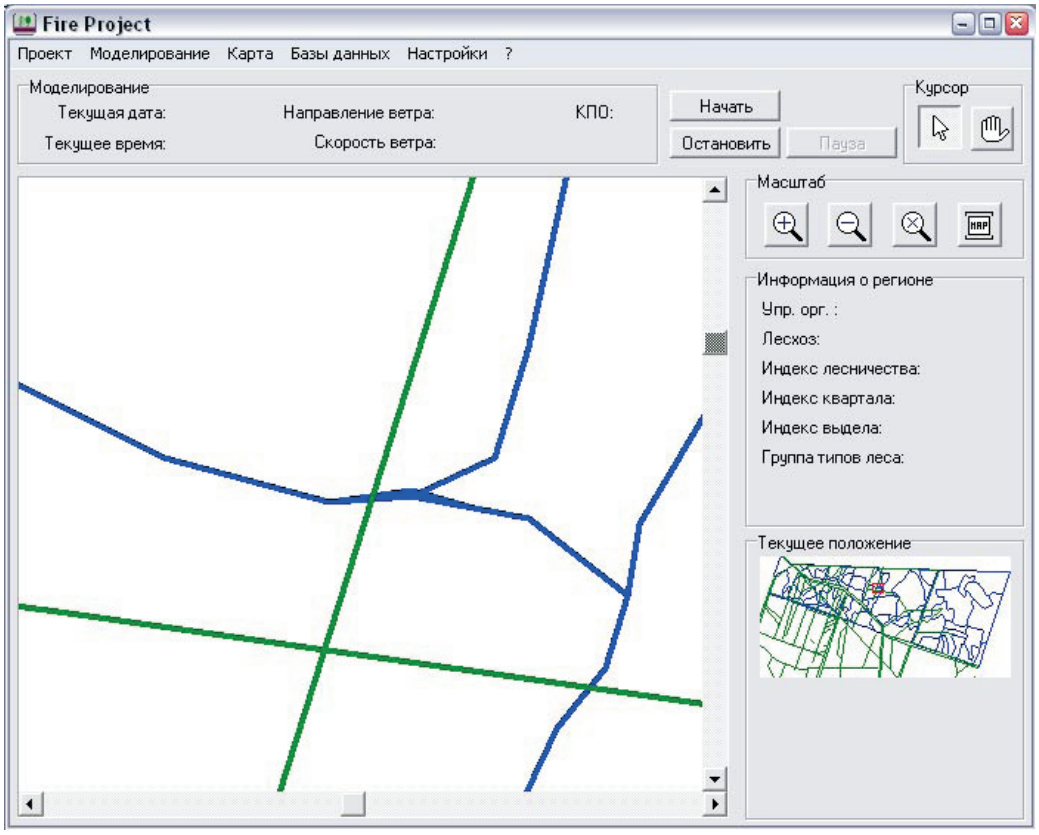


Figura 15—Zooming in

Las unidades de datos que pueden encontrarse en el menú principal en "Databases → …" (fig. 16) ayudan a ver y editar las bases de datos, utilizadas por el programa.

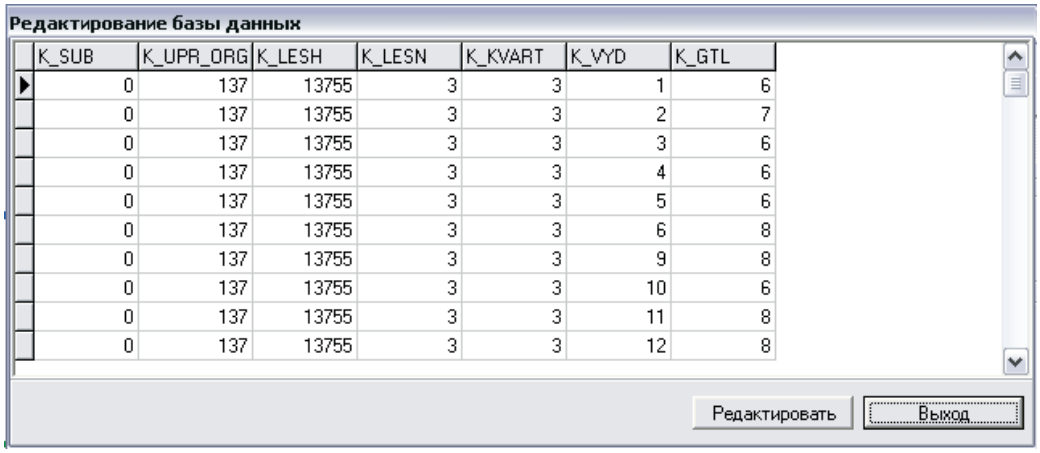


Figura 16—Ver y editar bases de datos

Las unidades de datos del menú principal en "Preferencias (settings) → Rutas (paths)" abren la ventana (fig. 17), donde deben introducirse las bases de datos básicas utilizadas por el programa..

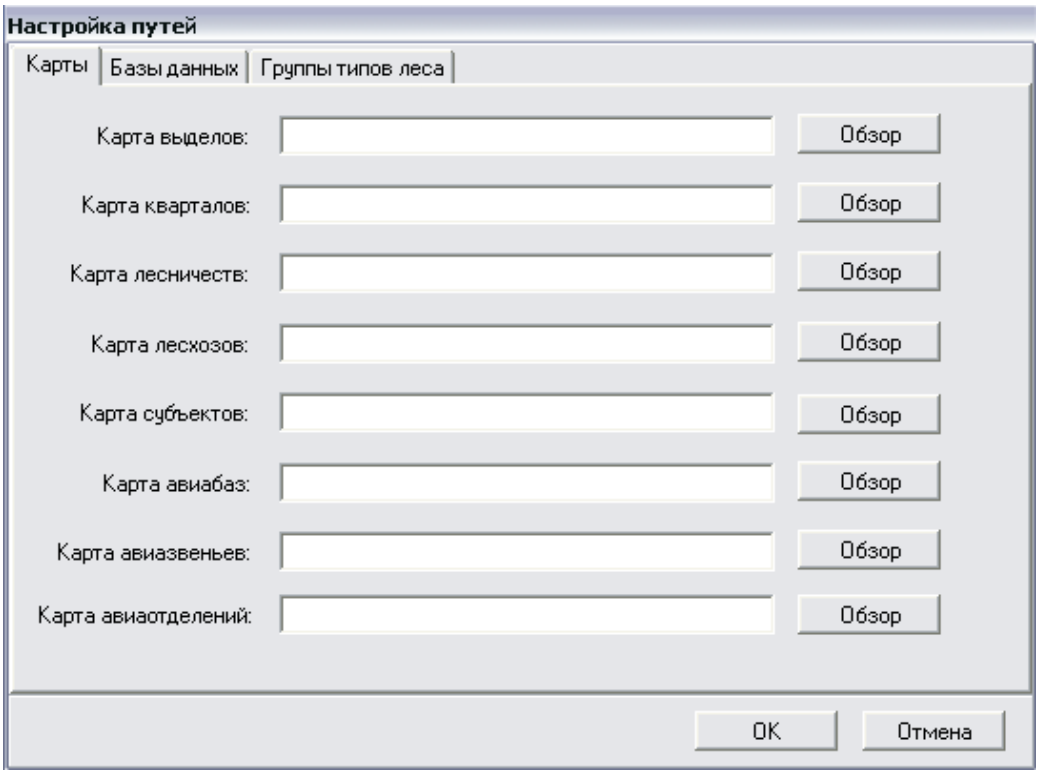


Figura 17—Edición de vías (paths)

Las unidades de datos del menú principal en "Simulación → Estadísticas" abren la ventana (fig. 18), con la superficie total del mapa, la superficie de la zona incendiada, y el perímetro del fuego.

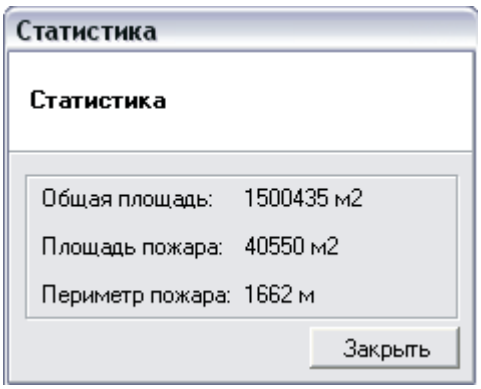


Figura 18—Estadísticas

Cuando la simulación de la zona incendiada está señalada con líneas rojas, el lado derecho de la ventana principal contiene información sobre la zona seleccionada, como tipo de capa vegetal del suelo y el nombre. En la parte superior de la ventana principal se despliega información sobre fecha, hora, velocidad y dirección del viento, y tipo de apreciación de peligro de incendio en curso (fig. 19).

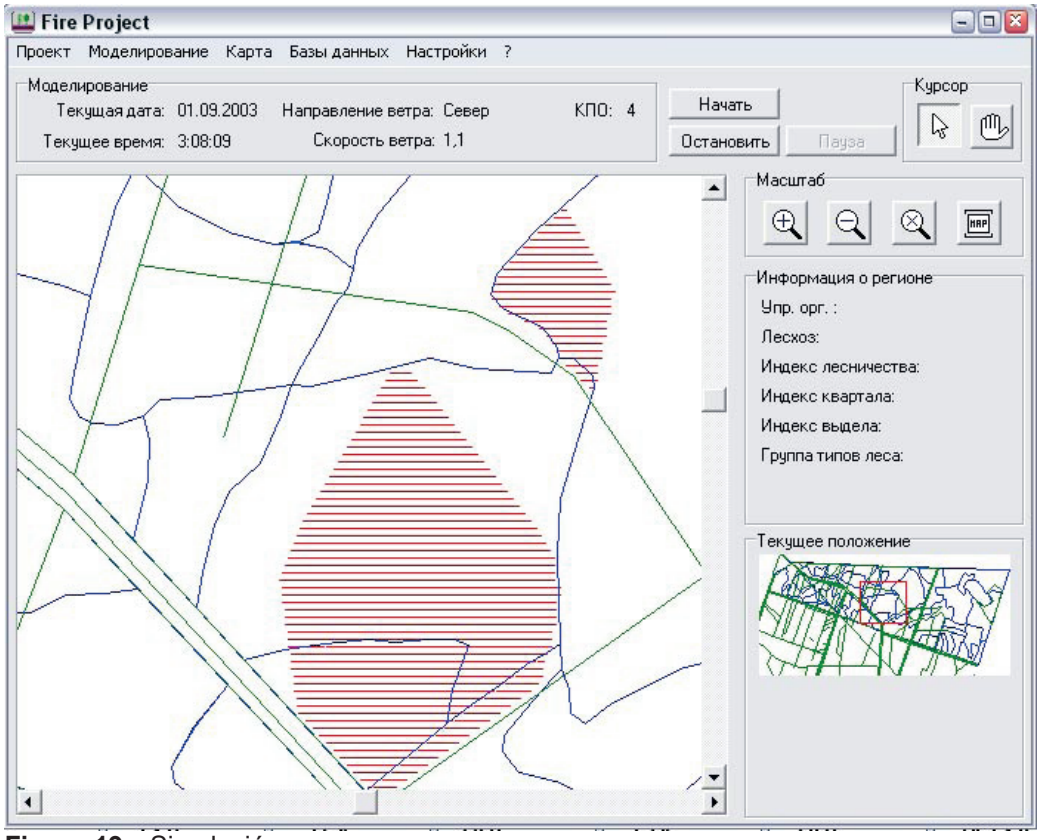


Figura 19—Simulación

Resultado

El algoritmo desarrollado y el programa pueden ser útiles para los servicios forestales y la gestión de sus actividades. También puede servir de utilidad para enseñar al personal de dichos servicios.

Referencias

Korovin G. N. Methods of evaluation of some parameters of ground forest fires, LenNIILX, 1969

Gostinciv U. A., Suchanob L. A. Aerodynamics of the environment in big fires. Linear fire, 1997

Maniobra Optima de los Recursos para la Lucha contra los Incendios Forestales[1]

Joseph Romanovsky,[2] Vladimir Sapronov,[3] Yuri Shur[4]

Resumen

Los recursos que se utilizan en la lucha contra los incendios forestales pueden ser diferentes, y requieren diversos tipos de maquinaria, medios químicos de lucha contra dichos incendios, explosivos y otros.

Podemos distinguir dos tipos de maniobras: las que se efectúan antes de la temporada de incendios, como por ejemplo, traslado de aeronaves a la base de operaciones, o las que se efectúan en tiempo real durante la mencionada temporada de incendios.

La persona que toma las decisiones relativas a los recursos en la lucha contra los incendios forestales debe tener un plan óptimo para transferir dichos recursos, desde donde estén disponibles hasta el lugar donde se necesitan. Y lo que es más, dicha transferencia debe ser realizada de acuerdo con algunos criterios, como por ejemplo, los costes de esta transferencia. Debemos advertir que los medios para transferir estos recursos, desde donde están disponibles a donde se necesitan, cambian mucho: pueden ser aviones, helicópteros, coches, etc. La dificultad para resolver el problema de la maniobra óptima depende también de los diversos tipos de recipientes, utilizados en la transferencia de recursos. Por ejemplo, las sustancias químicas pueden repartirse en sacos que pesen, 25, 50 y 100 kilos.

Una de las formas de resolver este problema de la maniobra óptima de los recursos para la lucha contra incendios forestales es la programación lineal entera mixta, que implica alguna modificación del método simplex de la programación lineal.

Con el fin de resolver este problema se ha desarrollado un conjunto de programas, que ofrece al usuario una forma práctica de conseguir la información sobre la disponibilidad y necesidades de los recursos. La información actual se estructura en diferentes bases de datos. La información sobre los medios y costes de la transferencia se utilizan para decidir el plan óptimo para resolver el problema del transporte. Este conjunto de programas está escrito con ayuda de Delphi 6.0.

Funcionalidad del programa

El programa debe procesar la base de datos con la información bien organizada sobre los incendios forestales, que está formada por los sistemas de información geográfica forestal regionales de los servicios de prevención aérea y terrestre.

---

[1] Una versión abreviada de esta ponencia se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía de los programas de protección contra incendios forestales, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] Catedrático, St.-Petersburg State University, Departamento de Matemáticas, St.-Petersburg State University, University embankment 7/9 St.-Petersburg 199034.

[3] Licenciado, St.-Petersburg State University, Chudnovskogo str., 9 flat 1, St.-Petersburg 193231.

[4] Director del Grupo de lucha contra incendios, doctor en economía, St.-Petersburg Forestry Research Institute, Institute pr. 21, St.-Petersburg 194021.

En este caso, la lucha contra los incendios forestales presupone tanto la maniobra preventiva de los recursos disponibles antes de la temporada de incendios, como la detección y extinción de estos incendios durante dicha temporada.

Los recursos comprenden a todos aquellos que son necesarios para la detección y extinción del incendio forestal: unidades técnicas, sustancias químicas, explosivos, etc.

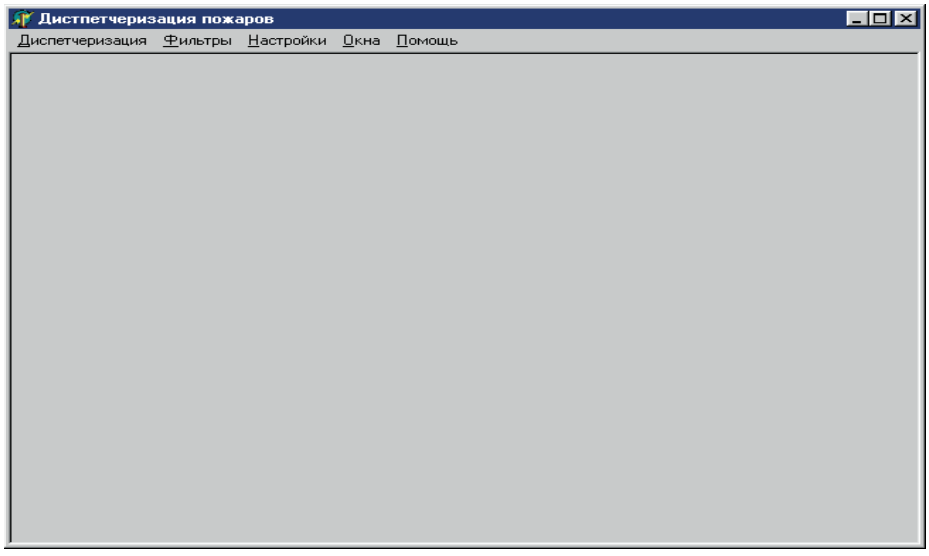
Las características para identificar los objetivos, que puedan requerir todo tipo de recursos, y que estén disponibles (como las coordenadas geográficas de los incendios forestales y las bases aéreas) se almacenan como formularios, tablas y archivos. Además, contienen información sobre la disponibilidad de los recursos libres que están fuera de la zona del incendio forestal, e incluye los nombres geográficos, coordenadas y costes del transporte de un recurso concreto. Después de realizar esta operación, hay información completa para resolver el problema de la maniobra óptima con las capacidades de los servicios de lucha contra incendios forestales en la central de operaciones.

Se ha tenido en cuenta que no existan en ese momento centrales de operaciones que dirijan a la vez la lucha aérea y terrestre contra los incendios forestales en las regiones del país. En la Federación Rusa, tampoco existen centrales de operaciones, a excepción del MPR, encargadas de dicha lucha. El programa puede utilizarse para trabajar, separadamente, tanto en la lucha aérea como en la terrestre.

Descripción del funcionamiento del programa

Al principio, aparece la ventana con el menú principal en el que se despliegan las siguientes opciones:

- expedición
- filtros
- preferencias
- ventanas
- ayuda

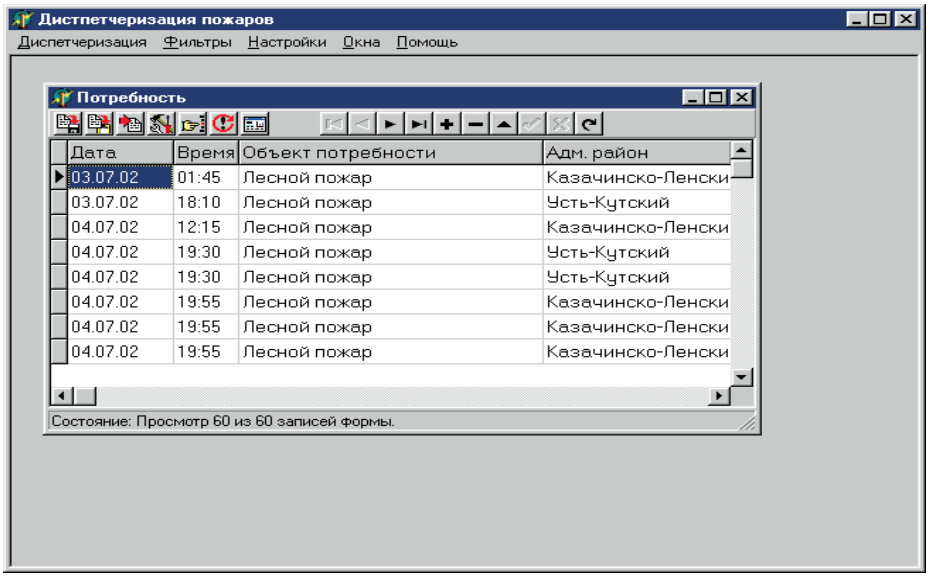


Después de elegir “expedición”, se puede ver un menú que despliega las siguientes opciones:

- necesidades

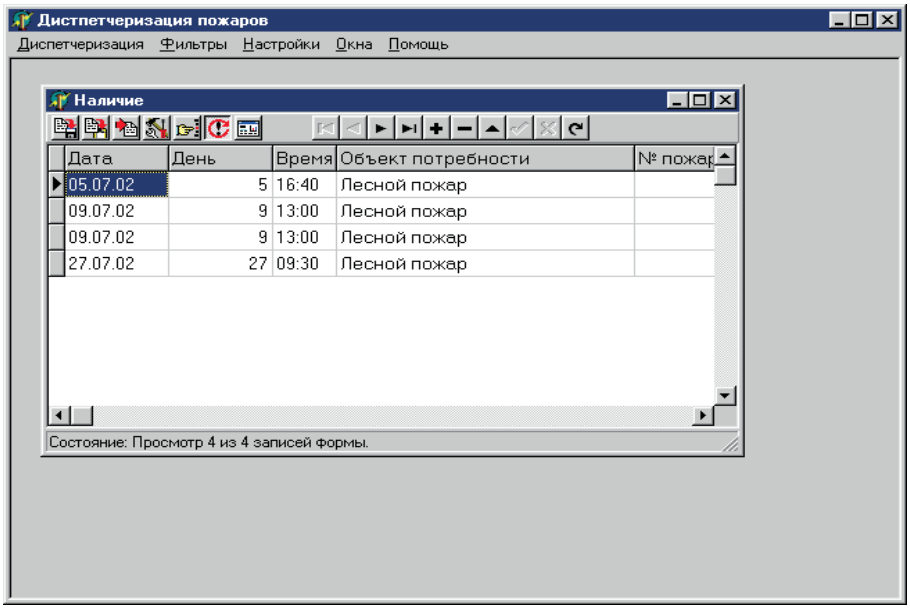
- disponibilidad
- costes

Después de elegir “necesidades” se puede ver una ventana como la siguiente:



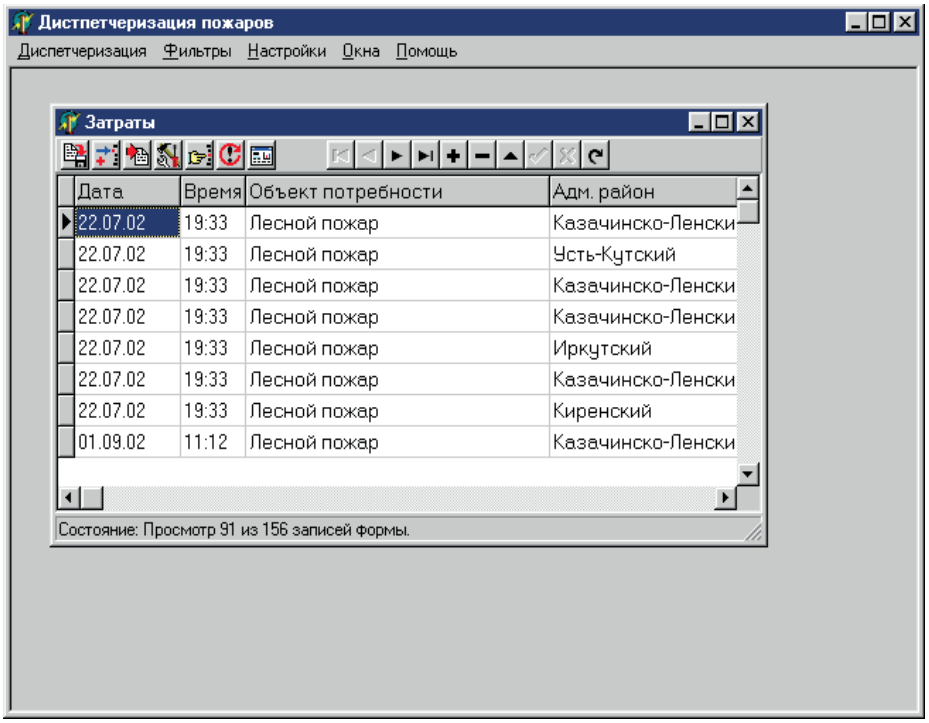
Las tablas y los formularios se muestran automáticamente, o se rellenan manualmente. Dichos formularios contienen información sobre las necesidades de recursos en el momento actual.

Después de elegir “disponibilidad”, puede verse una ventana como la siguiente:



Estas ventanas contienen información sobre la disponibilidad de los recursos. También puede introducirse manualmente.

Después de elegir “costes”, se puede ver una ventana como la siguiente:



Aquí se pueden introducir manualmente los datos sobre los costes de transporte de los diferentes recursos desde el lugar donde están disponibles hasta los sitios donde se necesitan.

Después de elegir “filtros”, en el menú principal se desplegarán las siguientes opciones:

- gestión de filtros
- necesidades
- disponibilidad
- costes

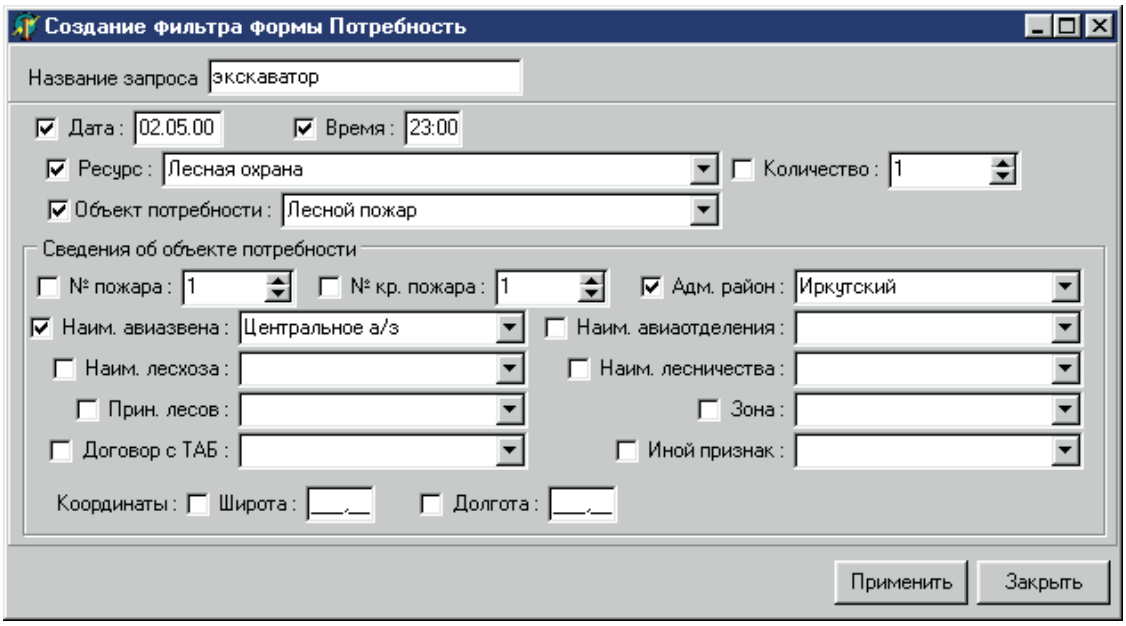
Después de elegir “necesidades”, el usuario tiene la oportunidad de crear una consulta sobre la necesidad de un tipo concreto de recurso. Con el fin de crear dicha consulta, el usuario debe seguir los siguientes pasos.

Elegir una consulta de las que ya existen.

En este caso, el usuario debe seleccionar la consulta concreta. En el campo “consulta”, puede ver la consulta elegida. Después de asegurarse que el contenido de la consulta cumple con los requisitos, el usuario comprobará en la casilla de verificación de la izquierda el nombre de la consulta, y pulsará el botón “aplicar”. El resultado de la consulta puede verse después al seleccionar la opción del menú “expedición->necesidades”.

Para cambiar el contenido de una consulta.

En este caso, el usuario después de elegir una de las consultas existentes puede activar el botón “cambiar”, y aparecerá la siguiente ventana.

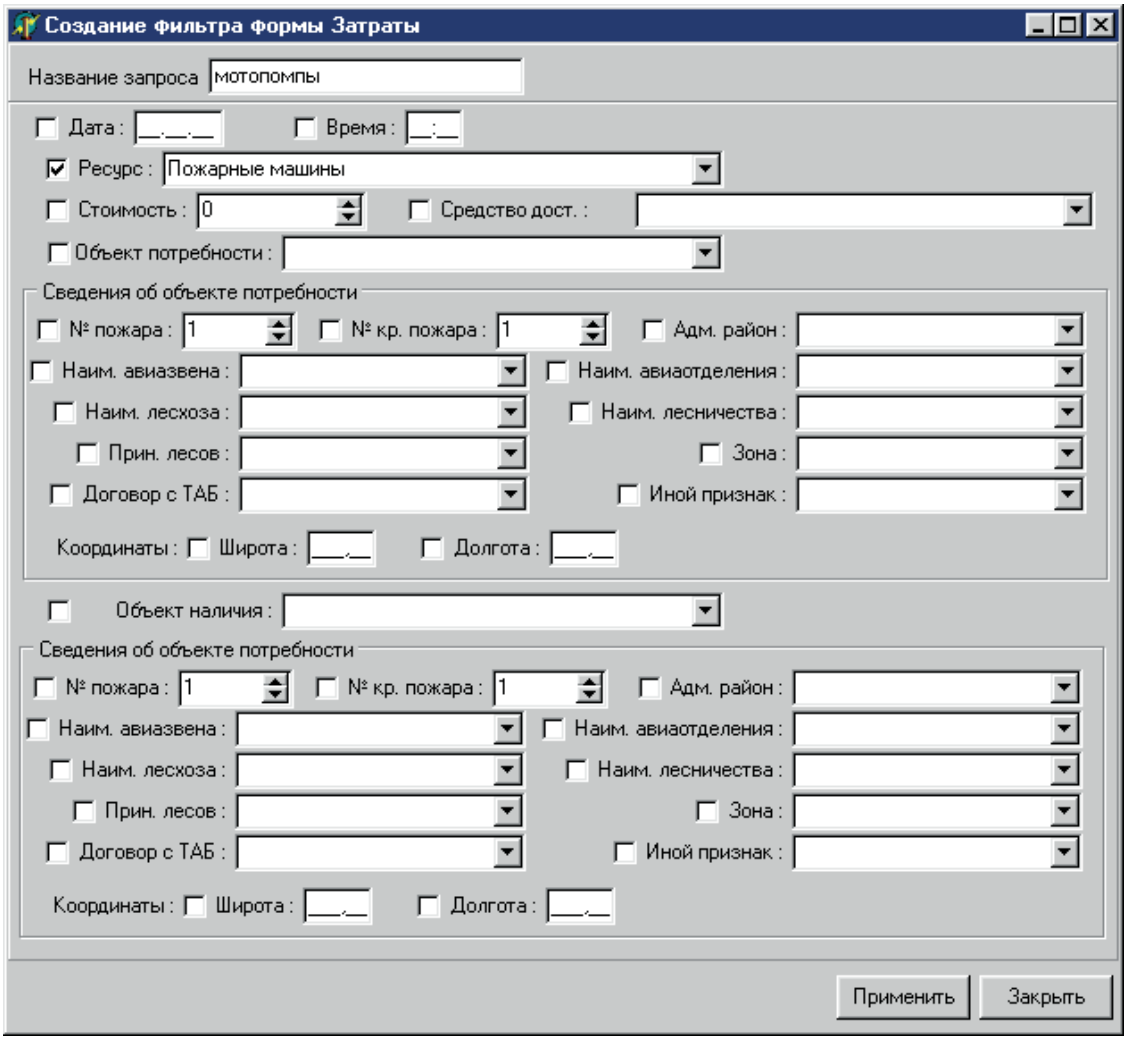


En esta ventana puede cambiarse el contenido de los campos. Dicho cambio se acepta si se comprueba en la casilla de verificación que hay a la izquierda del campo. Después, el usuario puede pulsar el botón “aceptar”. El usuario puede ver la consulta modificada en una ventana previa. Los siguientes pasos son muy parecidos a los del punto anterior.

Para añadir una nueva consulta.

El usuario debe abrir la ventana “gestión de filtros”. Después de pulsar el botón “añadir”, el usuario entra en la ventana “nuevo filtro” del formulario “necesidades”. En esta ventana, todos los campos están vacíos para que el usuario pueda añadir datos en la consulta. Los siguientes pasos son parecidos a los del punto anterior. Además de lo mencionado anteriormente, el usuario puede borrar una o varias consultas pulsando el botón “delete/borrar”.

El usuario puede hacer lo mismo para filtrar los formularios tabla “disponibilidad” y “costes”. La ventana “crear” del formulario filtro para “costes” puede ser como la siguiente:



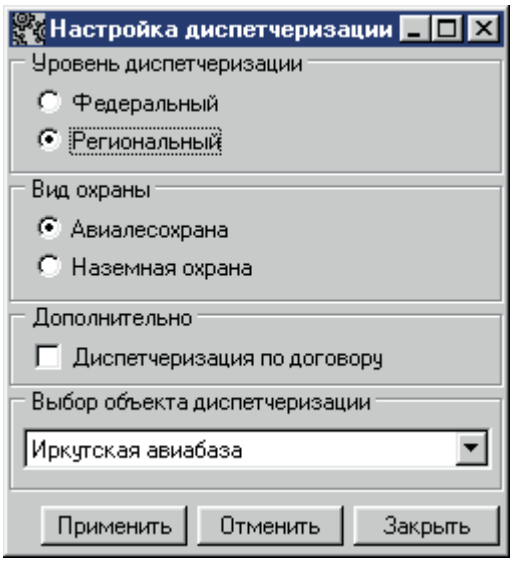
Los submenús “necesidades”, “disponibilidad” y “costes” del menú “filtros” son necesarios para realizar una sola consulta para las tablas de “necesidades”, “disponibilidad” y “costes”. Al pulsar “activar” se realiza la consulta. Si selecciona en el menú la opción “clear/borrar”, todos los filtros relacionados con estos formularios y tablas se borran.

El lenguaje de las consultas puede ejecutarse también cuando los formularios y las ventanas de la opción del menú “expedición” están abiertas.

Cuando se selecciona el menú “preferencias”, el usuario tiene las siguientes opciones:

- “expedición”
- “rutas”
- “formularios”

Después de activar la opción del menú “Expedición”, el usuario puede ver la siguiente ventana:

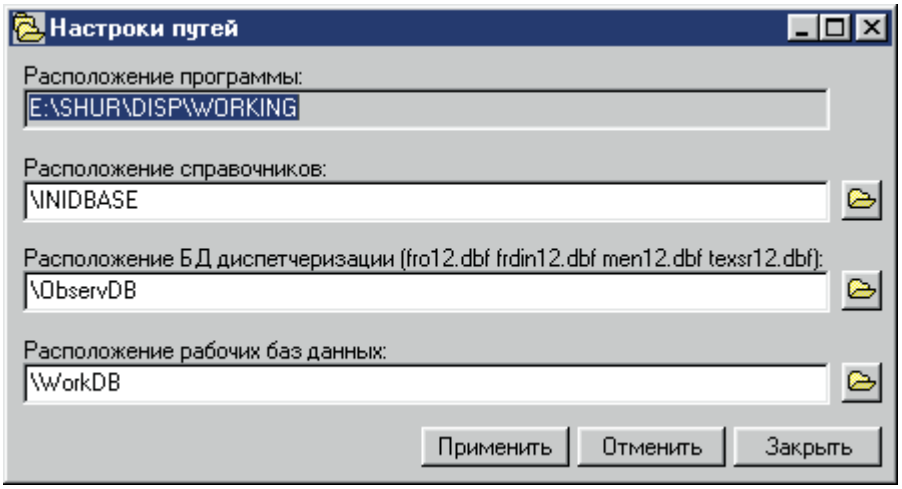


Y aquí puede elegir:

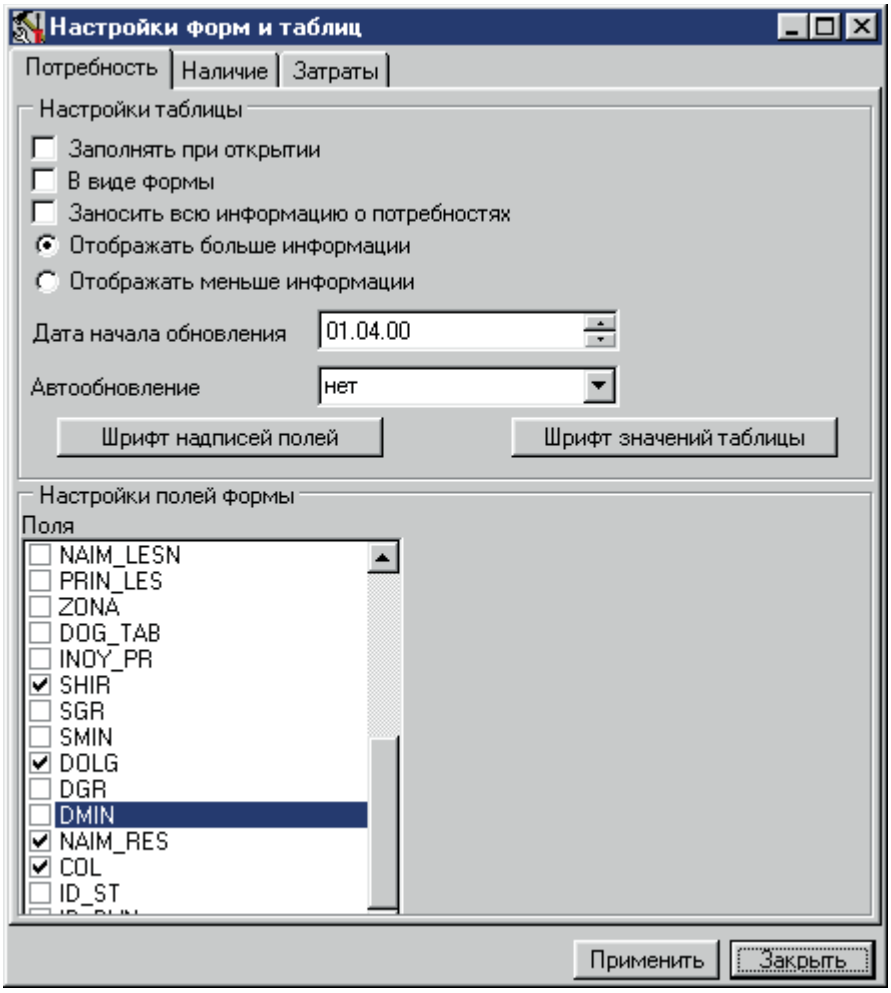
- ámbito de la expedición (regional o federal)
- tipo de lucha contra incendio forestal (terrestre o aérea)
- tipo de relación entre los modos de gestión (con contrato o sin contrato)
- motivo de la expedición

Esta opción se considera aceptada después de pulsar el botón “aceptar”.

Después de elegir “rutas”, el usuario puede definirlas para el emplazamiento del programa y las diferentes bases de datos, utilizadas por el programa. Esto se hace en la siguiente ventana:



Después de elegir la opción del menú “formulario”, el usuario puede ver la ventana siguiente:



Aquí, el usuario puede definir las preferencias para los formularios y tablas para “disponibilidad”, “necesidades” y “costes”.
Hay dos grupos de preferencias:

- preferencias de tablas,
- preferencias de formularios.

En el primer grupo, el usuario puede:

- rellenarlos cuando entre o no;
- introducir información como una tabla o no,
- introducir toda la información sobre las necesidades o no,
- mostrar toda la información o no (lo último supone que el usuario solo necesita algunos campos),
- introducir la fecha de actualización de lo extraído de las bases de datos (lo que significa que el usuario puede activar alguna fecha, después de la cual, la información de las bases de datos concretas será extraída)
- activar de forma automática el intervalo de tiempo, empezando desde el momento en el que se obtiene la información de las bases de datos,
- activar las fuentes de los nombres y el contenido.

En el segundo grupo, el usuario puede:

- elegir los campos de los formularios que se mostrarán y que podrán cambiarse. Para realizar esto, el usuario debe comprobar la casilla de verificación que está a la izquierda del nombre del campo.

Después de elegir el menú "ventanas", el usuario puede activar el emplazamiento de las ventanas. La opción del menú "ayuda", muestra el contenido de ayuda del programa.

Herramientas de programación

El conjunto de programas está escrito en Delphi 6.01, y puede funcionar bajo Windows 98, Windows NT, y Windows 2000.

Esta página se deja en blanco intencionadamente.

Seguimiento de Grandes Incendios Forestales, para el Apoyo a la Valoración de Pérdidas Económicas[1]

Miguel Castillo S.; Patricio Pedernera A.; Guillermo Julio A.[2]

Resumen

Se aplicó el Simulador de Expansión de Incendios Forestales del Sistema KITRAL para la recreación de las condiciones por las cuales, grandes incendios afectaron a una empresa forestal durante el mes de febrero de 1999, en la Octava Región de Chile. El objetivo del estudio se centró en determinar cuántos eventos y en qué instantes de tiempo, afectaron a un predio en particular, para propósitos de cuantificar los daños económicos directos y apoyar la toma de decisiones para el Sistema de Seguros. Al respecto, se determinó que el predio de interés fue afectado por tres incendios, de un total de siete que afectaron a la zona en estudio.

Introducción

La Octava Región de Chile fue severamente impactada por la ocurrencia y propagación de incendios forestales en el transcurso del período 7 al 11 de febrero de 1999, con daños que, de acuerdo a las estimaciones de la Corporación Nacional Forestal (CONAF), excedieron a las 40 mil hectáreas. La conflictiva situación, que particularmente afectó a la zona costera de la Provincia de Concepción, fue generada principalmente por las condiciones meteorológicas de grado extremo que prevalecieron previamente y en el transcurso del período antes señalado y, también, debido a los efectos acumulativos de una prolongada sequía en la zona. Entre las cuantiosas pérdidas ocasionadas por los incendios, cabe señalar los originados a extensas plantaciones de Pino radiata, pertenecientes a diversas empresas forestales. Los daños directos resultantes sobre este recurso fueron cuantiosos, de una magnitud sin precedentes en los últimos 30 años, en la región, o por menos, desde que existen estadísticas oficiales sobre incendios forestales.

Lógicamente, un hecho de tal naturaleza, por la gravedad que representa, requirió ser profundamente analizado, por las implicancias económicas, sociales y ambientales que derivan. Indudablemente, las empresas forestales afectadas necesitan conocer exactamente cómo ocurrió el problema, y en qué forma y en qué oportunidad fueron dañados sus predios. Sin embargo, después de los incendios, el análisis visual de los terrenos quemados no permitió identificar con claridad los patrones de la propagación del fuego, y la información registrada en las centrales de operaciones no fue suficiente para determinar con completa precisión, la

[1] Una versión abreviada de este trabajo se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación, y economía de los programas de protección contra los incendios forestales: una vision global. 19–22 Abril 2004, Córdoba, España.

[2] Académicos, Departamento Manejo de Recursos Forestales, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile, Casilla 9206, Santiago, Chile.

propagación del fuego en la medida que arrasaban las plantaciones forestales. Por tal razón, se consideró la realización de un estudio cuyo propósito fue determinar los modelos de propagación del fuego de los diferentes siniestros ocurridos en los días 7 y 8 de febrero, a fin de conocer el origen de los daños en cada uno los predios afectados. Para este estudio, se contempló preferentemente analizar la situación del Predio Trinitarias, perteneciente a la empresa Forestal Bío Bío S.A.

Para la ejecución del estudio se utilizó el simulador de incendios del Sistema KITRAL. Los resultados de la simulación revelan claramente los modelos de propagación del fuego de los incendios analizados, que predios fueron afectados en sus avances y en qué oportunidad se produjeron los daños.

Conforme a lo anterior, se plantearon los siguientes objetivos: definir mediante el empleo del simulador de incendios del Sistema KITRAL, los modelos de propagación de los incendios forestales ocurridos durante el período señalado, aportar antecedentes respecto al comportamiento de los incendios forestales que afectaron al predio Trinitarias y otros, de propiedad de la Empresa Forestal Bío Bío S.A., y determinar la superficie quemada por cada uno de los incendios que afectaron al predio antes mencionado.

Métodos

El estudio fue desarrollado mediante un procedimiento que contempló la ejecución secuencial de las siguientes etapas: una actualización de Información Digital sobre Combustibles Forestales, la obtención de Parámetros Ambientales para la Simulación de los incendios considerados en el estudio. Posteriormente se empleó el Simulador de Incendios del Sistema KITRAL, cuyos resultados fueron procesados en un SIG.

El Sistema KITRAL

KITRAL es un sistema completamente elaborado en Chile, cuyo funcionamiento está apoyado en medios computacionales, y cuyo desarrollo se ha basado en la construcción de diversos módulos independientes interconectados que permiten al usuario poder realizar en forma ágil las actividades de mayor frecuencia en una central de operaciones. Entre sus principales características, destaca la capacidad de poder pronosticar la propagación del fuego a distintos instantes de tiempo, además de reconstruir eventos históricos y evaluarlos en términos de superficie, forma del siniestro y cuantificación de los combustibles afectados (Julio y otros 1995).

Con la simulación de un incendio, es decir, con la representación anticipada de las características que adquirirá en periodos posteriores a su iniciación o a partir de un momento dado de su desarrollo, es posible obtener una enorme cantidad de antecedentes útiles, tales como su velocidad y modelo de propagación, cantidad de energía liberada, longitud de las llamas, efectos de la radiación vertical, extensión del perímetro y esfuerzo requerido para el control, por mencionar los más relevantes.

El aspecto clave en la simulación del comportamiento del fuego, es la determinación de la velocidad y modelo de propagación, por cuanto a partir de estas dos variables, y siendo conocidas las condiciones ambientales prevalecientes en el terreno afectado, es posible estimar el efecto de los otros componentes presentes en la expansión del incendio (Julio 1999).

Son innumerables las variables que influyen en el modelo de propagación de un incendio forestal, o en la forma que va adquiriendo un foco en el plano horizontal, a medida que transcurre el tiempo desde su inicio. No obstante, la experiencia indica que la velocidad de propagación del fuego depende esencialmente de cuatro factores del comportamiento del fuego: Tipo de Vegetación (Modelo de Combustible), Contenido de Humedad de la Vegetación, Pendiente del Terreno y Velocidad del Viento (Brown y Davis 1973, Albini 1976).

Diversas investigaciones han demostrado que, tanto el modelo de combustible como el contenido de humedad de la vegetación, si bien afectan a la velocidad de propagación del fuego, no influyen en el modelo de propagación. Es decir, para diferentes niveles de valores o condición de los factores antes mencionados, se producirán también diferentes tamaños del incendio, pero siempre mantendrá la figura geométrica que generará el foco en el terreno, si los otros factores (pendiente y viento) se mantienen constantes. Por otra parte, las variaciones del modelo de combustible y el contenido de humedad no se presentan en superficies pequeñas (Anderson, 1983).

En cambio, con la inclinación del terreno y la intensidad del viento, la situación es diferente. Las relaciones de estos factores con la velocidad de avance del fuego no son lineales, de modo que las variaciones en sus niveles afectarán al modelo de propagación del incendio, aunque se mantengan constantes el modelo de combustible y el contenido de humedad de la vegetación. También, las fluctuaciones en el viento (dirección e intensidad) y en la pendiente (grado de inclinación y exposición), son muy altas, incluso en extensiones pequeñas, y además se pueden observar cambios significativos en sus efectos según el rumbo de la propagación (Andrews 1986).

El Simulador de incendios fue puesto a prueba bajo condiciones reales, recopilándose información completa y confiable de más de 120 incendios forestales de distintas magnitudes. Los resultados indican que KITRAL es capaz de efectuar pronósticos superiores al 90 por ciento en incendios superiores a las 60 hectáreas reales afectadas. A su vez, en siniestros con superficies inferiores a 2 hectáreas, el nivel de confiabilidad baja aproximadamente a un 58 por ciento, lo cual técnicamente es razonable si se considera que la unidad mínima de información presente en las bases de datos geográficas del sistema, se compone de celdas de 25 metros cuadrados para todos sus niveles de información (Castillo 1998).

Lo anterior prueba la alta confiabilidad del simulador, particularmente en el caso de incendios grandes, lo que junto a la velocidad de procesamiento que posee (proyección de 12 horas futuras en tres minutos), representa un muy buen estándar, dada la complejidad del tema y la elevada cantidad de variables, con sus respectivas funciones que concurren en el proceso.

Actualización de Información Digital sobre Combustibles Forestales

Consistió en la realización de un proceso de ajuste de los mapas de combustibles del sistema KITRAL, mediante la inclusión, en su base de datos geográfica, de los combustibles forestales identificados por la Empresa Forestal Bío Bío S.A. al interior de sus respectivos predios. Para ello se procedió a incorporar a la base de datos del sistema las cubiertas prediales rodalizadas proporcionadas por la Empresa, y a la calificación de las formaciones vegetales existentes dentro de los rodales, como

modelos combustibles forestales de acuerdo con la clasificación de Modelos de Combustibles desarrollada para el Sistema KITRAL.

Como resultado, se obtuvo un mapa digital de combustibles que cubre la totalidad de la zona de estudio, el que fue empleado para realizar las simulaciones de los incendios forestales.

Obtención de Parámetros Ambientales para la Simulación

En esta etapa, se procedió a estudiar el conjunto de los datos sobre el estado meteorológico observado en la zona de estudio, para los días correspondientes al período de interés. Sobre la base del análisis de los antecedentes recolectados, se evaluó posteriormente la factibilidad de empleo del Simulador de Campos de Vientos del Sistema KITRAL. De acuerdo con los antecedentes estudiados, la situación observada durante los días 07, 08, 09 y 10 de febrero demuestra claramente la existencia de condiciones favorables para la generación de incendios de comportamiento extremo, con un elevado grado de dificultad para el control. La existencia de altas temperaturas, unidas a la presencia de un viento de alta velocidad y a una sequía acumulada de varios meses, contribuyó a que la propagación de los incendios alcanzara una alta conflictividad durante todo el día 07 de febrero. Como una forma de asemejar el valor de las variables ambientales a simular, respecto a las condiciones reales presentes en el área, en cada una de las simulaciones se ajustó el valor de cada una de ellas, para lograr representar adecuadamente las condiciones de día y noche, dada la duración del período de estudio considerado.

Empleo del Simulador de Incendios del Sistema KITRAL

El proceso de simulación fue desarrollado en forma independiente para cada incendio, obteniéndose como resultado un plano de propagación libre, que no incluye acciones de combate, para un período comprendido entre la hora de inicio de cada evento, y las 10:00 horas del día siguiente. El tiempo fue expresado en minutos, y se midió desde el momento de inicio del incendio (o minuto 0). Una vez localizados geográficamente los puntos de inicio, se efectuaron las simulaciones para cada evento, hasta lograr ajustar en forma aproximada el modelo de propagación del incendio simulado con la figura real del incendio. Como resultado de esta etapa, se generaron siete planos de tiempos de propagación, uno por cada incendio considerado en el estudio, cubriendo aproximadamente la misma superficie y a la misma resolución espacial. Posteriormente, estos planos fueron traspasados a un Sistema de Información Geográfica, con el cual se desarrollaron los análisis finales del estudio.

Procesamiento de los Incendios Simulados en SIG

El Sistema KITRAL posee herramientas que posibilitan el despliegue de los incendios simulados en pantalla, utilizando para ese efecto bandas de colores diferentes, las que permiten identificar la posición de los frentes de fuego en intervalos definidos por el usuario (que en este caso fueron cada 60 minutos). Sin embargo, para efectos del análisis que se deseaba realizar (integración de todos los modelos de propagación), el sistema no cuenta con herramientas orientadas para tales

fines, razón por la que todo el procesamiento final debió realizarse por medio del empleo de los SIGs Idrisi para Windows y ARC/INFO para Unix.

Los procesos involucrados en esta etapa fueron: i) clasificación de los mapas de tiempo obtenidos en intervalos referidos a un instante de inicio común, y ii) generación de mapas de conjunto donde fuese posible observar el desarrollo integrado de todos los incendios en un mapa único. Para estos efectos, se consideró como tiempo cero (o tiempo de inicio común para todas las simulaciones) la hora de inicio del incendio Huidanqui (11:00 del 07/02/99), dado que todos los demás siniestros analizados comenzaron en horas posteriores. Este proceso se realizó mediante la suma de la cantidad minutos adecuada, para desplazar el instante de inicio de la simulación realizada en el KITRAL, hasta el instante de tiempo que realmente le correspondió, en relación con la hora de inicio del incendio Huidanqui. De esta manera, se sumó a la hora de inicio de cada incendio la cantidad de minutos que se presenta a continuación:

Tabla 1— *Relación de tiempos de inicio real y los ingresados al Simulador del Sistema KITRAL.*

Incendio	Hora de inicio real en la simulación	Minuto de inicio en la simulación con KITRAL	Minutos a sumar en la simulación
Huidanqui	11:00	0	0
Hualqui	13:00	0	120
Puente 5	13:10	0	130
Quebrada Honda	14:40	0	220
San Lorenzo	15:50	0	290
Santo Domingo	19:50	0	530
Coihueco	22:20	0	680

Con los planos de tiempo ajustado obtenidos, se procedió a realizar una subdivisión del intervalo de tiempo (11:00 del 01/02 hasta las 10:00 hrs. del 08/02), de modo que se obtuviese una representación más clara de la situación de avance de todos los incendios como conjunto. Para esto, se dividió el período considerado en cinco intervalos irregulares, considerando que para todos los incendios se debía mostrar alguna propagación, de acuerdo con los instantes de inicio de cada uno. Esto se logró construyendo mapas de situación para las 14:00, 17:00, 21:00 y 24:00 horas del 07/02, y para las 03:00, 07:00 y 10:00 horas del 08/02.

El paso final correspondió a la estimación de la superficie afectada por cada incendio dentro del conjunto. Debido a que el sistema entregó, para este caso, la situación de cada incendio en forma independiente, sin tomar en cuenta su interacción con los otros, fue necesario desarrollar un programa que analizara los tiempos de encendido de cada unidad de análisis, considerando la propagación conjunta de aquellos incendios que se juntaron en algún momento del período de análisis. El programa desarrollado emplea un algoritmo que recorre todos los pixeles de cada uno de los planos de tiempo generados por incendio, asignando a los pixeles de resultado un identificador que señala el primer incendio que alcanzó dicho pixel en su propagación. Este proceso fue necesario para poder identificar, dentro del predio Trinitarias, las superficies que fueron afectadas por cada uno de los incendios bajo análisis. En esta parte del estudio, sólo se consideraron los incendios que podrían haber tenido algún efecto sobre el predio de interés (Huidanqui, Hualqui, Puente 5, Quebrada Honda y Coihueco), descartándose los incendios San Lorenzo y Santo Domingo, porque claramente se constataba que no habían afectado al predio en cuestión. Así se obtuvo, entonces, el plano de superficies quemadas para cada incendio dentro de la zona del predio Trinitarias.

Resultados

Simulación de Incendios

En el caso de las simulaciones obtenidas mediante el empleo del sistema, las figuras siguientes presentan la propagación de los incendios individuales, donde cada banda de color, señala la posición del frente de fuego cada 60 minutos desde el momento de inicio del incendio, hasta la hora señalada como tiempo máximo de simulación (10:00 horas).

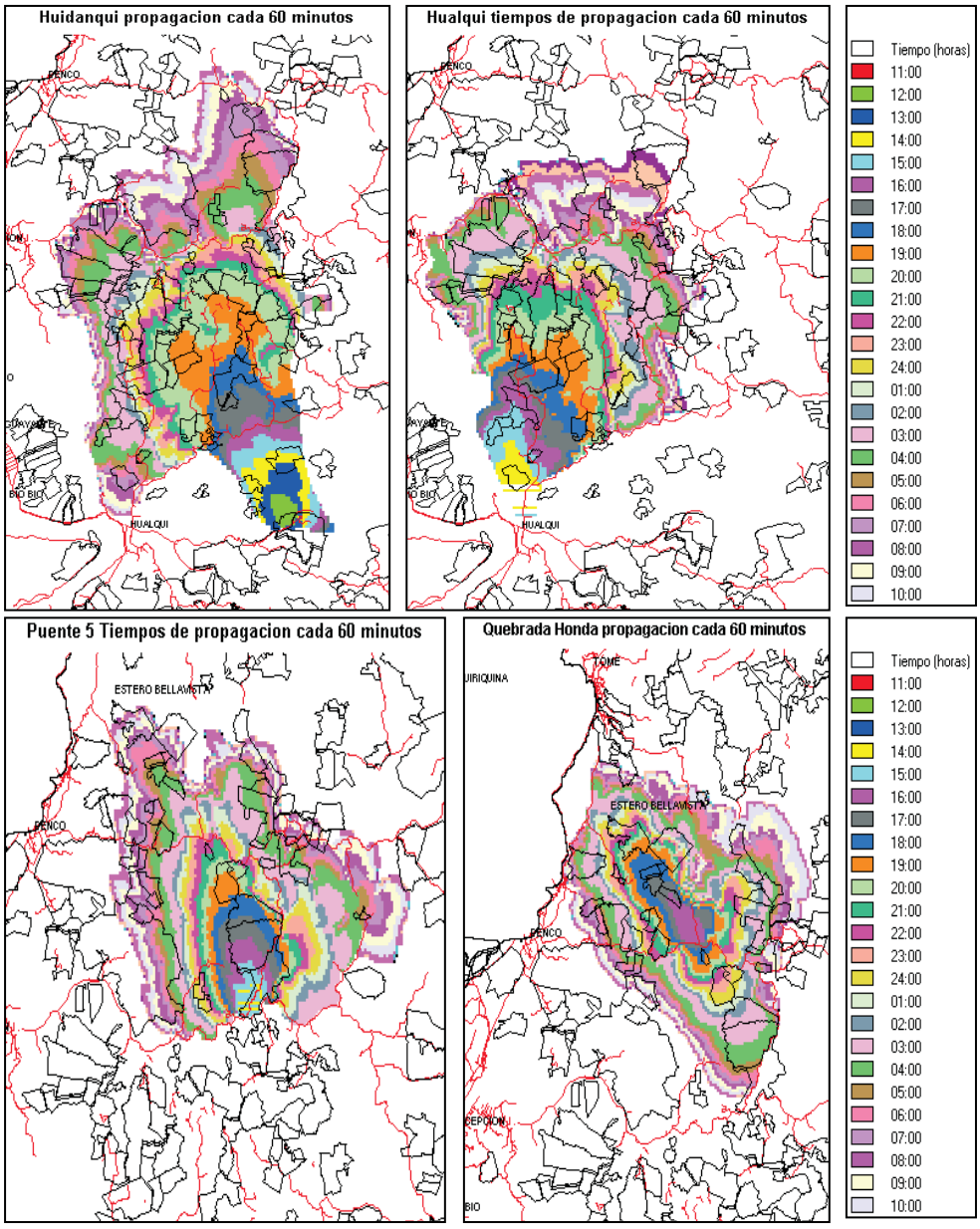


Figura 1— Simulación de incendios forestales a un período de 24 horas, utilizando el Sistema KITRAL. Las distintas bandas de colores representan cotas de propagación del fuego cada 60 minutos.

En todos los casos, es posible apreciar el violento avance de los incendios en las primeras horas transcurridas desde su inicio. Por otra parte fue posible apreciar el efecto de las condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa que actúan como retardantes de la propagación en las horas de la noche.

Procesamiento de los Incendios Simulados en SIG

Una idea más general de la situación acaecida durante los incendios del 07 de febrero, se pudo obtener al generar un mapa que muestra la situación general para períodos de tiempo posteriores al inicio de los incendios.

Al respecto, conviene mencionar que para mostrar esta situación, se seleccionaron intervalos de tiempo que permiten tener una visión relativamente clara del avance de los siniestros, cuidando de mostrar algún tiempo de propagación para cada uno de ellos. La Figura 2 muestra la situación general cuando habían transcurrido 3 horas desde el inicio del incendio Huidanqui, y 1 hora desde el inicio del incendio Hualqui.

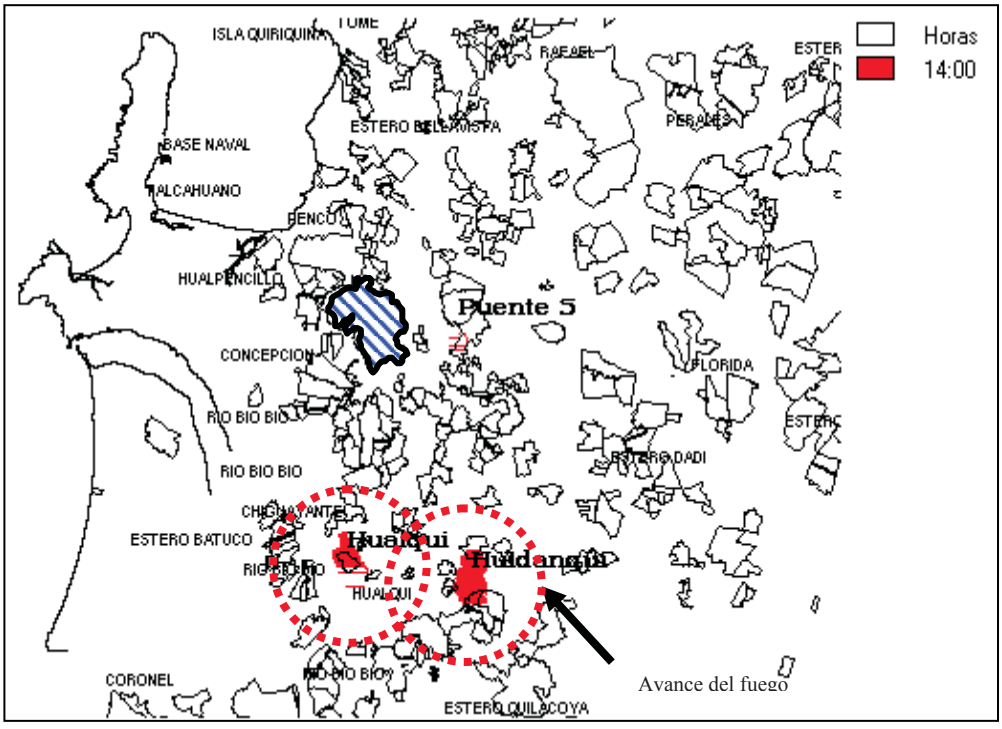


Figura 2—Situación General a las 14:00 del día 07 de Febrero. El sector achurado señala el predio de mayor interés en el estudio (Trinitarias). Los círculos señalan los principales focos, con propagación N-NE.

En la figura, se puede apreciar claramente que el incendio Huidanqui avanzó rápidamente en dirección Noroeste, afectando una superficie de 776 ha, gran parte de las cuales corresponden a particulares. Lo mismo ocurre en el caso del incendio Hualqui, el que avanza en la misma dirección señalada, afectando una superficie aproximada de 423 ha.

La Figura 3, presenta la situación en la zona seis horas después (a las 17:00 horas), y se logra apreciar que los incendios continuaron con su expansión, en la misma dirección consumiendo predios de la empresa y de Forestal Celco.

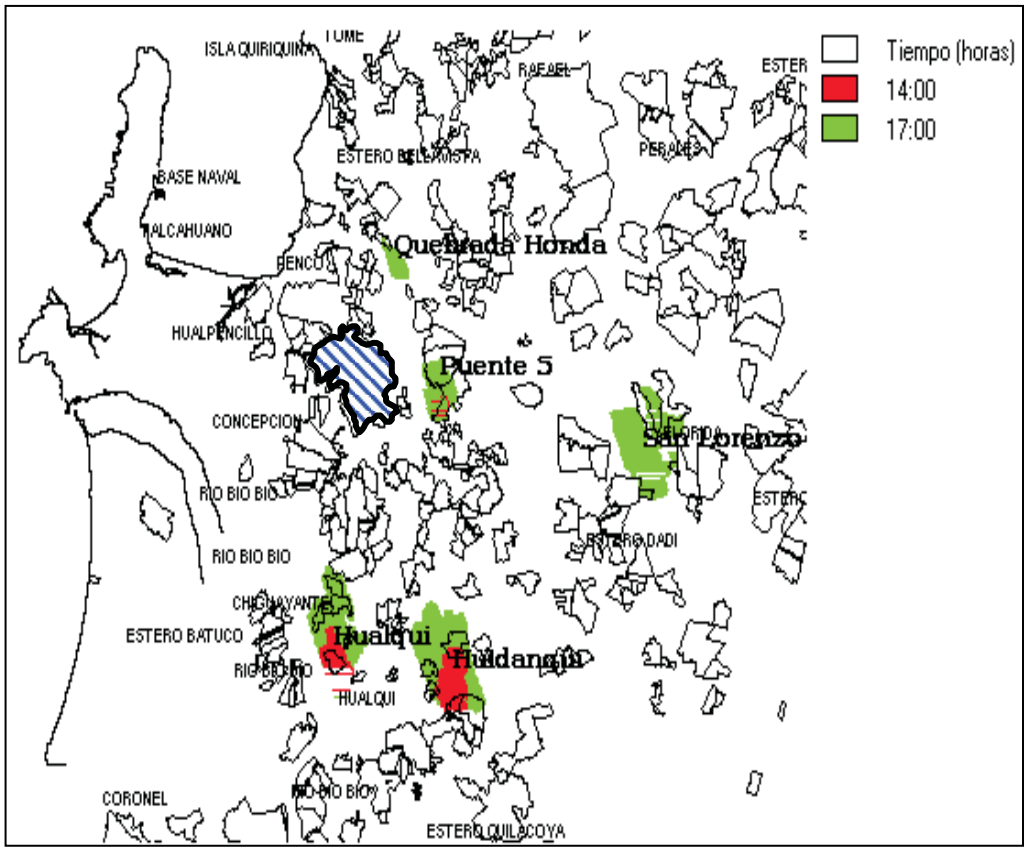


Figura 3— Situación General a las 17:00 del día 07 de Febrero

En el caso del incendio Huidanqui, a esta hora, la superficie afectada alcanzó las 2.440 ha. Por su parte el incendio Hualqui, afectó 1.780 ha., gran parte de las cuales correspondieron a predios de la empresa y de Forestal Celco. A la misma hora, ya se habían iniciado los incendios de Puente 5 con 736 ha quemadas, Quebrada Honda, con 280 ha y San Lorenzo con 1.999 ha. Cabe destacar que en general la dirección general de avance de los incendios se mantiene hacia el Noroeste.

Por otra parte, fue notable la velocidad de avance y la expansión que adquirió en la simulación el incendio San Lorenzo (en la zona de Florida), el que en un lapso de sólo 70 minutos alcanzó una superficie mucho mayor que los demás focos en actividad. Esto evidencia posibles problemas en los valores asignados a las variables que condicionan la propagación del fuego en el proceso de simulación.

En el caso del incendio Puente 5, fue posible apreciar que a esta hora ya se encontraba dentro del predio Camarico 1 de Forestal Celco, con una dirección de avance que lo llevó directamente hacia el predio Camarico 2, vecino al anterior. En el caso del incendio Quebrada Honda, su avance lo llevó directamente hacia el predio del mismo nombre, acumulando una superficie quemada de aproximadamente 280 ha. A continuación, la Figura 4 presenta la situación general observada a las 21:00 horas del 07 de febrero

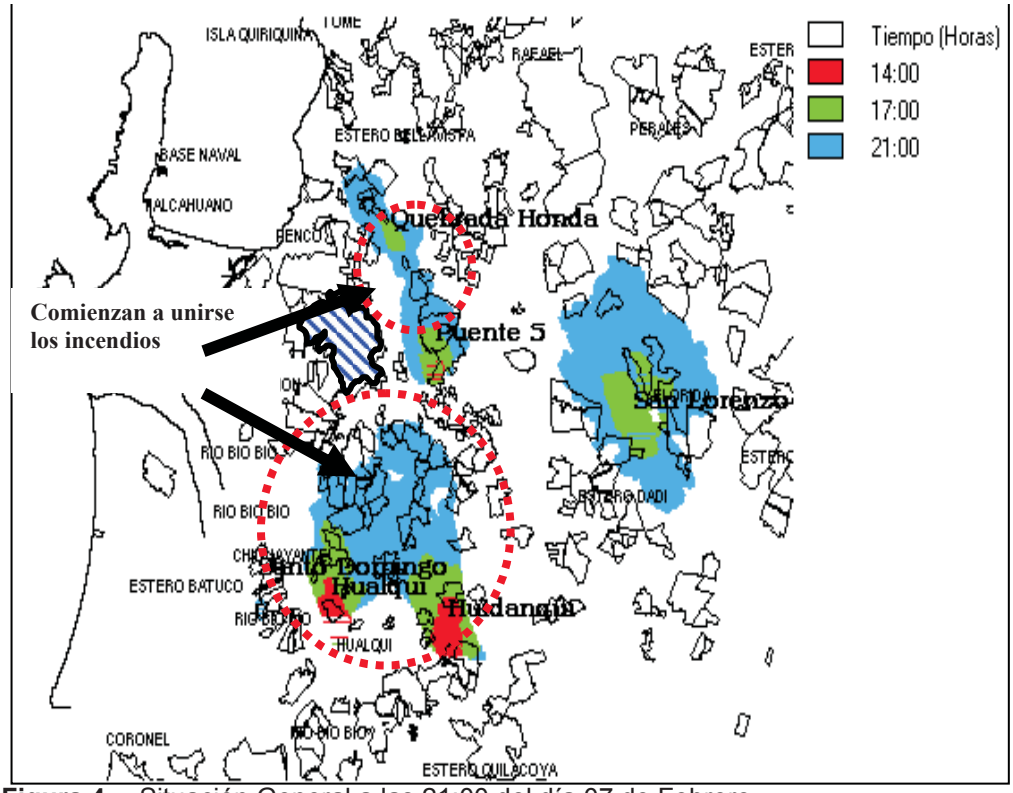


Figura 4— Situación General a las 21:00 del día 07 de Febrero

La Figura, muestra que a esta hora ya se había producido la unión de los principales siniestros, (Huidanqui y Hualqui), afectando en conjunto una superficie de 11.500 ha., causando daños en una gran cantidad de predios. El avance del fuego continúa hacia el norte, en dirección al predio Trinitarias de Forestal Bio Bio, con un frente de fuego originado en el incendio Huidanqui.

Hacia la parte Norte, también se unieron los incendios Puente 5 y Quebrada Honda, representando en conjunto una superficie aproximada de 4.700 ha., parte de las cuales corresponden al predio Camarico 1, que ya había sido consumido completamente. De la misma forma que en el caso de Huidanqui-Hualqui, el avance del fuego se mantenía francamente en dirección noroeste. Paralelamente se iniciaba el incendio Santo Domingo, con una superficie afectada de 55 ha.

A las 24:00 del 07 de febrero, la situación se mantenía en condiciones similares a las del período anterior, con un avance del fuego en dirección noroeste. Sin embargo, en la sección norte de la zona se iniciaba el incendio Coihueco, el que a esa hora había afectado un total aproximado de 117 ha., pertenecientes a particulares. La Figura 5, presenta la situación general a la hora indicada precedentemente.

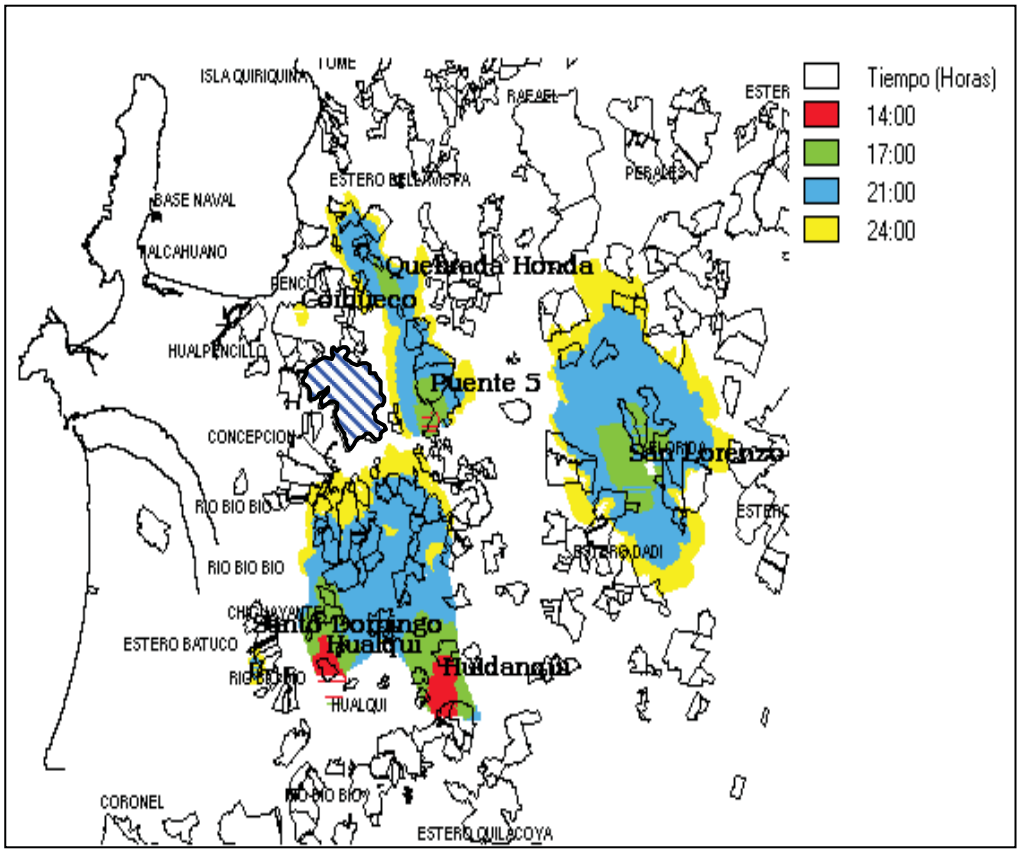


Figura 5— Situación General a las 24:00 del día 07 de Febrero

A esta hora, el incendio Huidanqui-Hualqui ya había consumido una superficie aproximada de 15.400 ha y se acerca a la ruta Concepción-Bulnes. Por su parte, el incendio Puente 5-Quebrada Honda, había consumido 7.200 ha. y comenzaba a expandirse hacia los lados, lo que en el período siguiente causaría la unión de estos incendios con el frente de fuego que viene desde el sur (Huidanqui-Hualqui).

En el caso del incendio San Lorenzo, se pudo apreciar una propagación bastante explosiva (17.400 ha) lo que confirmaba la existencia de problemas en los parámetros que alimentaban la simulación.

En la figura, se puede apreciar claramente que a esta hora ya se está iniciando la amenaza al predio Trinitarias, por dos frentes de fuego; el incendio Huidanqui-Hualqui, por el sur, y el incendio Puente 5-Quebrada Honda por el este. En la Figura siguiente, se presenta la situación a las 03:00 horas del día 08 de febrero.

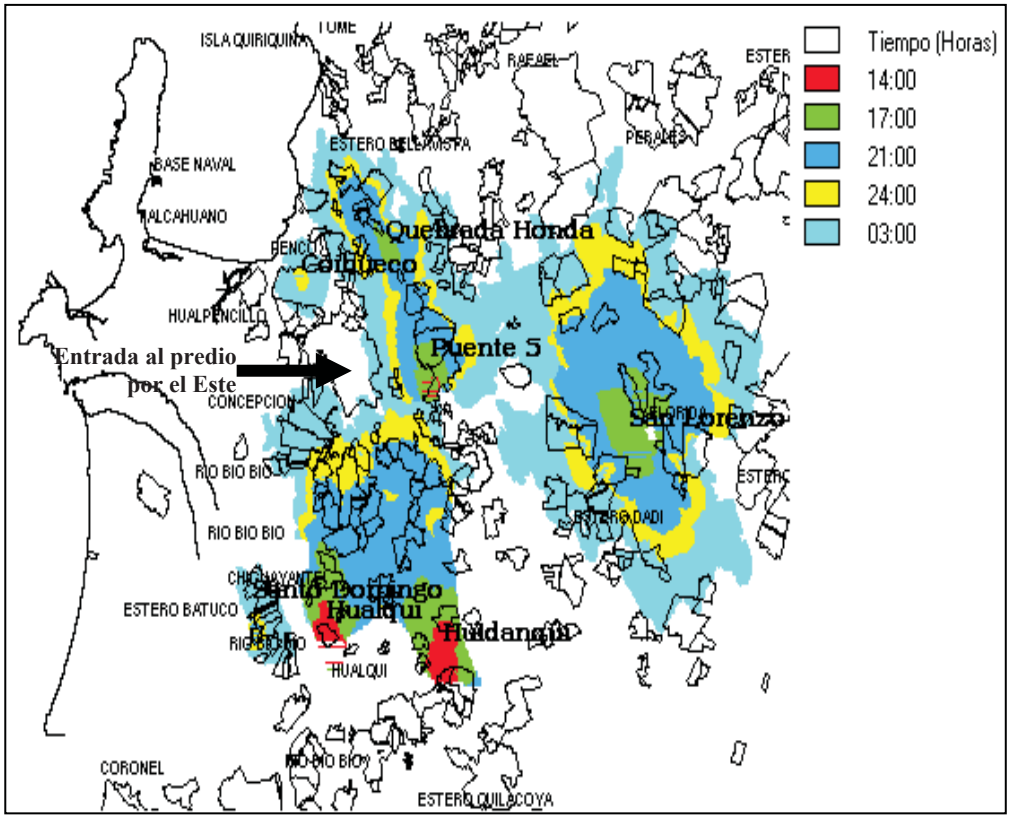


Figura 6— Situación General a las 03:00 del día 08 de Febrero. El fuego comienza a ingresar al predio Trinitarias por la sección Este.

En la figura, es posible observar que a esta hora se produce la entrada en el predio Trinitarias, del frente de fuego que avanza desde el sur (Huidanqui-Hualqui) y del incendio que avanza desde el este (Puente 5-Quebrada Honda). Por otra parte, y hacia el este se produce la unión de ambos incendios, continuando con su expansión hacia los lados. Al observar estos antecedentes, y dada la parte del predio por donde se produce la entrada del fuego, los incendios que afectaron al predio a esta hora correspondieron a los frentes de fuego originados por los incendios Huidanqui y Puente 5. En el caso del incendio Hualqui, su avance es detenido por la presencia de un curso de agua y de la carretera Concepción-Bulnes. En el sector norte, el incendio Coihueco a esa hora sólo representaba una amenaza al predio Trinitarias, aunque el frente de fuego se localizaba muy cerca del límite predial. En la parte sur, el incendio Santo Domingo continuaba su expansión, afectando 1440 ha. A continuación, la Figura 7 muestra la situación observada a las 07:00 horas

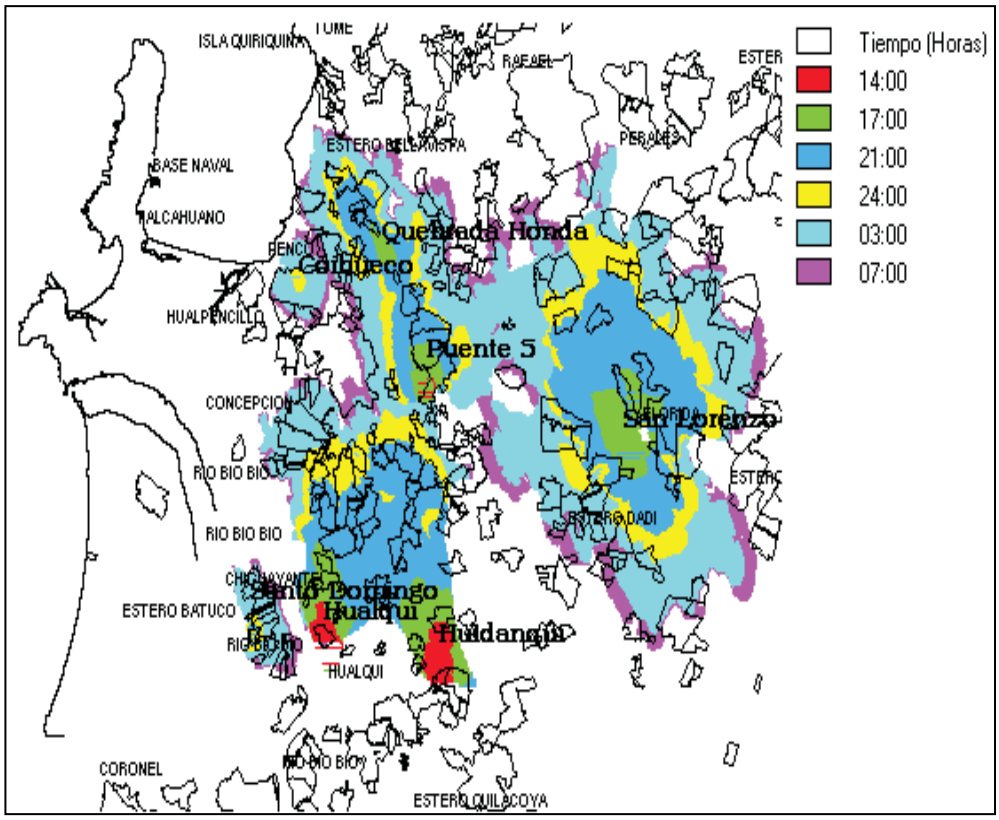


Figura 7— Situación General a las 07:00 del día 08 de Febrero

En este período, los incendios Huidanqui-Hualqui y Puente 5-Quebrada Honda, continuaban su avance dentro del predio Trinitarias, haciendo ingreso al predio por el norte, el frente de fuego originado en el incendio Coihueco. En todos los casos, se observaba la expansión de los incendios por los flancos, no apreciándose otros aspectos relevantes que mencionar. La situación final, se presenta a continuación en la Figura 8.

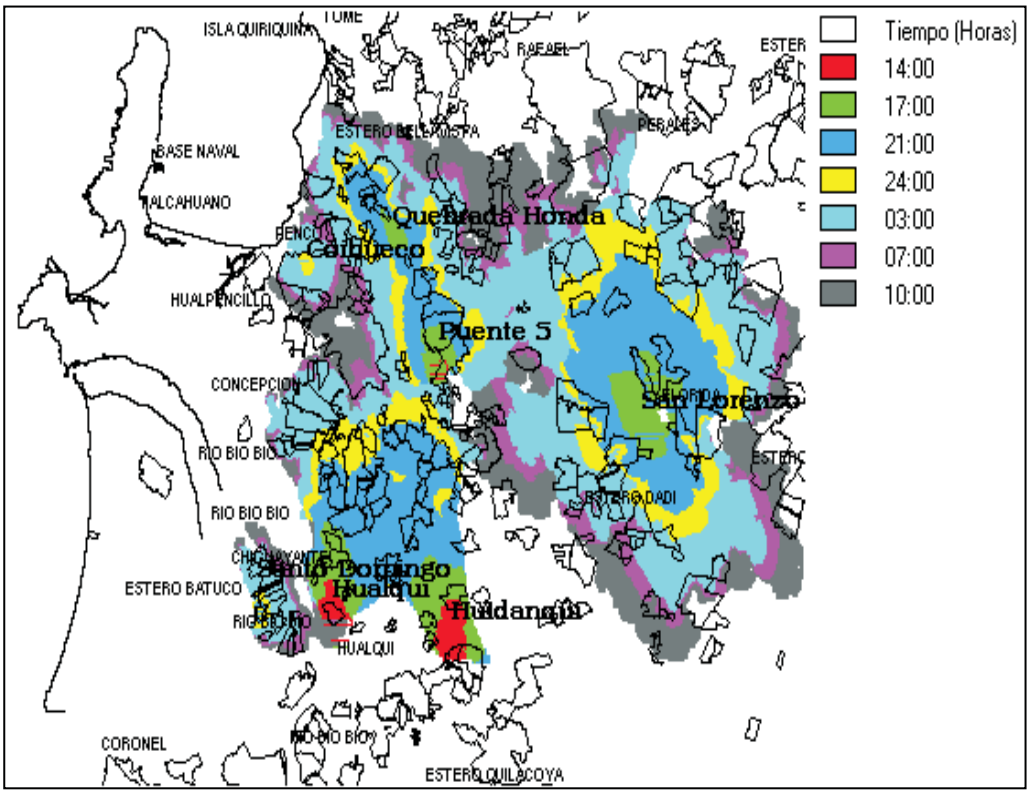


Figura 8— Situación General a las 10:00 del día 08 de Febrero

En la figura es posible apreciar que a las 10:00 horas el predio Trinitarias ya había sido consumido en su totalidad, quedando sólo un pequeño sector interior sin haber sido afectado por el fuego. En cuanto a los otros incendios en la zona, se observa que ya se han unido a los incendios principales, formando una imagen bastante compleja para su evaluación.

Dentro de la metodología se contempló la elaboración de un plano donde se mostrara la superficie afectada por cada uno de los incendios, en particular en el interior del predio Trinitarias. Este plano permitió evaluar la situación final respecto a cuántos siniestros afectaron a este predio, al final del período de simulación. Los resultados de esta evaluación se muestran en la figura 9.

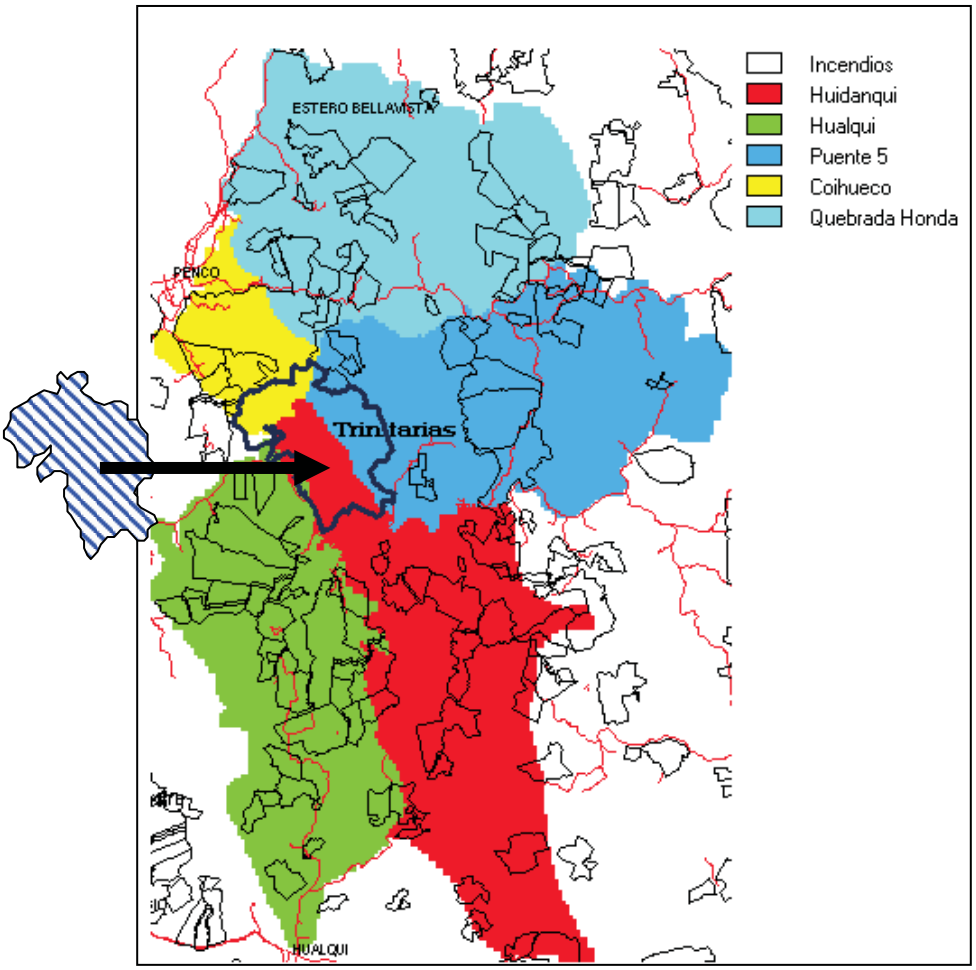


Figura 9— Areas quemadas por los incendios que afectaron al predio Trinitarias. Cada zona coloreada representa la superficie afectada por cada incendio.

De la figura, obtenida mediante la aplicación de un algoritmo de cálculo y asignación, se puede apreciar que el predio Trinitarias fue afectado por tres incendios: Huidanqui por el sur, Puente 5 por el Este y Coihueco por el norte, con 938, 735 y 441 ha para cada incendio respectivamente. Hacia la parte suroeste, se puede observar un pequeño sector no quemado de aproximadamente 43 ha.

Comentarios finales

A partir de los datos entregados por las simulaciones fue posible reconstruir la situación que se presentó en la zona de Concepción durante los días 07 y 08 de Febrero de 1999.

El incendio San Lorenzo, presentó un comportamiento anómalo en la simulación, lo que significa que no fue posible emitir conclusiones respecto de su comportamiento. Esta situación se puede explicar por la inexistencia de datos confiables para alimentar al simulador de incendios, en particular en lo referido a los combustibles.

Sin embargo, cuando la información de entrada es confiable, el desarrollo del proceso de simulación post incendios, permite efectivamente confirmar las observaciones registradas en terreno, respecto de la hora de entrada de los incendios al predio bajo observación. Finalmente se concluye que para este estudio de caso, el predio Trinitarias fue afectado por tres incendios: Huidanqui, Puente 5 y Coihueco, que causaron daños en 938, 735 y 441 ha respectivamente.

Finalmente, es necesario recalcar el desempeño del simulador de expansión de incendios forestales del Sistema KITRAL, cuyo diseño funcional resulta altamente efectivo tanto para pronosticar el avance del fuego, como también para recrear situaciones históricas, como fue la reconstrucción de estos grandes incendios. Por la rapidez en la entrega de resultados, y por la alta confiabilidad que presenta, especialmente en siniestros de gran magnitud, el sistema representa una efectiva contribución a la cuantificación de daños provocados por el fuego.

Bibliografía

Albini, F. 1976. **Estimating Wildfire Behavior and Effects**. USDA Forest Service. Gen.Techn.Rep. INT-30, Ogden. 92p.

Anderson, H. 1983. **Predicting Wind-Driven Wild Land Fire Size and Shape**. USDA Forest Service, RES.pap. INT-305, Ogden.

Andrews, P. 1986. BEHAVE: **Fire Behavior Prediction and Fuel Modeling System**. Burn Subsystem. Part I. USDA Forest Service, Gen.Tech.Rep. INT-260, Ogden.

Brown, A.; Davis, K. 1973**. Forest Fire. Control and Use**. Second Edition, Mc.Graw-Hill, N.York. 686p.

Castillo, M. 1998. **Método de Validación para el Simulador de Expansión de Incendios Forestales del Sistema KITRAL**. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Santiago. 123p.

Julio,G.; Pedernera, P.; Castillo, E. 1995. **Diseño funcional de simulador de incendios forestales**. En: Actas Taller Internacional. Proyecto FONDEF FI-13. Santiago; 182-204.

Julio, G. 1999. **Apuntes de Manejo del Fuego**. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 313p.

Esta página se deja en blanco intencionadamente.

Plan de Gestión de Incendios a Escala Regional en una Zona Proclive a los Incendios (Región del Valle d'Aosta - Italia)[1]

Giovanni Bovio,[2] Elisa Guglielmet,[3] Andrea Camia[4]

Resumen

En esta contribución se presenta la metodología para el desarrollo del plan de gestión de incendios a escala regional tomando como base el nuevo reglamento Italiano de protección frente a incendios forestales (L.353/2000). Se describen en concreto, las características principales del reciente plan regional de gestión de incendios finalizado para la región del Valle d'Aosta de acuerdo con la reglamentación mencionada , con una atención específica sobre los criterios utilizados para definir y distribuir espacialmente las prioridades de protección.

Situado en el extremo Noroeste de Italia, el Valle d'Aosta es la más pequeña y la más montañosa de las regiones Italianas, caracterizada por un ambiente Alpino, una orientación del valle central principal Este-Oeste y una superficie total de unos 3262 km2. En esta región, como en general en el norte de Italia, los incendios forestales se concentran en la estación del invierno - primavera temprana, de acuerdo con el periodo más seco del año. Se describen las técnicas de análisis espacial realizadas con un GIS para derivar zonación del terreno de variables relacionadas con incendios con el fin de apoyar el desarrollo del plan de gestión de incendios, junto con los criterios seguidos para definir las prioridades de protección a escala regional.

Introducción

La protección de los bosques contra los incendios forestales puede realizarse con éxito únicamente con la ayuda de un plan de gestión de incendios forestales.

En Italia, los planes de gestión de incendios forestales a escala regional se basan en la ley nacional sobre protección contra incendios forestales L. 353/2000. Este reglamento establece nuevas reglas para reducir las superficies quemadas, mejorando la prevención de los incendios y los sistemas de clasificación de peligro de incendio forestal. El reglamento italiano de protección contra incendios forestales y sus

1 "Se ha presentado una versión resumida de este artículo en el segundo simposio internacional de políticas, planificación y economía sobre la defensa contra los incendios forestales: una visión global, 19-22 de Abril de 2004, Córdoba, España."

2 Profesor plenario, Dep. Agroselviter, Universidad de Turin, Via Leonardo da Vinci 44, 10095 Grugliasco (TO) Italia. Correo electrónico: giovanni.bovio@unito.it.

3 Ingeniero forestal, Dep. Agroselviter, Universidad de Turin, Via Leonardo da Vinci 44, 10095 Grugliasco (TO) Italia. Correo electrónico: elisa.guglielmet@unito.it.

4 Doctor en Ciencias forestales, Dep. Agroselviter, Universidad de Turin, Via Leonardo da Vinci 44, 10095 Grugliasco (TO) Italia. (Dirección actual: Centro conjunto de Investigación, Instituto de Medio ambiente y Sostenibilidad - TP 261, I-21020 Ispra (VA) Italia. Correo electrónico: andrea.camia@jrc.it).

orientaciones definen los principales argumentos que deben analizarse en los planes regionales.

De acuerdo con las prescripciones de la ley general de políticas generales sobre incendios forestales, se elaboró el plan de gestión de incendios de la Región del Valle d'Aosta, una de las 20 regiones italianas. La presente contribución muestra las fases principales del trabajo realizado para crear este plan de gestión de incendios, con particular atención a los criterios utilizados para definir y distribuir espacialmente las prioridades de protección.

Objetivos

El objetivo del presente trabajo es describir una metodología para el establecimiento de planes de gestión de incendios forestales a escala regional. Concretamente, el primer objetivo es proporcionar a los responsables regionales de gestión un plan operativo para abordar los procedimientos de planificación y los servicios operativos, vinculando distintos sectores de actividades de gestión de incendios. Se centra la atención en las modalidades para distribuir espacialmente las prioridades de protección y, en general, para definir el proceso de mapeo de riesgos de incendio a escala regional en un área alpina, en la que la estación de incendios forestales se concentra en los meses de invierno - primavera temprana. Por esta razón hemos elegido describir la metodología seguida por el plan de gestión de incendios forestales de la región del Valle d'Aosta.

Área del estudio

La Región del Valle d'Aosta está situada en el extremo Noroeste de Italia, fronteriza con Suiza por el Norte, con Francia por el Oeste, y con el Piamonte al Sur y al Este. Se caracteriza por una superficie total de unos 3.262 km^2, de los que 1.080 km^2 están cubiertos por bosques. El área es principalmente montañosa siendo la altitud media de 2.100 metros, con un rango que va de unos 295 m hasta los 4.800 m s.n.m. Considerando las divisiones administrativas, la Región del Valle d'Aosta presenta una sola provincia, dividida en 74 municipios. Por su situación y sus condiciones climáticas, la distribución de incendios forestales en el Valle d'Aosta durante el año es la típica de la cordillera alpina, con una estación de incendios que se extiende desde Noviembre hasta Abril y con pocos incendios estivales. La figura que sigue muestra la localización de la Región del Valle d'Aosta *(fig. 1)*.

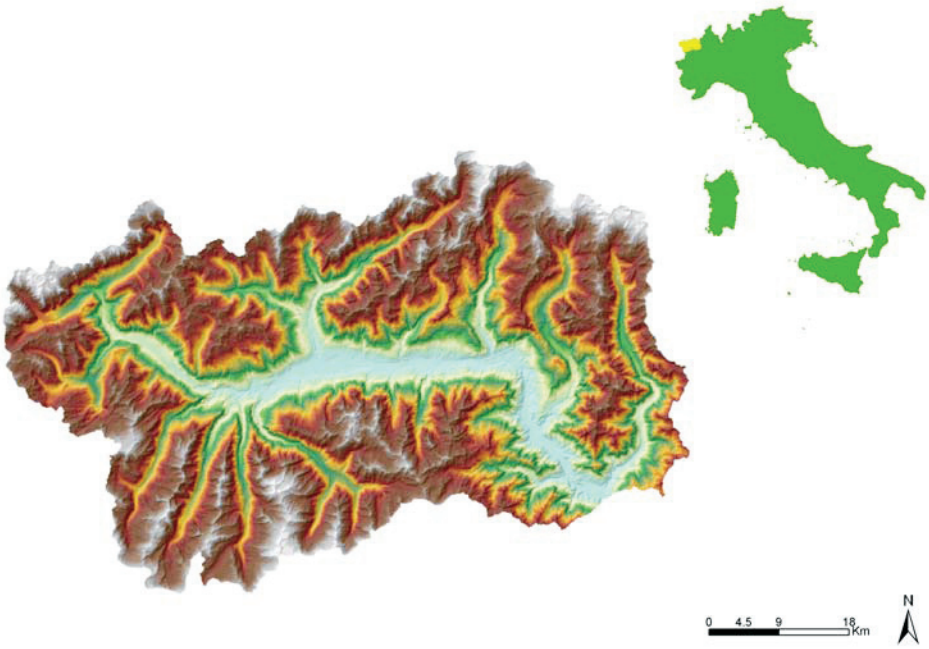


Figura 1 – Situación del Valle d'Aosta.

Metodología

Estadísticas de incendios forestales

Para la redacción de un plan de gestión de incendios forestales, una acción preliminar es dar un resumen histórico de la situación sobre los incendios forestales del área de estudio. Es necesaria una base de datos de incendios forestales y una cartografía básica para hacer análisis de paisaje y elaboraciones estadísticas. El periodo considerado en el área de estudio es de 17 años, desde 1986 hasta 2002. Los datos se obtuvieron del Servicio Forestal del Valle d'Aosta. En la siguiente tabla se muestra un resumen de los datos históricos de incendios forestales *(tabla 1)*.

Tabla 1– *Principales variables estadísticas para las series históricas consideradas (1986 – 2002)*

	Total	Promedio anual
# Incendios	366	22
Superficie total quemada	2.785 ha	164 ha
Superficie de bosque quemada	1.666 ha	98 ha
Superficie no forestal quemada	1.119 ha	66 ha
Superficie media quemada por incendio	-	7,6 ha

Zonación del riesgo de incendio

La zonación del riesgo de incendio tiene como fin la definición de zonas homogéneas que tengan niveles similares de riesgo de incendios para la protección frente a incendios forestales.

En el presente estudio, la unidad geográfica básica a la que ha de referirse la información sobre eventos de incendio es el municipio. Para cada municipio se calcularon y analizaron muchos parámetros, para definir las clases de riesgo y su distribución espacial. Se ha seleccionado un conjunto de variables relacionadas en particular con la frecuencia y características de los incendios para describir la situación pirológica de cada municipio. Estas variables en su conjunto pueden definir un "perfil del historial de incendios" de cada municipio.

Las variables consideradas para cada municipio son las siguientes:

- *Número de incendios forestales por superficie unitaria (10 km^2) por año.* Esta característica expresa una medida de el concentración media de incendios forestales en el territorio.
- *Número de incendios forestales "grandes" por superficie unitaria (10 km^2) por año.* Esta expresión de concentración está limitada a eventos que para su tamaño se han considerado excepcionales para todo el territorio regional. El umbral de superficie para discriminar "incendios grandes" se derivó del análisis estadístico que considera la distribución de frecuencias de la superficie quemada por incendios forestales. Para la Región del Valle d'Aosta, los "incendios grandes" corresponden a incendios con una superficie quemada de casi 8 hectáreas. Suponen el 10 por ciento del total de incendios producidos en la Región durante el periodo histórico considerado, que corresponde a una superficie de alrededor del 80 por ciento de la superficie total quemada en el mismo periodo.
- *Número de "incendios pequeños" producidos por superficie unitaria (10 km^2) por año.* Esta variable expresa la concentración media de incendios cuya superficie quemada es menor que 0,5 hectáreas. Este umbral de extensión de "incendios pequeños" es definido por el Servicio Forestal del Valle d'Aosta y se utiliza para definir la susceptibilidad potencial a incendios de la Región considerada.
- *Número de años con al menos un evento durante el periodo considerado, en porcentaje.* Esta variable estima la continuidad temporal del fenómeno.
- *Superficie media quemada por un único evento.* Esta variable sintetiza la dimensión media de los incendios para cada municipio, pero se ve afectada por los valores extremos de la distribución, que normalmente es marcadamente asimétrica.
- *Superficie mediana quemada por un único evento.* Corresponde al valor de la zona quemada que divide los valores ordenados de superficie quemada en dos partes iguales. Por debajo y por encima de este valor se encuentran el 50 por ciento de los casos de incendio en un municipio. La superficie mediana quemada por un único incendio representa el área quemada por lo que se suelen denominar "incendios típicos".
- *Superficie máxima quemada por un único evento.* Es la superficie quemada por los mayores incendios producidos durante el periodo histórico para cada municipio.

Partiendo del análisis de las variables anteriores, se calcularon los perfiles históricos de los municipios. Después, y por medio de un análisis jerárquico de agrupaciones aplicado con el método de Ward (Ward 1963), fue posible definir 5 grupos de municipios para la Región del Valle d'Aosta. Cada grupo define una clase de riesgo, que se describe sintéticamente por el valor de centroide de las variables del perfil, es decir, el valor medio computado para cada variable de todos los municipios que pertenecen a una clase de riesgo. En la siguiente tabla *(tabla 2)* se muestran los centroides de las 5 clases de riesgo de los 74 municipios del Valle d'Aosta derivadas de la clasificación aplicada.

Tabla 2 - *Centroides de clases de riesgo de incendios*

	Clases de riesgo de incendios de los municipios				
	1	***2***	***3***	***4***	***5***
Número de municipios	12	44	10	3	5
Número de incendios por año por 10 km2	0,0	0,1	0,3	0,2	0,8
Número de incendios > 8 ha (incendios grandes) por año por 10 km2	0,00	0,01	0,02	0,05	0,11
Número de "Incendios pequeños" por año por 10 km2	0,3	0,4	2,1	1,1	2,7
Años con incendios (pct)	0,0	15,4	37,6	41,2	54,1
Superficie quemada media por un incendio (ha)	0,0	6,1	3,4	31,4	7,7
Superficie mediana quemada por un incendio (ha)	0,0	4,9	1,1	3,7	2,2
Superficie quemada máxima por un incendio (ha)	0,0	12,4	23,0	266,3	60,4
Número de incendios por año	0,0	0,2	0,7	0,6	1,3
Número de incendios > 8 ha por año	0,00	0,02	0,05	0,16	0,20
Número de incendios "pequeños" por año	0,6	1,0	4,7	3,9	4,0
Superficie quemada por año (ha)	0	0,9	2,5	18,4	8,5

La zonación del riesgo de incendio permite definir y caracterizar áreas homogéneas y ordenar los municipios en escala ordinal con el fin de distribuir los recursos de protección a escala regional. En la figura que sigue se representan los municipios clasificados en clases de riesgo de incendios *(fig. 2)*.

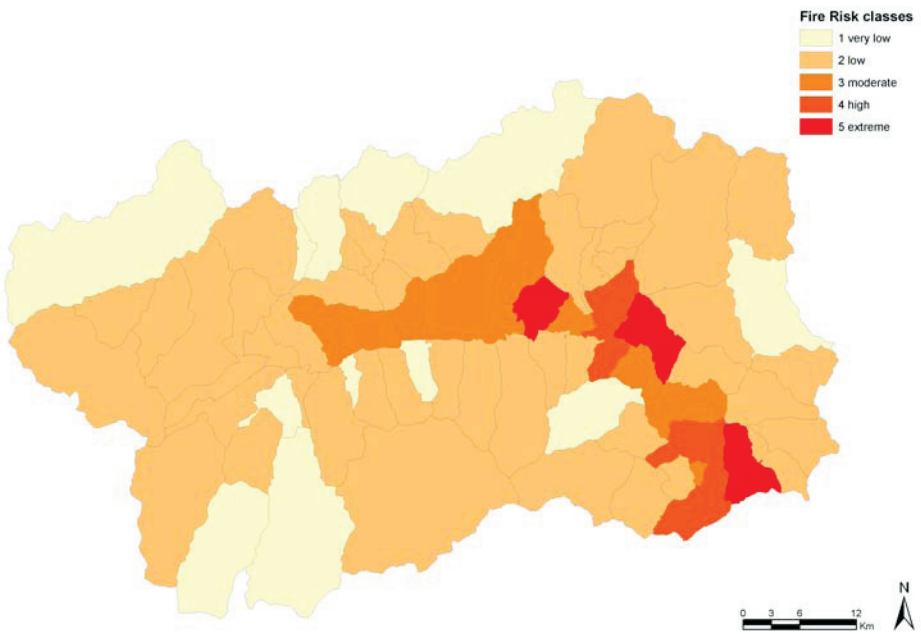


Figura 2 - Aplicación de clases de riesgo de incendios en la Región del Valle d'Aosta.

Fines de la zonación

Los resultados obtenidos del proceso de zonación se utilizan para definir distintos objetivos de planificación que se establecen de acuerdo con criterios tales como el impacto aceptable de los incendios y su distribución dentro las áreas homogéneas anteriormente definidas.

A través de un análisis más pormenorizado, dentro de cada municipio se definieron las áreas en las que las actividades de protección contra incendios tienen una importancia prioritaria. Para definir estas áreas y otorgarlas un nivel de prioridad de protección, se realizó un análisis espacial con técnicas de Sistema de Información Geográfica (GIS). El GIS puede proporcionar herramientas útiles para la gestión de incendios forestales, a través de su capacidad de mantener un entorno integrado de datos multifuente y multirresolución espacial (Burrough y McDonnel, 1998).

Se integraron las siguientes capas de información espacial utilizando ARCO-GIS 8.3 de ESRI:

- - derivada del modelo digital de elevación (DEM).
- Apariencia: derivada del modelo digital de elevación (DEM).
- Tipos de bosque: se asignó a cada tipo de bosque un valor basado en la inflamabilidad de las especies.
- Localización de los “incendios grandes”: se digitalizó el perímetro de todos los incendios forestales con una superficie quemada mayor de 8 hectáreas.

Mediante el análisis de GIS se sobrepusieron las distintas capas y se fusionaron, derivándose 5 niveles distintos de prioridad de protección en el área de estudio. La figura que sigue muestra la distribución espacial de la prioridades de protección a escala regional (fig. 3).

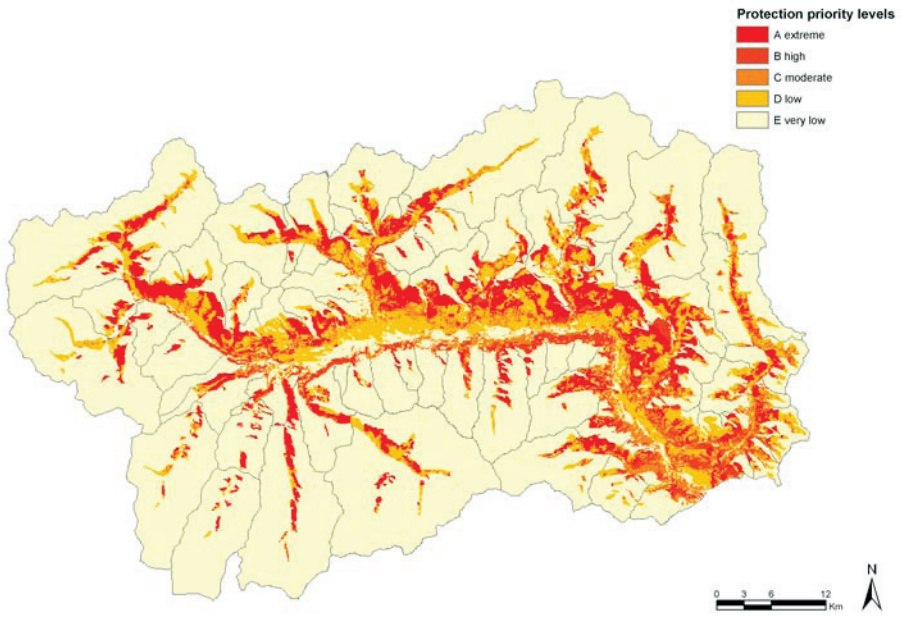


Figura 3 - Mapa de prioridades de protección.

Debe usarse la clasificación de prioridad de protección del territorio regional junto con la clasificación de riesgo de incendio. Las clases de riesgo de incendios definen el orden de prioridad de los municipios. Posteriormente se planifican las actividades de protección comenzando por los municipios con el riesgo más elevado y considerando, para cada municipio, los niveles de prioridad de protección.

Zonación de las intervenciones

Esta parte del plan de gestión de incendios tiene el objetivo de describir actividades de prevención y extinción que deben realizarse y distribuirse en el territorio regional. En el presente trabajo, estas actividades no se presentan en detalle, sólo se describen brevemente las principales categorías de intervencioness previstas.

La zonación de las intervenciones implica las siguientes actividades:

- Clasificación meteorológica de peligro de incendio. En este momento, se utiliza operacionalmente en la Región del Valle d'Aosta las *el Índice Meteorológico Canadiense para Incendios* (Van Wagner 1987). Para el cálculo de FWI se utilizan los datos meteorológicos diarios. En el plan de gestión de incendios se calibró el índice con el método descrito por Van Wagner (1987) aplicado sobre una base mensual. Las clases de peligro diario de incendios deben vincularse con las actividades operacionales a tiempo real.
- Actividades directas de prevención . Esta categoría de intervenciones incluye distintas actividades:
    - Silvicultura preventiva
    - Cortafuegos
    - Incendios prescritos
    - Bosque y viabilidad operativa
    - Riego
    - Helicópteros
- Actividades indirectas de prevención. Las principales acciones de esta categoría son las actividades educativas, con atención preferente para los estudiantes. El principal propósito es reducir las causas de ignición de los incendios y ofrecer sugerencias referentes al comportamiento correcto a adoptar en caso de incendio forestal.
- Actividades de extinción.
- Restauración.
- Sistemas de apoyo a decisiones y Centro de control
- Capacitación de bomberos.

Discusión y conclusiones

Las actividades de planificación son fundamentales para reducir los incendios forestales y la consiguiente superficie calcinada.

Se presenta la metodología seguida para establecer el plan de gestión de incendios de una zona alpina típica proclive a los incendios situada en Italia (Región

del Valle d'Aosta). Se exponen las opciones de planificación adecuadas a escala regional, describiendo las variables a seleccionar y la manera de seguirlas con el fin de definir áreas homogéneas donde puedan definirse un nivel de protección y las prioridades. Se presentan los principales pasos y criterios seguidos para el proceso de zonación, y se muestran los resultados obtenidos de la tarea de zonación. Se han utilizado en el plan de gestión de incendios para definir distintos objetivos de planificación.

La planificación de la gestión de incendios a escala regional es un proceso complejo en el que deben integrarse y considerarse distintos conceptos y propósitos con una perspectiva global. Teniendo en cuenta los requisitos de la gestión de incendios italiana, la investigación ha demostrado que el enfoque más adecuado para la planificación regional de la gestión de incendios tiene que considerar en primer lugar el área abarcada por el plan en su conjunto y entonces, proceder con los análisis con un detalles más refinado.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por la Regione Valle d'Aosta, Assessorato Agricoltura, Risorse Naturali e Protezione Civile, Dipartimento Risorse naturali, Corpo Forestale, Protezione Civile e Antincendi, Direzione Foreste.

Referencias

Bovio, Giovanni 1990. **La pianificazione antincendi per la difesa del patrimonio boschivo.** Accademia Italiana di Scienze Forestali 38: 431-458.

Bovio, Giovanni 2001. **La Pianificazione antincendi boschivi alla luce della Legge 353/2000.** L'Italia Forestale e Montana 6/2001: 441-454.

Bovio, Giovanni; Camia, Andrea 1994. **Fire danger zoning using multivariate analysis.** En: Domingos Xavier Viegas, Proceedings of 2nd International Conference on Forest Fire Research, 1994 November 21-24, Coimbra, Portugal, 733-745.

Burrough, P.A.; McDonnell, R. A. 1998. **Principles of Geographical Information Systems.** Spatial Information Systems and Geostatistics. Oxford University Press, pp. 333.

Canadian Forestry Service, 1987. **Canadian Forest Fire Danger Rating System. Users' Guide.** Canadian Forestry Service Fire Danger Group. Carpeta de tres anillas (publicación no numerada).

Van Wagner, C.E. 1987. **Development and structure of the Canadian Forest Fire Weather Index System.** Canadian Forestry Service, Technical Report 35, pp 37.

Ward, J.H.1963. **Hierarchical grouping to optimize an objective function.** Journal of the American Statistical Association 58 (301): 236-244.

Análisis Comparativo Entre los Sistemas Antiincendios Forestales en Sicilia (Italia) y Andalucía (España)[1]

Clara Quesada Fernández[2]

Resumen

La Región Siciliana al encontrarse ubicada en la zona meridional de Italia comparte características geográficas, climáticas y de vegetación con la Comunidad Autónoma de Andalucía. Sumemos a estos rasgos una alta presión demográfica siciliana que la convierten en un territorio susceptible y vulnerable al ataque de los incendios forestales. Se añade, además, que en octubre de 2003 el Plan Regional siciliano vigente corresponde a 1994. Desde entonces se ha promulgado una serie de leyes en las que se insta a las Regiones italianas a la elaboración y/o actualización de sus Planes de previsión, prevención y lucha activa contra incendios forestales, como son la Ley Regional Siciliana 16/96, la Ley Nacional italiana 353/2000 y el Reglamento Europeo de 1997. Debido a problemas de índole burocrática, administrativa, económica y política no se han ejecutado aún dichas directrices. De acuerdo a las mismas, se está redactando un nuevo Plan Regional Siciliano, pero aún están por designar las partidas económicas que se dedicarán a cada una de las secciones de previsión, prevención, lucha activa, extinción y acciones complementarias.

Para la realización del análisis comparativo hemos utilizado el Plan Regional, Plan INFOCA, y el modelo de organización existentes en Andalucía, región pionera en la lucha contra incendios forestales, por ser estos elementos razonablemente efectivos en cuanto a la planificación estratégica para una gestión eficaz del problema.

Destacamos que existe gran dificultad para recopilar determinadas informaciones importantes en materia de incendios forestales, pero existe una concienciación creciente por parte de la Administración Siciliana que está procediendo a la actualización de sus bases de datos y a la creación de Oficinas y Servicios Especiales. Sin embargo, el esfuerzo realizado hasta el momento resulta aún insuficiente y es necesaria una mayor inversión de medios económicos, materiales y humanos. En este sentido, el análisis comparativo que realizamos puede ayudar a establecer líneas comunes de trabajo, mejorando los sistemas mutuos de lucha contra incendios forestales.

Introducción

El profundo cambio climático registrado en Italia en los últimos tiempos ha llevado a una reducción de la humedad que sitúa al patrimonio forestal italiano más expuesto a la obra de los incendiarios, problema que acentúa la difusión de los incendios que, como muestran las estadísticas, son en gran medida culpa del hombre. De esta forma,

[1] Una version mas corta de este trabojo fue presentada en el segundo simposio internacional sobre politicas, planificación y economía de los programas de protección contra incendios forestales. 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] Ingeniera de Montes por la Universidad de Córdoba (España).

en el análisis de los territorios en estudio debe tenerse presente siempre cuál es el contexto en el que éstos se encuentran.

Comparaciones realizadas

En el marco territorial, Italia soporta una enorme presión demográfica, dato acentuado en algunas de las Regiones del Sur de Italia, como es el caso de la Región Siciliana *"tablas 1 y 2"*.

Región	Superficie Territorial (ha)	Superficie forestal (ha)	Índice de boscosidad (pct)	Población (hab)	Densidad población (hab/km^2)	Superficie forestal por habitante
Sicilia	2.570.856	266.400	10,4	5.108.067	197,8	0,05
Italia meridional	10.781.405	1.819.443	16,9	19.337.785	179,3	0,095
Andalucía	8.759.968	4.325.378	49,4	7.236.459	83	0,6
Italia	30.127.761	8.675.100	28,8	57.563.354	191	0,15
España	50.949.139	25.984.061	51	39.975.479	78,5	0,65

Tabla 1-*Datos generales de las regiones meridionales italianas, Andalucía, Italia y España.*

La estructura administrativa en Andalucía y Sicilia es parecida, con divisiones del territorio en provincias y municipios, presentando, respectivamente, 8 y 9 provincias y 770 y 390 municipios.

Característica	Andalucía	Sicilia
Superficie forestal (Has)	4.325.378	266.400
Coníferas	611.551	45.293
Frondosas	530.136	111.259,44
Monte alto	1.141.687	156.543,44
Monte medio	42.696	63.409,72
Monte bajo	37.592	63.126,84
Índice de boscosidad (pct)	49,4	10,4
Superficie forestal por habitante (Has)	0,6	0,05

Tabla 2- *Características forestales principales de la Región Siciliana y Andalucía.*

Un dato llamativo es la inexistencia en la Región Siciliana de la diferenciación entre incendios de distintos tamaños, no existiendo el conato de incendio forestal ni el gran incendio forestal, apareciendo todos los sucesos en los datos estadísticos de incendios como "incendio forestal", sin referencia a la superficie afectada por el mismo, dificultando los estudios y comparaciones. Las diferencias en las estadísticas permiten un estudio más exhaustivo de efectividad del Plan antiincendios "*tabla 3"*.

Característica	Andalucía	Sicilia
Conatos (< 1 ha)	6.321	7.460
Incendios (> 1 ha)	10.944	
Porcentaje de los incendios del país 93-02 (pct)	5,74	5,40
Hectáreas quemadas 93-02	105.928,96	166.800,3
Porcentaje de las hectáreas quemadas en el país (pct)	7,7	11,65
Superficie arbolada afectada (Ha)	44.616 Ha	71.957,88 Ha
Superficie arbolada afectada (pct)	42,12	43,14
Media has/incendio 93-02	9,68	21,52

Tabla 3-*Datos y estadísticas sobre incendios forestales en la Región Siciliana y Andalucía.*

En el período 1993-2002 la superficie media por incendio en la Región Siciliana fue de 21,52 has, razón principal para la realización del presente estudio comparativo *(tabla 3)*. Además, hay que tener en cuenta que en ambas Regiones existe un cuerpo normativo vigente importante en materia de prevención y lucha contra los incendios forestales siendo en Andalucía la Ley 5/1999 y en Sicilia la Ley 353/2000.

Otro dato a destacar es la existencia en Andalucía de Asociaciones de Defensa Forestal (ADF), contemplada su constitución en el Plan INFOCA, entre propietarios de terrenos forestales, públicos y privados, asociándose para proteger el patrimonio forestal, con fines comunes de conservación del territorio. En la Región Siciliana no encontramos agrupaciones similares y las Asociaciones Agrarias existentes no se ocupan demasiado de los temas forestales. Del mismo modo, la organización de la Región Siciliana no prevé protocolos oficiales de colaboración en materia de lucha contra incendios forestales entre las distintas provincias que integran su territorio, hecho normal, tanto a nivel provincial como municipal, en la Comunidad Autónoma de Andalucía.

Es importante resaltar que los datos económicos para la campañas antiincendios forestales correspondientes al año 2003 y anteriores no se encuentran disponibles para su consulta. En el caso de los datos del 2004, la Región Siciliana se encuentra finalizando la elaborando de las partidas que se asignarán a cada una de las secciones del futuro Plan Antiincendios.

Los Planes Antiincendios en Andalucía y la Región Siciliana presentan filosofías y organizaciones muy diferentes, fijándose el Plan INFOCA más en la prevención y el Plan Siciliano en la extinción, si bien se llega a los mismos objetivos de mejorar la lucha contra los incendios forestales "*tabla 4"*. Esto viene definido por la importancia que en sus respectivas comunidades se concede al medio rural, observado en Andalucía mediante el Plan Forestal de la Comunidad Autónoma, uno de los primeros en promulgarse y la gran cantidad de legislación existente sobre prevención y extinción de incendios en su territorio. Por parte de Sicilia este cuerpo normativo general forestal es poco importante.

Característica	Andalucía	Sicilia
Activación del Plan antiincendios	Todo el año	Sólo en el período de riesgo
Dependencia del Plan antiincendios	Regional	Regional
Filosofía del Plan	Hacer frente a los incendios forestales y a las emergencias derivadas de los mismos	Optimizar los medios para evitar riesgos
Importancia de la prevención	Fundamental, dedicando importantes recursos	Fundamental, pero no se destinan recursos suficientes
Sistema utilizado	Retenes forestales	Uso de los Servicios de Protección Civil auxiliado por voluntarios y retenes contratados

Tabla 4-*Filosofías y estructuras organizativas del Plan INFOCA y el Plan Siciliano.*

El Plan INFOCA tiene una concepción meramente forestal, buscando la disminución de los focos de incendios, por tanto concede gran importancia a la prevención mediante la selvicultura preventiva, la concienciación ciudadana y el empleo de nuevas tecnologías y métodos de trabajo en el medio rural, siendo considerado por los profesionales de la lucha contra incendios forestales como uno de los mejores planes disponibles en el conjunto del Estado español. El Plan Siciliano presenta una filosofía basada en que el incendio es inevitable, buscando que éste cause el menor daño posible, siendo las medidas de selvicultura preventiva bastante escasas, debido a que está concebido desde la visión que tienen de un incendios los servicios de emergencia y no tanto el mundo forestal.

En el Plan INFOCA existe cambio en la organización según la Dirección Operativa Provincial y los CEDEFO sólo permanecen abiertos mientras hay retenes en el período dedicado a labores de extinción. Los cambios de uniformidad en procedimientos y organización pueden llegar a ocasionar pequeños problemas de coordinación cuando se desplazan medios de una provincia a otra. Por otro lado, según el Plan INFOCA, algunas funciones de los CEDEFO, fundamentales para mejorar el nivel de prevención entre los habitantes de zonas rurales, se deben realizar fuera del período de peligro alto, cuando están cerrados, por lo que en la mayoría de los casos no se realizan ya que no queda ningún operativo fuera de la época de peligro alto siendo recomendable el mantenimiento de una estructura mínima todo el año que incorporase algunos retenes de especialistas, favoreciendo también el aumento de la profesionalización. Como ventaja se reduciría una cierta desmotivación observada en el personal contratado que afecta al trabajo que realiza durante la campaña, ya que muchos de ellos utilizan los días de trabajo para descansar, no queriendo realizar ninguna función formativa, ni de mantenimiento del material.

En cuanto a los recursos y medios asignados, en algunos casos, el mantenimiento deficiente de los medios materiales usados para la intervención en los incendios forestales tiene gran relación con el uso de los CEDEFO, cerrados una parte del año, sin realizar seguimiento y mantenimiento del material, dejándose para el inicio de la campaña, deficiencia arrastrada durante el período vital de disponibilidad total de los medios.

Respecto al Plan siciliano, se realiza uso intensivo de los voluntarios de Protección civil para todas las tareas ya que los éstos están presentes en la vigilancia

y en la extinción. El problema radica en que muchos de ellos no reúnen las capacidades físicas-psíquicas necesarias para desempeñar estos puestos y carecen de conocimientos técnicos teórico-prácticos sobre comportamientos en un incendio forestal. Otra característica interesante es el empleo casi exclusivo de sistemas de ataque basados en el uso del agua, por la dotación de vehículos autobomba y experiencia limitada en sistemas forestales de ataque de los bomberos, condicionando en gran medida los procedimientos de ataque al fuego.

La característica definitoria de ambos Planes es la existencia de un mando único, correspondiente a la Autoridad Competente en materia forestal y de medio ambiente, con base en la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, y en la Autoridad de la Región Siciliana, ostentando los mandos de los Planes el Consejero de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y el Presidente de la Región Siciliana, con dependencia de sus respectivas Regiones y estructuras territorial, organizativa y de planificación similares "*tabla 5"*.

Comparación realizada	Plan INFOCA	Plan SICILIA
Estructura a nivel regional	COR con un Comité Asesor y un Gabinete de Información	COR
Estructura provincial	Red de 8 COP, con un Comité Asesor en cada uno.	Red de 9 COP
Estructura territorial	21 unidades territoriales dotada cada una con un CEDEFO	-

Tabla 5-*Estructura de mando existente.*

El despacho automático de medios se realiza en los CEDEFO de Andalucía, y en Sicilia esta situación sólo es posible en casos muy excepcionales, con estrictas autorizaciones burocráticas especiales de los Centros Aéreos, ralentizando el proceso considerablemente "*tabla 6"*. Esto pone en evidencia la mayor rapidez teórica en la llegada al incendio del Plan INFOCA, así como su control y liquidación, impidiendo la propagación del mismo.

Comparación realizada	Plan INFOCA	Plan SICILIA
Responsabilidad de extinción en terrenos forestales	La Dirección Técnica de la extinción la asume la Administración Forestal	La Dirección Técnica de la extinción la asume la Consejería de Agricultura y Montes (Admón Forestal)
Despacho automático de medios aéreos	Sí, en los CEDEFO.	No, sólo en casos muy excepcionales
Organización del primer ataque	Administración Forestal.	Administración Forestal
Dirección del Puesto de Mando Avanzado	Director del COP	
Estructura del Puesto de Mando Avanzado	Secciones de planificación, operaciones y logística	No existe la definición de Puesto de Mando Avanzado
Estructura de incendios.	Grupos de acción del SMEIF	
Infraestructuras de apoyo al Puesto de Mando Avanzado	UMMT y UNASIF	

Tabla 6-*Actuaciones, responsabilidades en extinción y organización.*

En cuanto a la operatividad, la época de peligro alto concentra mayor número de efectivos. La Región Siciliana no diferencia distintas épocas de peligro de forma que sólo asigna recursos durante los meses estivales, en el cual se encuentra activado, descuidando otros períodos "*tabla 7"*.

Comparación realizada		Plan INFOCA	Plan SICILIA
Peligro alto	1 julio-30 septiembre. Todo el dispositivo	Todo el dispositivo	
Peligro medio	1 mayo-30 junio 1 octubre-31 octubre Permanecen algunos retenes especialistas y medios aéreos	Permanecen algunos retenes especialistas y medios aéreos.	15 de junio-15 de octubre
Peligro bajo	1 noviembre-30 abril No hay ningún dispositivo	No hay ningún dispositivo	
Período de activación		Todo el año.	Meses estivales

Tabla 7-*Comparación de los dispositivos según las épocas de peligro.*

Cada una de las Regiones cuenta con una serie de infraestructuras y medios para la realización de las labores de detección, vigilancia y extinción de incendios forestales en sus territorios resultando la asignación de recursos de infraestructuras bastante similar en líneas generales "*tabla 8"*. Las diferencias numéricas, en términos absolutos y relativos se explica por la concepción diferente de cada uno de los Planes, que asignan sus recursos de forma distinta.

Comparación realizada	Plan INFOCA	Plan SICILIA
Parque de Bomberos	-	-
Bases de helicópteros	4	6 + 2 de apoyo
Pistas principales propias aviones	8	-
Pistas secundarias propias	12	-
Torres de vigilancia	231	250
Patrullas móviles	345 miembros de patrulla móvil	86, una por Destacamento Forestal
Equipos médicos propios	17	-
Retenes forestales	267	-
Retenes helitransportables	4	-
Vehículos de extinción	96	81
Aviones de Carga en Tierra	6	3
Aviones anfibio	2	1
Aviones de Coordinación	3	1
Helicópteros de extinción	2	6
Helicópteros de transporte	1	2
Helicópteros de transporte y extinción	18	6

Tabla 8-*Infraestructuras y medios de detección, vigilancia y extinción.*

Sin embargo, puede verse que el Plan Siciliano cuenta con algunas deficiencias en su estructura de extinción destacando que no dispone de pistas de uso exclusivo para los medios que actúan en el Plan Antiincendios, debiendo depender muchos de ellos, principalmente los cedidos por otros Organismos Oficiales, de aeropuertos

inexistencia de retenes helitransportables como cuadrillas de alta especialización no permite su utilización en caso de trabajos de muy alto rendimiento.

La eficacia de un Plan Antiincendios se mide por la forma en la que ha gestionado los recursos, muchos o pocos, de los que dispone, principalmente económicos y los resultados que ha obtenido. Los recursos económicos asignados a los Planes, en ambos casos, no resultan suficientes para las exigencias presentadas. En el caso de la Región Siciliana, estos recursos resultan totalmente insuficientes, además de no estar fijado todavía el destino de todos los fondos disponibles"*tabla 9"*.

Característica	Andalucía	Sicilia
Euros dedicados al plan regional	104 millones	3,5 millones
Euros dedicados a prevención	57,2 millones	-
Euros dedicados a extinción	41,3 millones	-
Euros dedicados a restauración	5,2 millones	-

Tabla 9-*Medios económicos disponibles en la Región Siciliana y Andalucía.*

En el caso de Andalucía, los recursos disponibles, son razonablemente suficientes para las tareas que se realizan, pudiendo mejorarse bastantes aspectos de la gestión de los mismos, con el fin de optimizar los resultados finales. Así, el resultado obtenido es relativamente optimista, teniendo en cuenta las premisas anteriores.

La Región Siciliana no aporta demasiada información sobre los recursos de que dispone por lo que no puede analizarse con suficiente profundidad cuál es la eficacia resultante del mismo; la que aporta hace referencia a recursos bastante escasos en materia de lucha contra incendios que resultan totalmente insuficientes para las necesidades que pretende cubrir el Plan Antiincendios y que, en último término, no se realizan o se realizan inadecuadamente, gravando sobre el ya mermado y deteriorado patrimonio forestal siciliano.

Mejoras futuras y recomendaciones

Es necesario para la consecución de los objetivos de mejora del sistema de prevención, protección y lucha activa contra los incendios forestales en Sicilia la aplicación de una serie de medidas, tomando el ejemplo de la Comunidad Autónoma de Andalucía, con actuaciones futuras que ya se están llevando a cabo en la organización antiincendios siciliana o habrá que tenerlas en cuenta.

En la estructura organizativa el Plan deberá organizar los procedimientos de actuación de medios y servicios cuya titularidad corresponde a la Región Siciliana y de los asignados por otras Administraciones Públicas y Entidades u Organizaciones. Para ello, se constituirán Brigadas de Investigación de Incendios Forestales independientes, que determinarán e investigarán las causas de todos los incendios producidos en la región a lo largo del año, dado el altísimo grado de intencionalidad de los mismos.

En la operatividad del Plan los medios y recursos previstos en el Plan iran entrando en servicio de forma escalonada, según el riesgo que las condiciones meteorológicas indiquen, debiendo estar operativos, salvo fuerza mayor, en su totalidad en el período comprendido entre el 1 de junio y el 15 de octubre, quedando después un mínimo de personal y medios hasta la finalización de la campaña. Se podrán definir y crear, en su caso, el Puesto de Mando Avanzado (PAIF), las Áreas de espera y el Campamento base, para la dirección y seguimiento de los trabajos de extinción.

La mayor o menor densidad de recursos de vigilancia de cada zona está directamente relacionada con el número de incendios, información proporcionada por las estadísticas, y el valor de la zona a proteger. A partir de la distribución de los mapas de calidad-riesgo de los sistemas forestales y considerando los recursos actuales con que cuenta la Región, se propone una dotación mínima de recursos que permita la protección total de los sistemas de calidad mayor y una mínima protección a los de calidad menor, así como poder hacer frente a dos incendios de medianas proporciones.

Con el fin de mejorar carencias se realizará un catastro específico municipal de zonas incendiadas, como prevé la ley italiana 353/2000, único medio para frenar las especulaciones posteriores a muchos incendios. Así mismo, las campañas de información correcta y preventiva a la población, con mayor concienciación y sensibilidad permiten frenar los incendios de origen antrópico, "quien ama no quema" es la llamada para encender la pasión y apagar la indiferencia.

Las medidas que incentivan los comportamientos adecuados, con desgraves fiscales a los propietarios que se preocupen de sus montes, continuan las iniciativas del año 2002 de la Ley financiera italiana, importancia notable pues los montes privados constituyen el 60% de la superficie forestal nacional.

Se instituirá una "estructura permanente", adecuadamente dotada de recursos humanos, estructurales y financieros que, autónomamente, se ocupe de la redacción del documento de planificación y proceda a la revisión anual del Plan, a la cartografía de las áreas afectadas por el fuego, a la adquisición en formato digital de cualquier elemento que participe en la elaboración del propio Plan y a la verificación de la realización de las intervenciones para conseguir los objetivos previstos, asumiéndose iniciativas políticas específicas que reorganicen, mejoren, potencien y adecuen la acción de defensa contra los incendios. Del mismo modo la creación y potenciación de Asociaciones de Defensa Forestal entre propietarios de terrenos forestales, incentivará el cuidado de las superficies potencialmente afectables dentro del territorio de la Región Siciliana.

La medida principal de prevención, además de la selvicultura preventiva, será continuar la colaboración con el "Servicio de previsión del peligro de incendios forestales" para coordinar e incluir recursos comunes de otros sectores de la administración pública.

En la lucha activa se recomienda revisar y modernizar la red de radio y los medios antiincendios y la activación del sistema aéreo de teledetección, extendiéndolo a zonas de interés particular ambiental y naturalístico y a áreas de mayor riesgo de incendio, aprovechando la atención creciente de la política regional en la defensa y conservación del territorio y protección civil y la reestructuración de la propia administración regional. Se propone potenciar los sistemas antiincendios regional y local creando un Servicio aéreo antiincendios forestales regional propio,

pues la supresión de incendios forestales se efectúa actualmente con helicópteros alquilados por la Administración Forestal Regional, dedicando especial atención al sistema de alerta de los medios aéreos coordinados por el Departamento de Protección Civil.

La actuación y participación de los municipios en la lucha contra los incendios forestales formula una política propia antiincendios forestales, parte integrante de una política de gestión y recalificación del territorio. En este ámbito se localizan las acciones de atribución específica, como recopilación de información territorial, indispensable para implantar las demás actividades y la existencia de estructuras de coordinación con el resto de entidades del sistema antiincendios forestales, a fin de poder gestionar con la máxima eficiencia y eficacia los recursos territoriales.

La Administración y la logística al efecto dedicadas permiten la funcionalidad del sistema, reduciendo contratiempos en una posible situación de emergencia. A tal efecto, anualmente se valorará la eficiencia y eficacia del sistema por medio de una Auditoría, para aportar mejoras, rendir cuentas a autoridades y público de los resultados obtenidos con los recursos utilizados, asignar méritos y responsabilidades, comparando los mecanismos con los adoptados en situaciones similares.

Consideración final

Es necesario impulsar la cualificación y profesionalización de todo el personal al servicio de la defensa contra los incendios forestales mediante la formación, tanto en el marco del personal contratado como del funcionario, así como el proveniente del voluntariado, incidiendo especialmente en la seguridad personal y la autoprotección en los trabajos de extinción. Además, se recomienda potenciar cuanto sea posible las actividades que puedan englobarse en la prevención pues, además de reducir el número y efecto de los incendios, paralelamente disminuyen el esfuerzo y riesgo humanos y contribuyen de forma muy positiva en la socioeconomía local.

También, se debería sistematizar cualquier tarea que permita el apoyo a la toma de decisiones de manera ágil y eficaz con el uso y aplicación de la informática y los SIG, herramientas imprescindibles en la consecución de resultados cada vez más eficientes, intensificando, además, la colaboración con la vigilancia policial (Corpo Forestale della Regione Siciliana, Carabinieri, Guardia di Finanza).

Bibliografía

Abbate, R. 2002. **Valutazione statistica del livello di rischio da incendi boschivi in Sicilia**. ISTAT-Ufficio Regionale per la Sicilia. Progetto “Determinazione di metodologie statistiche per la prevenzione di incendi boschivi in Sicilia”. Dipartimento di Economia e Territorio. Catania.

Arrigo, M. 2002. **Nuovo programma di vigilanza finalizzato alla prevenzione degli incendi dolosi**. Ufficio Speciale Servizio Antincendi Boschivi, Assessorato Agricoltura e Foreste, Regione Siciliana. Palermo.

Bovio, G. 2002. **La situazione attuale della protezione incendi boschivi in Italia.** En: “Atti del XXXIX Corso di Coltura in Ecologia: Il fuoco in foresta, ecologia e controllo”, San Vito di Cadore, 2-6 settembre 2002, Padova.

Bovio, G.; Camia, A . 2002. **Piano Regionale per la programmazione delle attività di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi 2003-2006**. Regione Piemonte Settore Antincendi Boschivi e Rapporti con il Corpo Forestale dello Stato. Torino.

Consejería de Medio Ambiente. 2003. **Plan INFOCA. Presentación año 2003**. Junta de Andalucía. Sevilla.

Quesada Fernández, C. 2003. **Análisis comparativo entre los sistemas antiincendios forestales en Italia meridional y Andalucía**. Trabajo Profesional Fin de Carrera. Universidad de Córdoba. Córdoba. Inédito.

Regione Siciliana. Assessorato Agricoltura e Foreste, Direzione Foreste. 1994. **Nuovo Piano di Difesa dei Boschi e delle Aree Protette dagli incendi**. Palermo.

Rodríguez y Silva, F. 2000. **Ejemplos de Planes de Defensa en España: Andalucía.** En: Vélez, R. "La Defensa contra Incendios Forestales: fundamentos y experiencias*",* pp 11.17-11.56. McGraw Hill. Madrid.

Influencia de la Protección contra Incendios Forestales Sobre la Diversidad de Plantas en un Bosque Deciduo Tropical de Roble Dipterocarp, Tailandia[1]

Shesh Kanta Kafle [2]

Resumen

Se comparó un terreno de dos hectáreas con bosque de robles dipterocárpeos de hoja caduca en el parque Nacional de Doi Suthep-Pui del Norte de Tailandia protegido contra el fuego durante 28 años con un bosque similar, cercano, aunque de incendios frecuentes, con respecto a los cambios de diversidad observados en las plantas. El objetivo era encontrar los efectos de protección contra incendios forestales sobre la diversidad de plantas. A fin de vigilar las tres comunidades, se dividió en terrenos de 6 mts de anchura con un largo total de 650 metros en cada uno, en la ladera de la montaña siguiendo una orientación de 60 grados. A fin de controlar la flora terrestre, se realizaron unos cuadrados de 2x2 m², que cubrían un 2,3% de toda la zona del transecto. Se calculó el porcentaje del valor de importancia (IP) de los árboles <10 cts. DBH (A LA ALTURA DEL PECHO), la composición de las especies y la diversidad de los árboles y la flora terrestre. La riqueza de las especies de la flora terrestre y de las especies arbóreas era mayor en las zonas protegidas. La incidencia de árboles de hoja perenne tropofilios era mayor en la zona protegida que en la zona quemada.

Introducción

Tailandia ha sufrido una rápida disminución de su cobertura forestal en las tres últimas décadas, perdiendo más de un 50% de su zona forestal. Con una cobertura forestal total del 60% en 1953, actualmente Tailandia sólo tiene un 27% (Poffenbergen y McGaen, 1993) Últimamente las imágenes por satélite indican aún mucho menos (SPOT, Landsad y ERS) Anteriormente, esta destrucción agresiva de la cobertura forestal era debida a las concesiones referentes a la tala, los abusos y el desarrollo de infraestructura como carreteras, centrales hidroeléctricas y de minería. Sin embargo, en el Norte de Tailandia, donde los bosques cubren más de un 40% del territorio, según las estimaciones, las prácticas de rotación de cultivos e incendios forestales intencionados son todavía frecuentes. En Tailandia, los incendios forestales se han convertido en un fenómeno cada vez más frecuente y problemático en Tailandia. Los incendios han tenido un gran impacto sobre todo en los Parques Nacionales donde el objetivo fundamental es la protección de la flora y la fauna y su hábitat. Dada la variedad y abundancia de plantas, las fenologías de la floración, la

[1] Una versión abreviada de este trabajo se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación, y economía de los programas de protección contra los incendios forestales, 19–22 de Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] Agro-Farm Foresters' Association Nepal (AFFAN), GPO Box: 8365, Kathmandu, Nepal, email: skkafle@hotmail.com

aparición de frutas y de hojas de los árboles y el nivel de nutrientes del suelo son características básicas para las condiciones ecológicas de los animales salvajes, es fundamental realizar estudios de impacto de los incendios forestales sobre estos factores para gestionar adecuadamente la biodiversidad en estas zonas.

Hipótesis

Este estudio examinó las siguientes hipótesis:

- La protección prolongada de un bosque contra incendios cambia la composición de las especies de la flora terrestre más características de un bosque de hoja caduca mixto
- Habrá menos perturbaciones después de realizar una protección contra incendios, por lo tanto habrá una mayor diversidad entre las plantas de las zonas protegidas

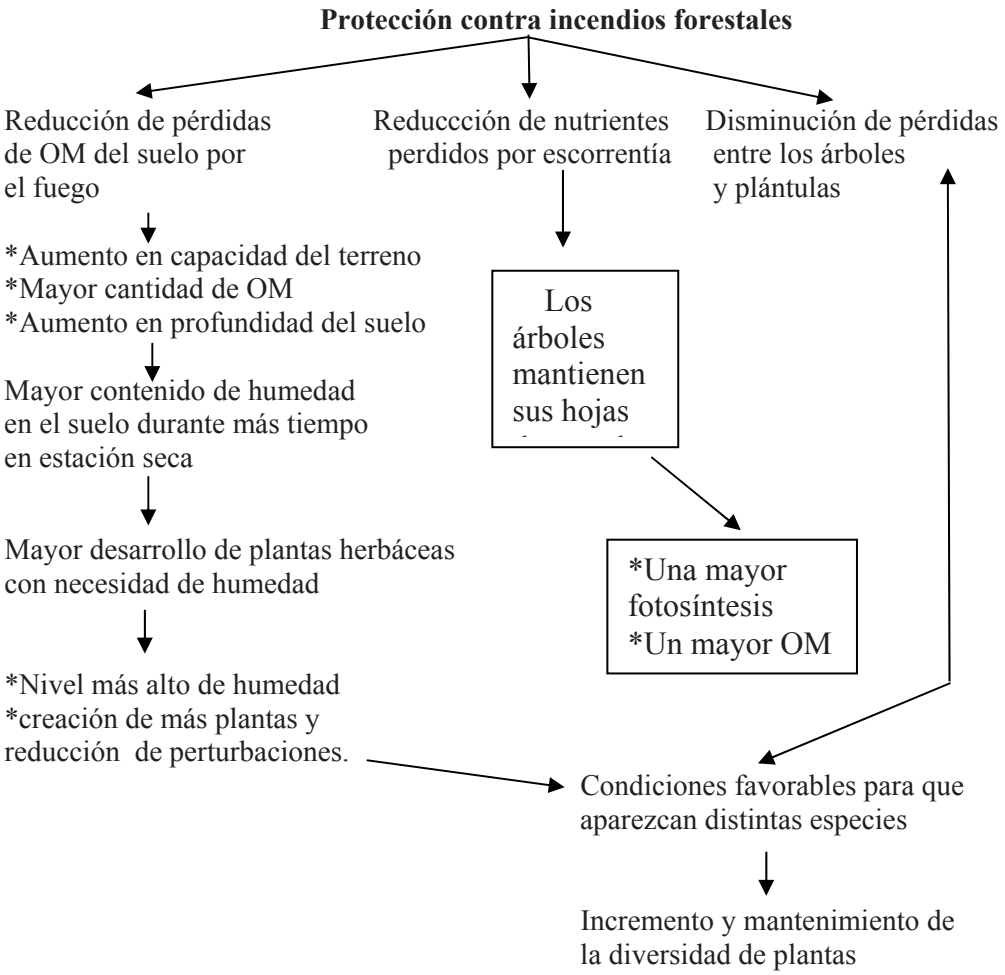


Figura 1—Hipótesis sobre el mecanismo de los efectos de la protección contra incendios en un bosque de robles dipterocarpácea de hoja caduca.

Objetivos

1. Averiguar los efectos de la protección contra incendios forestales sobre la diversidad de las plantas.

2. Identificar los posibles usos de imagines por satélite para hacer un seguimiento de la diversidad de plantas.

Metodología

Zona estudiada

Este estudio fue llevado a cabo en un bosque de robles dipterocárpeos en el Parque Nacional Doi Shutep –Pui al Norte de Tailandia. Esta zona se encuentra a varios Kms al oeste de la ciudad de Chiang Mai a aproximadamente 18 grados 50 longitud Este. El bosque ha sido declarado Parque Nacional en 1981 y cubre un área de 261 Km2. El bosque de robles de dipterocárpeo está situado desde la base Este a 350 mts. 950 mts. de altitud, mientras que el punto más elevado del parque Doi Pui se encuentra a una altitud de 1685 mts,..

Se eligieron dos zonas, una protegida contra incendios durantes 28 años, y la otra no protegida. En el momento de seleccionar la zona quemada, a parte de elegir una composición de la vegetación y tipo de suelo similares, se le dio mucha importancia a otros factores, como el aspecto, distancia de las fuentes acuíferas, rocas y altitud. Antes de realizar la selección final, se reconocieron posibles localizaciones cercanas y se examinaron detenidamente los factores de la zona. Se utilizó GPS para localizar la posición exacta. En la zona protegida se habían mantenido líneas cortafuegos de 3 mts. de anchura a fin de evitar que el fuego se propagara. La altitud de ambas zonas variaba entre 500 y 650 mts. El lecho de roca era granito (Maxwell, 1988) En la mayoría de los sitios, el suelo era superficial, muy desgastado y expuesto a la erosión.

Muestra

Se realizaron transectos de seis metros de anchura a lo largo de la ladera de la montaña a una inclinación de 60 grados. Había 4 transectos en la zona protegida y 5 en la zona quemada de diversos tamaños. Sin embargo, la longitud total de las transectos en cada zona era de 650 mts., y cubría el 5% del área total.

Recopilación y análisis de datos

Se etiquetaron e identificaron todos los árboles que tenían más de 10 ctm. dbh (diámetro a la altura del pecho). De la misma manera se examinó la flora terrestre utilizando un porcentaje de la cobertura de cada especie con la ayuda de la Escala Domino (tabla 1) También se registró la zona cubierta de plántulas de árboles y arbolillos. Se controló la flora terrestre a principios de la temporada de lluvias (junio), durante la temporada de lluvias (septiembre) y al final de ésta (noviembre)

Tabla 1— *Escala Domino*

Categoría	Puntuación
+	Individuos únicos
1	1-2 individuos
2	<1 % cobertura
3	1-4% cobertura
4	5-10% cobertura
5	11-25% cobertura
6	26-33% cobertura
7	34-50% cobertura
8	51-75 cobertura
9	>75%< 100% cobertura
10	100% cobertura completa

La mayor parte de los datos de la vegetación fueron analizados estadísticamente utilizando los programas informáticos ECOSTAT y SPSS.

Resultados

Composición de las especies y diversidad

Se registró en la zona de la muestra un total de 130 especies de plantas, con 29 árboles y 101 especies de flora terrestre (tabla 2) La zona protegida tenía una flora terrestre más abundante que la zona quemada, aunque la variedad de especies de los árboles era muy similar en ambas zonas. La zona protegida también contenía algunas especies autóctonas más, comparada con la zona quemada. Dipterocarpus obtusifolius var. Obtisifolius era la especie más abundante seguida de Shorea siamensis var. Siamensis en varias zonas. Dos árboles de hoja caduca Dipterocarpus tubercolatus var tuberculatus y Tristaniopsis busmanica var. Rufescens tenían una mayor incidencia en la zona quemada comparada con la zona protegida, aunque su porcentaje era comparativamente bajo. En la zona protegida Lithocarpus elegans, Lithocarpus sootepensis, Buchanania lanzan y Quercus kerrii var kerrii eran más abundantes.

Tabla 2— *Composición de las especies en la zona de la muestra.*[1]

Composición	Número de especies[2]				
	Total	PA	BA	% (PA)	% (BA)
Árbol spp. (>10cm dbh)	29	22 (8)	21 (7)	76	72
Trep. leñosas	3	3 (2)	1 (0)	100	33.3
Arbustos	14	10 (3)	11 (4)	71	79
Parras	10	9 (2)	8 (1)	90	80
Hierbas	74	52 (27)	47 (22)	70	64
Total	131	96 (42)	88 (34)	74	68

[1] El número de especies de árboles está basado en el control de transectos mientras que la zona terrestre está basada en los cuadrados realizados a lo largo de los transectos.

[2] Las cifras entre paréntesis indican el número de especies que solo se encuentran en esa zona..

Dipterocarpaceae era la familia dominante de árboles (tabla 3) El porcentaje de la composición de árboles de esta familia era más alto en la zona quemada (63,58%) que en la zona protegida (56,8%)

Tabla 3—*Composición de las principales especies de árboles de mas de 10 ctm. diamétro dbh, en la zona quemada y en la zona protegida.*

Especies	Número de individuos1	
	Zona Protegida	Zona Quemada
Diptercocarpus obtusifolius var. obtusifolius	100 (37.45%)	58(35.80%)
Shorea Siamensis	30 (11.24%)	22 (13.58%)
Buchanania lanzan	27 (10.11%)	9 (5.56%)
Shorea obtusa	22 (8.24%)	15 (9.26%)
Quercus kerrii var. kerrii	26 (9.74%)	15 (9.26%)
Lithocarpus sootepensis	15 (5.62%)	4 (2.47%)
Lithocarpus elegans	10(3.75%)	3(1.85%)
Craibiodendron stellatum	9 (3.37%)	5 (3.09%)
Tristaniopsis burmanica var. rufescens	2 (0.75%)	8 (4.94%)
Dipterc\ocarpus tuberculatus var. tuberculatus	0 (0.00%)	8 (4.94%)
Miscelánea	26 (9.74%)	15 (9.26%)
Total	267 (100.0%)	162 (100.0%)

[1] Las cifras de porcentaje entre paréntesis indican la dominación relativa de las especies.

Área basal, densidad de árboles y dominación de comunidad

El área basal y la densidad de árboles (P>10 cm dbh) eran más altos en la zona protegida que en la zona quemada (tabla 4) Sin embargo, la media del área basal de los árboles considerada globalmente era similar en ambas localizaciones. El índice de dominación de comunidad McNaughton, era prácticamente el mismo en ambas

localizaciones. Esto indica el mayor valor relativo de dominación de las dos especies dominantes.

Tabla 4— *Porcentaje y área basal total, densidad de árboles y dominación de comunidad de la zona protegida y la quemada*.

Estadísticas Comunidad	Unidad	Zonas	
		PA	BA
Área Basal Ha^{-1}	M^2	22.67	13.95
Densidad de Árboles (>10 cm dbh)	no./ha.	685	415
Dominación de la Comunidad	%	48.7	49.4

Valor de importancia de las principales especies de árboles

En ambas zonas, la dipterocarpaceae correspondía a más del 50% del porcentaje calculando el área basal relativa (RBA), la frecuencia relativa (RF) y la densidad relativa (RD) (Tabla 5)

Tabla 5— Valor de importancia (iv.) de las principales especies de árboles en la zona protegida y en la zona quemada.

Especies	Zona Protegida					Zona Quemada				
	RBA	RF	RD	IV	IP	RBA	RF	RD	IV	IP
Diptrocarpus obtusifolius	0.48	0.07	0.37	0.92	30.7	0.47	.09	.36	.92	30.7
Shorea siamensis	0.19	0.07	0.11	0.37	12.3	0.16	.09	.14	.39	13
Buchanania lanzan	0.06	0.07	0.10	0.23	7.7	0.03	0.7	.06	.16	5.3
Quercus kerrii	0.08	0.07	0.10	0.25	8.3	0.08	.07	.09	.24	8.0
Shorea obtusa	0.08	0.07	0.08	0.23	7.7	0.07	.07	.09	.23	7.7
Lithocarpus sootepensis	0.03	0.07	0.05	0.16	5.3	0.01	.07	.03	.11	3.7
Lithocarpus elegans	0.02	0.07	0.04	0.13	4.3	0.04	.06	.02	.12	4.0
Craibiodendron stellatum	0.02	0.07	0.03	0.12	4.0	0.01	.07	.03	.11	3.7
Tristaniopsis burmanica	0.034	0.04	0.01	0.05	1.7	0.02	.06	.05	.13	4.3
Diptrocarpus tuberculatus	0	0	0	0	0	0.04	.06	.05	.15	5.0

(RBA = área basal relativa; RF = frecuencia relativa; RD = densidad relativa; IV =valor de importancia; IP = porcentaje de importancia)

Abundancia de diversidad y uniformidad de especies

En la tabla 6 se ofrece un cálculo de los valores estadísticos de las distintas comunidades. Los resultados no mostraron una diferencia significativa entre la zona protegida y la zona quemada. En la zona protegida, sin tener en cuenta la gran abundancia y riqueza de las especies, los índices de diversidad (H") eran ligeramente inferiores que en las zonas quemadas. Sin embargo, los valores no eran diferentes

desde el punto de vista estadístico. Igualmente, los árboles estaban distribuidos de una manera más uniforme en la zona quemada.

Tabla 6— *Riqueza y diversidad de las especies e índices de uniformidad de los árboles en la zona quemada y la protegida.*

Estadísticas Comunidad		Zona Protegida	Zona Quemada
Especies ricas	No	22	21
Diversidad	~ H' N1 N2	0.18 2.18a 8.81 5.46	0.17 2.24[a] 9.43 5.90
Uniformidad	~~	0.57	0.58

[a] Los valores de los índices de diversidad de ambas zonas no son estadísticamente diferentes (utilizando el test *t)*

Distribución de clases por tamaño

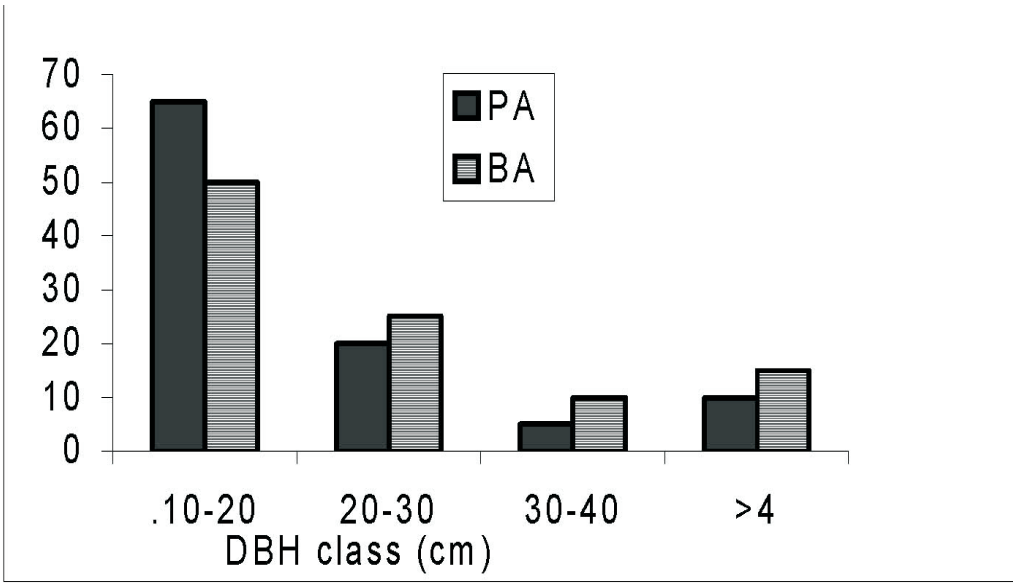


Figura 1— Muestra una mayor regeneración en la zona protegida (PA) que en la zona quemada (BA).

Un 73% de los árboles de PA tenían de 10 a 15 cmt. dbh. Además se observa que los árboles muy jóvenes eran bastante abundantes en esta zona. Sin embargo, en el BA sólo el 64% pertenecían a esta categoría. No había una notable diferencia en la distribución de árboles en otras categorías

Diversidad de la flora terrestre

Sin tener en cuenta el porcentaje significativamente más bajo de cobertura, basado en la puntuación total Domin (Test T, P>0,05 ctm), la zona protegida poseía un mayor número de especies de zona terrestre (tabla 7) Sin embargo, la zona quemada contenía una mayor diversidad de especies y un índice más alto de uniformidad que en la zona protegida. Sin embargo, el índice de diversidad de especies no era significativamente diferente (Test T, P>0,05 ctm)

Tabla 7— *Diversidad, riqueza y uniformidad de la zona terrestre en la zona protegida y en la quemada.*

Estadística Comunidad		Zona protegida	Zona quemada
Especies Ricas	No R1 R2	74 12.49 3.98	67 10.298 2.91
Diversidad	˜ H' N1 N2	0.812 3.401a 30.207 12.316	0.553 3.477a 32.37 18.080
Uniformidad	E5	0.387	0.544
Puntuación Total Domino	TDS	349.5	505.0

TestT (p>0.05)

Figura 2-- Distribución de clase por tamaños de árboles >10 ctm de clasificación.

Puntuación por frecuencia y abundancia

En ambas zonas, había muy pocas especies dominantes en términos de puntuación de frecuencia y abundancia. Themeda trinada Forssk. (Gramineae) era la más frecuente y abundante en ambas zonas, seguida por Globba Schomburgkii Hk.f. (Zingiberaceae) en la zona quemada y Scleria lithosperma var lithosperma en la zona protegida. Las especies más frecuentes y abundantes de ambas zonas se presentan en la tabla 8.

Tabla 8— *Especies de flora terrestre de gran abundancia y frecuencia en las zonas estudiadas.*

Especies	Puntuación Domin		% Frecuencia	
	PA	BA	PA	BA
Themeda triandra	83	72	81	86
Uraria lacei	-	15	-	20
Scleria lithosperm var. lithosperma	14	18	33	48
Scleria levis	-	19	-	43
Abrus precatorius	10	10	52	43
Globba schombergkii	-	32	-	52
Globba reflexa	8	12	24	33
Dunbaria longeracemosa	-	22	-	57
Aristolochia kerrii	7	-	33	-
Curcuma zedoaria	-	18	-	52
Lygodium flexuosum	9	-	29	-
Scutellaria glanduolosa	10	-	48	-
Murdania loureirii	8	-	24	-
Desmodium laxiflorum ssp. Laxiflorum	8	-	29	-

[1] Promedio de la puntuación total Domin para Julio, Septiembre y Noviembre. El espacio en blanco (-) no significa que la especie está ausente en la zona. Indica que la especie no está incluida entre las nueve especies más abundantes.

Debate

La densidad mayor de población forestal en la zona protegida era una consecuencia directa de la protección contra el fuego. La zona protegida poseía un 25% más de árboles que la zona quemada. Además, tenía más árboles jóvenes de la categoría 10 a 20 ctm DBH que la zona quemada. Esto sugiere que la protección contra incendios forestales disminuyó la pérdida de árboles, lo cual conduce en definitiva a un aumento de productividad y materia orgánica del suelo, es decir, unas condiciones de crecimiento más favorables. Este resultado también apoya los hallazgos de Naidu y Sribasuky de que las plantas más jóvenes resultan más negativamente afectadas por los incendios que las plantas maduras.

Otra característica importante que se vio en este estudio fue que no se encontraron Dipterocarpus tuberculatus var tuberculatus de mas de 10 ctm dbh en la zona protegida. Sin embargo, se vieron algunos brotes de bosquecillos. Esta observación concuerda con una afirmación hecha por Barrington, 1951 en el estudio de un bosque de Burma "...la protección estimula un monte bajo de hoja perenne que evita la reproducción de Dipterocarpus tuberculatus var. Tuberculatus, y que evidentemente cambiaría el tipo de vegetación hacia un tipo más húmedo".

La protección contra incendios parece tener más impacto en la comunidad herbácea que en los árboles. Casi un 50% de las especies de flora terrestre registradas eran específicas de cada zona. La mayor parte de especies herbáceas en la zona protegida eran típicas de condiciones húmedas y algunas especies que se encontraron en la zona quemada son resistentes al fuego. Phoenix humilis poy. var. Humilis

(Palmae) y Pennisetum pedicellatum Trin. (Gramínea) son unos ejemplos típicos. Aunque la puntuación total Domin es mucho más alta en la zona quemada que en la zona protegida no había ningina diferencia significativa en el índice de diversidad de especies. Esto era probablemente debido a la dominación de varias especias más que a la distribución uniforme de éstas. Themeda trinada Forssk. (Gramineae y Globba schomburgkii (Zingiberaceae), Scleria lithosperma (L.)Sw. Spp. Lithosperma (Cyperaceae) estaban entre las especies dominantes de flora terrestre en ambas zonas.

Conclusiones y Recomendaciones

La mayor influencia de árboles de hoja perenne o tropofilius y la presencia de cierta flora herbácea con necesidad de sombra en la zona protegida sugiere que el entorno forestal en la zona protegida era favorecido por plantas asociadas a un bosque mixto de hoja perenne y caduca. Sin embargo, no se observó ninguna diferenciación específica. De modo que, sólo se demostró parcialmente la hipótesis de que la protección prolongada de los bosques contra los incendios cambia la composición de especies de la comunidad de plantas y las hace más características con respecto a una mezcla de bosque de hoja perenne y de hoja caduca. Es necesario proseguir los estudios en distintas condiciones fisiográficas para saber si la presencia de algunas plantas con necesidad de sombra era debida a los cambios en el medio ambiente o al azar.

La mayor densidad de árboles y de árboles más jóvenes de la categoría de 10 a 20 ctm DBH en la zona protegida apoya la idea de que la protección contra incendios disminuye la pérdida de árboles lo cual conduce en definitiva a unas condiciones más favorables de crecimiento de diferentes especies.

Referencias

Naidu, C.V. and K.P. Srivasuki. Effect of Forest fire on Tree Spices on different areas of Aeshachalam Hills. Journal of Tropical Forestry. July-September 10 (III), 1994..

Proffenberger, M & B. Mc Geen Community Allies: Forest co-management in Thailand, South east Asia Sustainable forest Management Network, Centre for Asia Studies, University of California,1993.

Maxwell, J.F. The vegetation of Doi Suthep Pui National Park, Chiang Mai Pnvinu, Thailand Tiger paper 15 (4), 6-14.

Barrington, A.H.M. 1931. Forest soil and vegetation in the Hlaing forest circle Burma. Burma Forest Bnlletin 25, Ecology series No.1. Rangoon, 1988.

Gestión de los Riesgos de Incendios en la Interfaze Forestal - Urbana: Proyecto WARM[1]

David Caballero[2]

Resumen

Los incendios forestales en la interfase forestal - urbana es un problema creciente en Europa, así como en el resto del mundo. En el marco del proyecto WARM (Wildland-Urban Area Fire Risk Management), una actividad de investigación del 5 o Programa Marco de la Comisión Europea, se identifican y presentan la magnitud del problema y los factores identificados. De acuerdo con la experiencia de años anteriores, se explica un marco consistente y exhaustivo en el cual se presentan varias actividades de investigación. Entre ellas, se consideran en los cómputos de vulnerabilidad y riesgo de asentamiento la caracterización de distintos patrones de viviendas-vegetación, la descripción de materias combustibles de la interfase, la modelización del comportamiento de los incendios y la participación de la escorrentía de agua y de los deslizamientos de tierra. También se presentan algunos ejemplos de las actividades de investigación en el proyecto WARM.

Introducción

La mayor parte de la atención de en la gestión de la protección de los recursos naturales va a la conservación de la vida natural, asegurando un uso sostenible y beneficioso para la sociedad. Recientemente, existe una demanda creciente de terreno forestal como lugares donde vivir o pasar unas vacaciones agradables. Este fenómeno es más evidente en la cercanía de grandes aglomeraciones urbanas y ciudades. Se esperan unos coeficientes de ocupación crecientes para los próximos años en las zonas forestales.

Esta situación lleva a considerar un nuevo escenario de planificación y gestión de recursos naturales, es decir, donde las áreas urbanas se entremezclan con los terrenos forestales. Esta situación específica se conoce comúnmente como interfase forestal - urbana (W-UI). Se define como la línea, área, o zona donde las estructuras y otras construcciones humanas se encuentran o entremezclan con terrenos forestales no modificados o con combustibles de origen vegetal (United States Department of the Interior, 1995).

Los expertos en incendios forestales creen que la amenaza de daños masivos por incendios en vidas humanas, propiedad privada, y recursos naturales es creciente (Fischer y Arno, 1988) siendo las razones para ello: 1. Los patrones de actividad humana han cambiado los paisajes en las últimas tres décadas. 2. Los recursos naturales son demasiado valiosos como para permitir que los incendios quemen superficie de manera no controlada. 3. Los presupuestos para la lucha contra los incendios forestales se están reduciendo. 4. Más personas salen de las ciudades hacia las zonas forestales. 5. El personal de lucha contra incendios forestales no está lo suficientemente bien entrenado y/o equipado para luchar

[1] Una versión abreviada de esta ponencia se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía de los programas de protección contra los incendios forestales: una visión global. 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] TECNOMA S.A. - Grupo TYPSA, España, davidcaballero@tecnoma.es.

contra incendios en estructuras. 6. Condiciones climáticas tales como la sequía son como una cerilla para los combustibles volátiles (Chuvieco et.al, 1994).

Las áreas de W-UI presentan problemas típicos de la gestión de las ciudades junto con los que se encuentran en la gestión de los terrenos forestales. Con ello aparece un conjunto específico de problemas en forma de sinergia e interacción entre ambos usos de suelo. Uno de los principales problemas encontrados en las áreas W-UI es la aparición de incendios forestales. Las personas que habitan áreas y residencias urbanas entre los bosques apenas se dan cuenta del potencial de destrucción de los incendios forestales, hasta que hayan sufrido sus efectos en experiencias anteriores (Cortner et al., 1990).

Los incendios forestales son algo a lo que los ciudadanos no están acostumbrados, pero algo a lo que están expuestos cuando se pueblan áreas de W-UI. Las personas procedentes de otras partes (inmigrantes y turistas) normalmente no se preocupan de los riesgos de incendios forestales en la interfase forestal-urbana (Goldammer, 1992; Thomas 1994)

Se ha observado que la eventualidad de incendios en la interfase forestal - urbana está frecuentemente asociada a incendios grandes y, en la mayor parte de los casos, a incendios de propagación por las copas (Alexander, 1988), como demuestran los lamentables ejemplos recientes (EE.UU.-Oakland Hill, 1991; Grecia-Mt. Penteli, Atenas 1995, 1998; España-provincia de Tarragona 1994; Sureste de Francia, 1995). Por otra parte, la presencia de aglomeraciones de personas, que frecuentemente son turistas, supone un riesgo potencial en sí mismo en la probabilidad de aparición de incendios. Por tanto, las áreas urbanas son, frecuentemente, fuentes de nuevos incendios forestales (Alcázar 1998).

Las viviendas y las estructuras están generalmente mal protegidas frente a las intensidades y comportamiento de los incendios forestales, dado que los incendios forestales afectan a las estructuras desde el exterior. La producción de ascuas que vuelan es particularmente peligrosa puesto que pueden caer sobre tejados y prender en biomasa muerta acumulada.

Los efectos posteriores al incendio, tales como erosión, corrimiento de tierras y escorrentía por precipitación, suponen una amenaza real para las estructuras. En algunos casos el flujo superficial se multiplica varias veces debido a la reacción hidrofóbica del terreno quemado. Esto conlleva un gran riesgo para las estructuras situadas aguas abajo El humo es también un serio efecto secundario en ciudades y pueblos cerca de los bosques en los que se producen incendios recurrentes (Eftichidis, 1990). Las líneas eléctricas también se ven afectadas y pueden colapsar la distribución de energía. A veces, las líneas eléctricas son el origen de nuevos incendios, dificultando el tráfico aéreo de las fuerzas que luchan contra ellos.

La protección de las estructuras frente a incendios en las zonas forestales no es una tarea fácil, el personal contra incendios debe aplicar técnicas para controlar los incendios forestales, en tales condiciones no pueden protegerse de los incendios todas las viviendas y estructuras. En caso de una lucha activa contra los incendios, deben tomarse decisiones difíciles en el caso que simultáneamente se pongan en peligro vidas humanas, propiedades y áreas forestales (Goldammer 1992). Las técnicas de lucha contra los incendios en estructuras son distintas de las de la lucha contra los incendios forestales. En ambos casos se producen situaciones de peligro específicas (en la extinción en los incendios forestales y de fogonazos en construcciones). Esto exige una formación, técnicas y herramientas específicas (Thomas, 1994). En las áreas W-UI, no siempre hay disponible un suministro de agua en una cantidad suficiente para la lucha contra el incendio, al contrario de lo que sucede en las ciudades. Además, el acceso a las estructuras en

las áreas W-UI es difícil. Las fuerzas de lucha contra los incendios emplean demasiado tiempo en acceder a las viviendas situadas a media ladera en zonas forestales (montañosas). Frecuentemente las personas tienen una sola vía de escape

Los incendios forestales en áreas W-UI afectan a diversos actores clave, en forma de personas que sufren las consecuencias o de personal implicado en la prevención y lucha contra los incendios forestales. Se han identificado los siguientes actores clave: Agencias de protección, propietarios de viviendas, propietarios de terrenos, gobierno, bancos y compañías de seguros. Todos ellos tienen un papel en la planificación y gestión de áreas W-UI amenazadas por los incendios. Es algo bien conocido que las técnicas destinadas al control de la materia combustible en bosque en, o alrededor de, áreas urbanas no se aplican de manera regular en el momento, lugar y cantidad necesarias para proteger a las estructuras de la intensidad de incendio forestal que tales combustibles producen.

Por ello, la responsabilidad de las prácticas de control de combustibles y otras técnicas de defensa pasivas deben compartirse y coordinarse entre gestores del territorio y propietarios de viviendas. A relativa poca distancia de las áreas metropolitanas, el desarrollo urbano tiende a erigir residencias relativamente caras en parcelas de tamaño medio o grande. Los constructores de viviendas tienden a dejar la mayor cantidad de vegetación nativa que sea posible mantener y fomentar el efecto rural que buscan los compradores. Además, los materiales de construcción con frecuencia no son resistentes al fuego y las carreteras de acceso son estrecho y forman peligrosos callejones sin salida. La implicación de los promotores inmobiliarios y de los propietarios de viviendas es crítico, y la razón por la cual la población en áreas W-UI debe concienciarse de los riesgos reales de incendio forestal y de su consecuencias en sus áreas.

La protección contra incendios en la interfase forestal - urbana debe planificarse a escala regional, pero obviamente debe ejecutarse localmente. Actualmente se aplican diversos sistemas de información a la planificación urbana y forestal y a la planificación y gestión de terrenos forestales. Esto incluye técnicas de recogida de datos utilizando sensores remotos, geo-referenciación de datos, análisis e informes. Existen varios modelos para predecir cambios de uso de suelo, crecimiento de la vegetación, progresión de los incendios forestales y también, detección y estimación de expansión de áreas urbanas.

En vista de lo anterior, la planificación de defensas frente a incendios forestales en áreas W-UI supone un desafío multidisciplinar que exige un esfuerzo coordinado para identificar, medir, analizar y resolver los distintos problemas presentados. La planificación de la convergencia de la expansión urbana y de la gestión del suelo forestal debe fundamentarse en una comprensión común de riesgos y en compartir los mismos datos, ejecutar procedimientos coordinados de planificación y lograr objetivos comunes. Además, los ciudadanos deben ser conscientes de los riesgos accediendo fácilmente a información crítica a través de redes globales.

Es claramente necesaria una metodología y un sistema que ofrezca una plataforma común para comprender y analizar áreas W-UI y que ayuden en la toma de decisiones complejas sobre planificación de defensa contra incendios de W-UI.

Valoración de la defensa de la interfase forestal - urbana

Marco del problema

A la vista de la experiencia durante la campaña 2003 de incendios en Europa y de acuerdo con las necesidades identificadas, deben considerarse varios puntos para obtener una comprensión común del problema y un marco de trabajo común para la planificación y gestión de este problema. Además, esto identificará las líneas de investigación implicadas en el ámbito de las áreas W-UI, abiertas para futuros proyectos de investigación.

En primer lugar está la necesidad de una comprensión común del ámbito geográfico y del significado de "asentamiento". En este punto, debe aclararse que el asunto tiene que ver con grupos de viviendas que podrían definirse como unidades W-UI. Éstas no tienen que corresponder necesariamente con la definición clásica de asentamiento, a saber, un grupo de viviendas conformando una estructura con servicios comunes; en vez de ello, ha de darse una definición más amplia y una clasificación preliminar de tipos.

De hecho, "asentamiento", o lo que a partir de ahora denominaremos también como unidad W-UI, es el área geográfica de interés que incluye un grupo de viviendas que tienen una relación espacial con la vegetación existente, susceptible de arder.

Puede hacerse una clasificación preliminar de estas unidades W-UI de acuerdo con su estructura vivienda - vegetación. Por tanto, considerando la vegetación y la densidad de viviendas por un lado, y el grado de agrupación de ambos componentes por otro, se obtiene la siguiente tabla:

***Tabla* 1**— *Interfases forestal - urbana de acuerdo con patrones de vivienda - vegetación*

			VEGETACIÓN			
			DISPERSA		DENSA	
			Uniforme	Agrupada	Uniforme	Agrupada
VIVIENDA	DISPERSA	Uniforme	No considerada	No considerada	Dispersa Entremezclada	Dispersa Entremezclada
		Agrupada	No considerada	No considerada	Agrupada Entremezclada	Agrupada Entremezclada
	DENSA	Uniforme	Urbana	Urbana	Entremezclada	Interfase urbana ocluida
		Agrupada	Urbana	Urbana	Interfase Urbana	Interfase urbana agrupada

0. Urbana. Dominada por la ocupación de viviendas. No considerada.

1. Entremezcla dispersa - estructura típica en áreas rurales, son necesarios planes de autoprotección.

2. Entremezclada agregada - Igual que (1). Pequeñas agrupaciones de unas pocas viviendas, aisladas.

3. Entremezclada - Estructura típica en áreas turísticas de elevado valor, sin necesarios planes físicos, planes de emergencia y también planes de autodefensa.

4. Interfase urbana - Existe un límite bien definido entre áreas dominadas por viviendas y áreas dominadas por vegetación. Son necesarios un plan físico y un plan de emergencia.

5. Interfase urbana interna - Estructura típica de grandes parques forestales dentro de ciudades, es necesario un plan físico para aislar incendios y minimizar los efectos en las viviendas colindantes.

6. Interfase Urbana agrupada - Igual que (4). Interfase urbana pero en grupos continuos.

La valoración para la planificación se centrará en la elaboración de:

- Planes físicos, orientados a la ejecución de las obras
- Planes de emergencia, orientada a la Protección Civil
- Planes de autoprotección, versión personalizada de planes físicos y de emergencia para viviendas aisladas

Las unidades W-UI se sitúan en el paisaje que tiene condiciones y factores específicos. Un primer análisis debe hacerse a nivel de paisaje, proporcionar estrategias de planificación destinadas a la asignación de prioridades de acciones y cuantificación del problema W-UI . Por tanto la valoración debe incluir:

1. Identificación de tipos de W-UI, cuantificación

2. Causas potenciales de incendios, origen del incendio

3. Recursos e infraestructuras para la lucha contra los incendios

4. Erosión, corrimiento de tierras y potencial de riesgo de inundación

5. Potencial de incendio (intensidad, velocidad de dispersión)

6. Condiciones meteorológicas y de viento más frecuentes, y más adversas

7. Accesibilidad por tierra a través de la red viaria

Para el punto 1, se necesaria una herramienta / método para identificar y cuantificar de modo casi automático las distintas clases de unidad W-UI en un área territorial de trabajo (TWA) determinada de acuerdo con la densidad de vegetación y de viviendas y teniendo en cuenta el grado de agrupación de viviendas y vegetación.

Se ha observado que en la destrucción de una vivienda participa, en primer lugar, la probabilidad de que el incendio alcance la vivienda y, en segundo lugar, la probabilidad que el incendio destruya la vivienda. Para ello debe considerarse una tercera probabilidad o hecho, que el incendio alcance y entre en el asentamiento desde el exterior.

Por tanto, es necesario considerar tres escenarios:

EXT (X) Incendio que se propaga desde el exterior del asentamiento y entrando en él

SET (S) Incendio que se propaga dentro del asentamiento

HOU (H) Comportamiento de los incendios en la parcela y alrededor de la vivienda, que destruye propiedades

Para ello debe añadirse un nuevo escenario, específico de la Zona de Interfase (IFZ), que corresponde al área de vegetación que rodea al asentamiento que potencialmente puede llevar el incendio a las inmediaciones de las viviendas y transportar uniformemente el incendio al interior del asentamiento. Esta zona, que es un límite entre los escenarios EXT y SET, no está presente en todos los tipos de unidades W-UI.

EXT (X) El incendio externo al frente está condicionado por los factores de propagación, a saber, combustible del bosque, topografía y viento, que corresponde al exterior inmediato del asentamiento (“zona cercana”, o 500 m. de zona de seguridad alrededor del límite del asentamiento).

El incendio puede alcanzar al asentamiento de dos maneras:

- Un frente que se aproxima al límite del asentamiento

- Por ascuas encendidas que entran volando dentro del asentamiento

Ambos fenómenos no entrañan automáticamente la propagación de los incendios dentro del asentamiento ni la destrucción de viviendas.

SET (S) El incendio se propaga en el asentamiento gracias al combustible existente, a la topografía y a las condiciones de viento. Para ello debemos añadir las estructuras no inflamables que podrían actuar como barreras. Pero por otra parte debemos considerar de nuevo la propagación del incendio por frentes y la producción de ascuas encendidas. Se espera que la propagación dentro del asentamiento se produzca a través de un patrón no uniforme de distribución de combustible en un frente de llamas no continuo.

HOU (H) El comportamiento de los incendios en las inmediaciones de las viviendas está condicionado, en su mayor parte, por la presencia de combustibles y el viento. La radiación y la convección están relacionadas con el calentamiento y destrucción de las viviendas y propiedades exteriores, particularmente cuando esto conlleva contacto con la llama. También, a veces estos comportamientos

implican que el incendio entre o traspase la vivienda y destruya la vivienda por dentro.

Los escenarios de incendio anteriormente mencionados deben asociarse con:

- Operaciones eficaces de lucha contra los incendios, a los tres niveles (X, S y H)

- Protección civil (evacuación, confinamiento) y comportamiento humano

La eficiencia de estos dos conjuntos de operaciones puede venir apoyada o impedida por las infraestructuras y condiciones locales a los tres niveles (X, S y H). Al final, nuestra valoración debe señalar a la identificación de:

- Destrucción potencial de valores de asentamiento

- Riesgo para vidas humanas

- Destrucción de propiedades en la parcela, exterior a la vivienda

- Destrucción del interior de la vivienda, y por tanto de la vivienda misma

Esta valoración, que es la identificación y cuantificación de los factores que conducen a estos eventos, tendrá como resultado la medición de la vulnerabilidad y riesgo asociados a un asentamiento.

Es interesante observar que estos tres escenarios, (X, S y H) ocurren normalmente en sucesión uno después del otro, pero en un incendio real todos ellos puede ocurrir simultáneamente en distintos puntos. Puede tipificarse la vulnerabilidad individual de las viviendas sumándolo al cómputo total de vulnerabilidad y riesgo de un asentamiento.

En vista de ello, con el fin de dar una valoración razonablemente completa, es necesario abordar y resolver las siguientes cuestiones:

En el escenario EXT:

- X1 ¿Qué condiciones meteorológicas y de viento son en promedio las más adversas para este asentamiento?
- X2 ¿Cuál es la localización y tipo las más probables de fuentes de incendios (puntos de inicio) o de los frentes de fuego esperados que puedan alcanzar al asentamiento?
- X3 ¿Hasta qué punto está el asentamiento cubierto por las fuerzas aéreas y terrestres de lucha contra los incendios?

En el escenario SET

- S1 ¿Cómo alcanzará y entrará el incendio en el asentamiento?
- S2 Cómo podría controlarse o extinguirse de manera eficaz el incendio?
- S3 ¿Cómo destruirá el incendio los valores del asentamiento (vegetación, infraestructuras etc.)?
- S4 Cómo pone el incendio en peligro a las personas?

En el escenario HOU

- H1 ¿Cómo se comportará el incendio en la parcela y alrededor de la vivienda?
- H2 ¿Destruirá el incendio las propiedades exteriores a la vivienda?
- H3 ¿Entrarán los incendios en la vivienda destruyéndola por dentro?
- H4 ¿Podría la vivienda constituir un refugio seguro para las personas?

- H5 ¿Qué operaciones eficaces y seguras de lucha contra los incendios pueden aplicarse?

La valoración se dará en forma de mapas y recomendaciones Los mapas se derivarán del análisis espacial a escala del asentamiento de los puntos mencionados anteriormente. Las recomendaciones serán informes técnicos y protocolos, y señalarán a:

En el escenario EXT

- Gestión eficaz de combustibles y estructuras de vegetación en el exterior del asentamiento
- Operaciones eficaces de lucha contra los incendios (para evitar que el incendio entre en el asentamiento)
- Accesibilidad exterior y estructuras que ayuden a una lucha contra los incendios eficaz y segura en el escenario SET
- Diseño y gestión de combustibles para evitar una propagación del fuego adversa y sostenida
- Accesibilidad interior y estructuras para ayudar a las operaciones de lucha contra los incendios y de Protección civil
- Operaciones eficaces y seguras de lucha contra los incendios, para minimizar la propagación del fuego en el asentamiento
- Operaciones eficaces de Protección civil, para mantener seguras a las personas en todo momento

En el escenario HOU

- Diseño y gestión de combustibles (jardinería) para ofrecer un lugar seguro y minimizar el efecto de los incendios en propiedades y viviendas
- Diseño, localización y protección de propiedades expuestas fuera de la vivienda
- Material, elementos y su posición / defensa respecto a fuentes potenciales de incendios
- Identificación y adaptación de los puntos débiles de la vivienda, a través de los cuales pudiera entrar el incendio
- Operaciones de lucha contra los incendios eficaces y seguras
- Estructuras e infraestructura para ayudar a una lucha contra los incendios de manera segura y eficaz
- Clasificación de viviendas como “protección frente a incendios”, o identificación y adaptación de los elementos requeridos para ser clasificadas como tal.

Todas las recomendaciones y los mapas mencionados constituirán un plan físico preventivo para la protección de asentamientos frente a los incendios forestales. Éstas deberían complementarse con un plan de emergencia orientado específicamente a los protocolos a seguir en caso de emergencia de incendio, y debería dirigirse directamente a las personas que habitan el asentamiento en dicho momento. Ambos documentos, el plan físico preventivo y el plan de emergencia, formarán el Plan General del asentamiento para su protección frente a incendios forestales.



Valoración de la vulnerabilidad del asentamiento, del riesgo y de la pérdida de valor

En la escala del asentamiento, la valoración de la planificación de la defensa tiene que considerar los siguientes factores

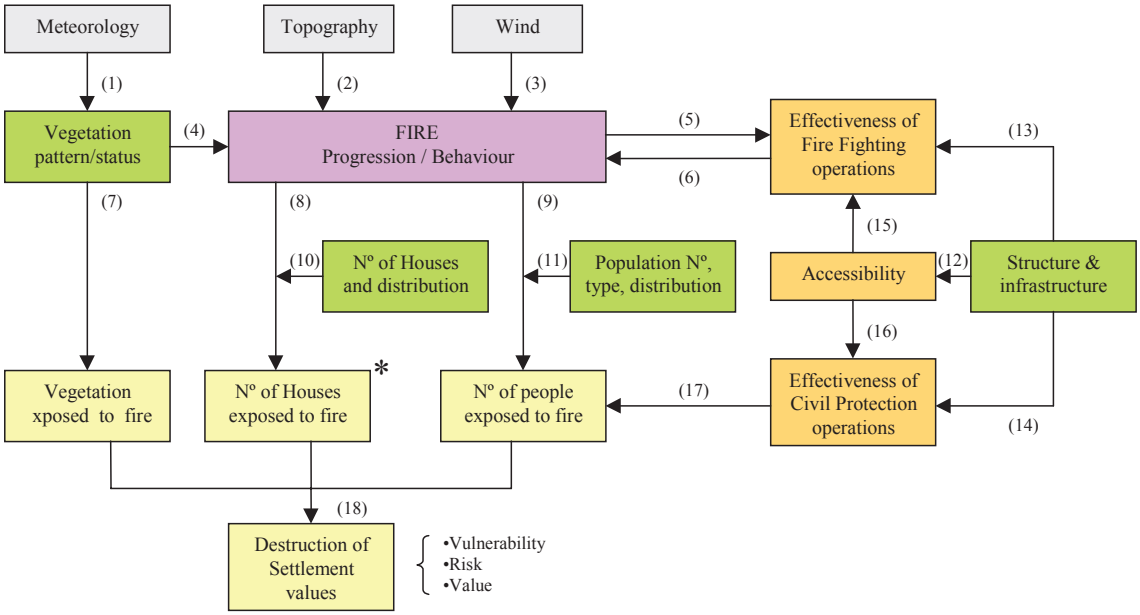


Figura 1—*Esquema de valoración a nivel de asentamiento* (Debido al formato no se pudo traducir.)

(1) Meteorología que afecte al estado de la vegetación, particularmente contenido de humedad de la materia combustible

(2) Topografía (ladera, apariencia) que afecte al comportamiento de los incendios

(3) Viento que afecta al comportamiento de los incendios (ascuas, propagación del incendio, humo)

(4) Los patrones de vegetación, entendidos como la distribución espacial de material combustible y no combustible, que afecte al comportamiento de los incendios por tanto condicionando la ignición del incendio como la propagación dentro del asentamiento. Esto también incluye la producción de ascuas y humo y las propiedades intrínsecas, tales como contenido de calor, inflamabilidad o carga bruta por unidad de volumen. A la materia combustible forestal, deben añadirse los tipos de combustibles específicos del asentamiento (setos, partes ornamentales, acumulaciones de combustible, otros combustibles)

(5) Intensidad de fuego desarrollada y condiciones de tasa de dispersión en las operaciones de lucha contra los incendios

(6) Las operaciones de lucha contra los incendios afectan al comportamiento de los incendios, particularmente en la extinción de incendios puntuales y de frentes de incendios, que lleven al control y eliminación de la propagación del fuego dentro del asentamiento

(7) La vegetación dentro del asentamiento como valor intrínseco (estética, sombra, etc.), con un valor monetario asociado, que podría tener como resultado la destrucción debido al paso de un frente de incendio

(8) Un frente de incendio afecta al número y tipo de parcelas y viviendas afectadas

(9) Un frente de incendio afecta al número y tipo de personas que podrían permanecer en el asentamiento

(10) El número y tipo de viviendas y la distribución dentro del asentamiento forma un patrón en sí mismo. Cuando se asocia con el paso de un frente de incendio, puede obtenerse un cálculo de la exposición total de las viviendas al fuego. La evaluación de vulnerabilidad, riesgo y valores afectados se realiza con mayor detalle en la valoración de vulnerabilidad de las viviendas (véase el esquema que sigue)

(11) Las personas aún presentes en el asentamiento mientras el incendio progresa dentro del asentamiento, pueden asociarse con la progresión esperada del incendio para computar la exposición de dichas personas al incendio y al humo. Debe tenerse en cuenta el número y tipo de personas (señalando a la movilidad, principalmente) y el comportamiento humano.

(12) Las carreteras son un subconjunto particular de infraestructuras dentro del asentamiento que afecta directamente a la accesibilidad de las fuerzas terrestres y a la movilidad de las personas fuera del asentamiento.

(13) La presencia de infraestructuras específicas (tales como puntos de agua) y áreas defendibles puede contribuir a la eficacia y seguridad de la lucha contra los incendios

(14) La presencia de infraestructuras específicas (tales como, helipuertos, áreas seguras y refugios, incluyendo las viviendas que puedan clasificarse como tal) puede contribuir a la eficacia y seguridad de las operaciones de protección civil, tales como evacuación, confinamiento y rescate.

(15) Accesibilidad de las fuerzas terrestres dentro de las condiciones asentamiento, eficacia y seguridad de las operaciones de lucha contra los incendios

(16) La movilidad de personas dentro del asentamiento en operaciones de protección civil (tales como evacuación o rescate) está condicionada por la accesibilidad, que está directamente relacionada con la red de carreteras y calles dentro del asentamiento.

(17) Las operaciones de Protección civil llevarán al desplazamiento y/o protección de personas potencialmente expuestas a los incendios. Esto no asegura, sin embargo, que todas las personas en el asentamiento puedan mantenerse en condiciones de seguridad. El resto de personas que se exponen (voluntariamente o no) darán cuenta de la pérdida potencial debida a la progresión del incendio (amenaza para vidas humanas)

(18) Recuento total de la pérdida de vegetación, pérdida de viviendas y propiedades (según se desprende del análisis a nivel de viviendas) y la amenaza para las vidas humanas se sintetizará en una medición única y unificada, de vulnerabilidad de asentamiento, riesgo y valor en riesgo.

Valoración de vulnerabilidad, riesgo y pérdida de valor

A nivel de parcelas y lotes, deben tenerse en cuenta los siguientes puntos:

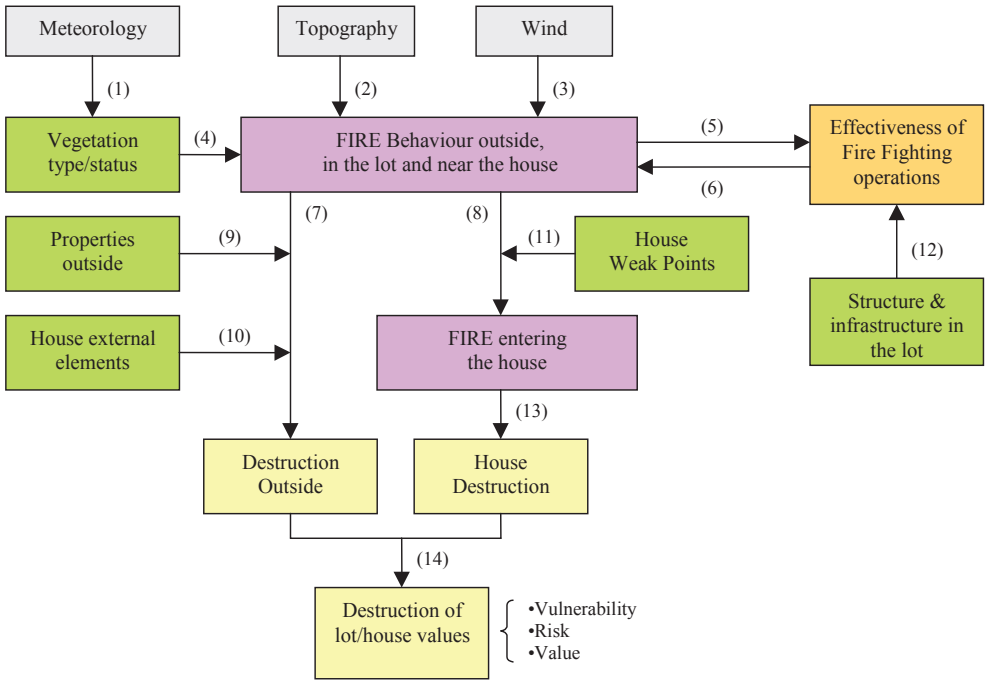


Figura 2—*Esquema de valoración a nivel de viviendas* (Debido al formato no se pudo traducir.)

(1) Meteorología que afecte al estado de la vegetación, particularmente contenido de humedad de la materia combustible.

Este punto es común con el mismo a nivel de asentamiento.

(2) Topografía (ladera, apariencia) que afecte al comportamiento de los incendios

(3) Viento que afecte al comportamiento de los incendios localmente, aunque el comportamiento de los incendios puede modificar este régimen (debido a las corrientes de convección, por ejemplo)

(4) Componentes de vegetación en la parcela, tales como setos, árboles y arbustos ornamentales, que afecten al comportamiento de los incendios condicionando por tanto la ignición, propagación y liberación de calor dentro de la parcela. Deben considerarse las propiedades, intrínsecas, tales como contenido calorífico, inflamabilidad o carga bruta por unidad de volumen, de tipos específicos de

materias combustibles del asentamiento. La posición 3D, ocupación del espacio y especie (caracterizada como se mencionó anteriormente) serán información a utilizar para la valoración. Además, la vegetación dentro de la parcela como valor intrínseco, con un valor monetario asociado, que tiene que contabilizarse en el valor total de la parcela.

(5) El comportamiento del incendio desarrollado localmente (radiación, convección, humo) condiciona localmente las operaciones de lucha contra los incendios. También debe considerarse la quema de otros componentes y de la vivienda.

(6) Las operaciones de lucha contra los incendios afectan al comportamiento de los incendios localmente, particularmente incendios en los componentes de la parcela y en el exterior de la vivienda.

(7) El comportamiento de los incendios dentro de la parcela tiene efectos destructivos sobre la vegetación, entendida como un valor de la parcela, sobre las propiedades situadas fuera de la vivienda, normalmente en el jardín, y sobre las partes exteriores de la vivienda.

(8) El comportamiento de los incendios que amenazan a lasa viviendas puede llevar a que, en determinadas circunstancias, el incendio entre o se abra paso a través de la vivienda.

(9) Las propiedades fuera de la vivienda, normalmente están expuestas a las fuentes de calor, lo que conlleva a la destrucción y produce la pérdida de valor total de la parcela.

(10) Los elementos externos de las viviendas están frecuentemente expuestos directamente a los incendios, lo que lleva a distintos grados de destrucción, y que dan lugar a las pérdidas de valor de las viviendas. Deben considerarse los materiales y su facilidad en ser destruidos, la posición 3D respecto a las fuentes de calor y el valor de estos elementos.

(11) Los puntos débiles son aquellos puntos en la estructura de la vivienda en los que, de acuerdo con la experiencia, el incendio entra o pasa al interior de la vivienda, exponiendo por tanto el interior a la inflamación y destrucción de las propiedades dentro de la vivienda, o de la vivienda misma. Deben considerarse el tipo y su posición 3D relativa respecto a la fuente de calor.

(12) La presencia de infraestructuras específicas y de áreas defendibles puede contribuir a la eficacia y seguridad de la lucha contra el incendio en la parcela.

(13) Una vez que el incendio entra en la vivienda, podría producirse la ignición y propagación del incendio dentro de la vivienda, e incluso la destrucción total del inmueble. Esta parte cae en el dominio de los incendios de estructuras. Aquí, la valoración de pérdidas tiene que ver con la propiedad interior y con la vivienda misma.

(14) La contabilidad total de la vulnerabilidad de la parcela y de la vivienda, y del riesgo y pérdida potencial de valores en peligro se obtiene sumando las pérdidas en el exterior y en el interior de la vivienda. Esto puede constituir una entrada en la valoración a nivel de asentamiento, contabilizándose por tanto la vulnerabilidad, riesgo y valores en peligro totales del asentamiento. Para proceder, las viviendas pueden tipificarse en un número de casos para los que puede proporcionarse una valoración detallada y entonces, extrapolarla al resto de las viviendas del mismo tipo dentro del asentamiento.

Proyecto WARM

Descripción y objetivos

Los incendios en las W-UI/RA se han estudiado desde hace décadas en EE.UU., Canadá y Australia, entre otros países. Examinando esta experiencia, varios proyectos de investigación, cofinanciados por la Comisión Europea, se centran en la realidad de la gestión de incendios de W-UI/AR en Europa; entre ellos está el Proyecto WARM (Wildland-Urban Area Fire Risk Management).

Dentro del contexto del Proyecto WARM, se propone un enfoque científico para completar una serie de estudios, actividades de experimentación y desarrollos que dará lugar a una metodología y a un sistema informatizado de soporte a decisiones con el propósito de que la herramienta y protocolos resultantes ayudarán a los planificadores de áreas forestales y urbanas a identificar y solucionar riesgos de incendio forestal, para minimizar pérdidas y costes.

El objetivo general del Proyecto WARM es caracterizar los riesgos directos e indirectos debidos a incendios en la interfase forestal - urbana (W-UI) en Europa y proporcionar una metodología y un sistema de información para minimizar las pérdidas de residencias y de otras estructuras, a la vez que se reducen los impactos sociales y ambientales, mediante la asistencia en la elaboración de planes de lucha contra incendios forestales racionalizados y restringidos. Objetivos particulares son:

En este proyecto, seis países participan con su experiencia y sus casos de estudio, a saber, España, Francia, Italia, Grecia, República Eslovaca y República Checa. Representan un número significativo de casos, por lo que constituyen una buena muestra del problema de las W-UI en Europa.

Conclusiones

A la vista de nuestra actividad en el proyecto WARM, pueden extraerse diversas conclusiones con referencia a la interfase forestal - urbana en Europa:

- Los incendios forestales en las W-UI en Europa constituyen un problema creciente y emergente, con consecuencias sociales y económicas. En Europa, especialmente en los países mediterráneos, los incendios forestales afectan a las personas, a las propiedades y al entorno natural. Sin embargo, con frecuencia las viviendas se ven afectadas pero no son destruidas.

- Los problemas de las W-UI tienen, al menos, tres escalas distintas que deben abordarse de distinta manera, pero incluyen consistentemente: los niveles de paisaje, asentamiento y vivienda.

- La valoración de la vulnerabilidad de los asentamientos a los incendios forestales es una tarea compleja que puede abordarse a través de la identificación, medición y análisis espacial de variables concretas

- Los asentamientos pueden considerarse una estructura en sí misma

- La vulnerabilidad de los asentamientos se basa fuertemente en la vulnerabilidad de las viviendas, pero también en la progresión del incendio dentro del asentamiento, accesibilidad y exposición de la vivienda al fuego

- Las densidades de viviendas / vegetación y el grado de agrupación son variables relacionadas con la progresión de los incendios dentro los asentamientos. Cada tipo exige distintos enfoques de defensa.

- Pueden aplicarse técnicas de RS y GIS para identificar y medir relaciones entre la distribución de vegetación y de viviendas
- Se propone elaborar un índice de peligros asociado a estas distribuciones de vegetación / viviendas
- La integración espacial de todas las variables observadas en mapas sintéticos ayuda a identificar qué componentes deben modificarse y cuáles son las áreas de mayor vulnerabilidad dentro de un asentamiento.
- Para cada uno de los casos identificados de vulnerabilidad de asentamiento, debe elaborarse un conjunto de buenas prácticas y orientaciones para autoprotección y enviarse a las personas que viven en el asentamiento.

Referencias

Alexandrin, D. (1996). A new method of fire danger mapping in the forest urban interface. Workshop on Wildfire Management-Systems, Models and Techniques Fire Prevention Planning Session, June 3-4, 1996, Athens, Greece.

Caballero, D. Martinez-Millán, F.J. Martos, J. Vignote, S. (1994). CARDIN 3.0, A Model for Forest Fire Spread and Fire Fighting Simulation. Vol.1: 501. In proc. of 2nd Intl. Conf. on Forest Fire Research. Coimbra, Portugal.

Cohen J., and J. Saveland. (1997). Structure ignition assessment can help reduce fire damages in the W-UI. Fire Management Notes. 57(4): 19-23.

Cohen, J. D., R. A. Chase, S. L. LeVan, and H. C. Tran. (1991). A model for assessing potential structure ignitions in the wildland/urban interface. Pp. 50-57. In proceedings of the 11th Conference on Fire and Forest Meteorology, April 16-19, 1991, Missoula, Montana. Andrews, P.L., and D. F. Potts, editors. Society of American Foresters, Bethesda, MD, USA. 616 p.

Cortner H. J., and T. Lorensen. (1997). Resources versus structures: Fire suppression priorities in the wildland/urban interface. Wildfire. 6(5):23-33..

DeGrosky, M. T. (1997). A fire professional's strategy for influencing wildland-urban interface development. Wildfire. 6(5):16-20.

Foote, E., Martin, R., Gilless, J.K. (1991). The defensible space factor study: a survey instrument for post-fire structure loss analysis. In Proceedings of the 11th Conference on Fire and Forest Meteorology, April 16-19, 1991, Missoula, Montana.

Franklin, S.E. (1987). Urban-Wildland Fire Defence Strategy, Precision Prescribed Fire: The Los Angeles County Approach. In Proceedings of the Symposium on Wildland Fire 2000, April 27-30, 1987, South Lake Tahoe, California.

Harris, J. P. (1998). LCES in the interface - learn it, remember it, use it every time. Wildfire. 7(9): 10-16.

Otto, G. (1998). Building smarter in Urban/Wildland areas - the case for RASTRATM. Wildfire. 7(11): 16-18.

Packham, D. R. (1995). Evacuation in wildfires: The Australian experience. Wildfire. 4(2):24-30

Perry, D.G., (1990). Wildland Fire-fighting. pp.275-284. Fire Publications Press.

Queen, P. L. (1993). Fighting fire in the wildland/urban interface. Fire Publications Inc. Bellflower, California, USA. 119 p.

Queen. P. L. (1995). Evacuation at a Wildland/Urban Interface Fire. Wildfire. 4(2):22-23

Teie, W.C. (1994). Fire-fighter's Handbook on Wildland Fire-fighting. pp.53, 195-220. Deer Valley Press (Rescue, California).

Trelles, J. (1998). Modelling fire-induced winds in the 20 October 1991 Oakland Hills fire. Wildfire. 7(4):15-17.

Vélez, R. 1995. Planning for wildfire and evacuation in Spain's wildland/urban interface. Wildfire. 4(2):37-38.

Waggoner, E., and M. Terwilliger. (1998). Fighting fire in the I-Zone: "Safe to Stay". Wildfire. 7(10):17-22.

Xanthopoulos, G. (1994). Development of a decision support system for water bomber dispatching in Greece. pp. 139-149. In proceedings of the 2nd International Conference on Forest Fire Research, November pp. 21-24, 1994, Coimbra, Portugal. Domingos Xavier Viegas, Univ. of Coimbra, Portugal. 1275 p.

Harris, J. P. (1998). LCES in the interface - learn it, remember it, use it every time.
Wildfire. 7(9): 10-16.
Otto, G. (1998). Building smarter in Urban/Wildland areas - the case for RASTRATM.
Wildfire. 7(11): 16-18.
Packham, D. R. (1995). Evacuation in wildfires: The Australian experience.
Wildfire. 4(2):24-30
Perry, D.G., (1990). Wildland Fire-fighting. pp.275-284. Fire Publications Press Queen, P. L. (1993). Fighting fire in the wildland/urban interface. Fire Publications Inc. Bellflower, California, USA. 119 p.
Queen. P. L. (1995). Evacuation at a Wildland/Urban Interface Fire.
Wildfire. 4(2):22-23
Teie, W.C. (1994). Fire-fighter's Handbook on Wildland Fire-fighting. pp.53, 195-220. Deer Valley Press (Rescue, California).
Trelles, J. (1998). Modelling fire-induced winds in the 20 October 1991 Oakland Hills fire.
Wildfire. 7(4):15-17.
Vélez, R. 1995. Planning for wildfire and evacuation in Spain's wildland/urban interface.
Wildfire. 4(2):37-38.
Waggoner, E., and M. Terwilliger. (1998). Fighting fire in the I-Zone: "Safe to Stay".
Wildfire. 7(10):17-22.
Xanthopoulos, G. (1994). Development of a decision support system for water bomber dispatching in Greece. pp. 139-149. In proceedings of the 2nd International Conference on Forest Fire Research, November pp. 21-24, 1994, Coimbra, Portugal. Domingos Xavier Viegas, Univ. of Coimbra, Portugal. 1275 p.

Evaluando las Diferencias entre los Incendios Forestales y los Tratamientos Controlados[1]

Philip N. Omi[2]

Resumen

Sigue habiendo incendios forestales en los EE.UU. a pesar de que existe una preocupación cada vez mayor por los costes y las pérdidas relacionadas con su recurrencia. Se han recomendado quemas controladas y otros tratamientos contra la materia combustible como soluciones potenciales a los problemas de incendios, aunque reducir el peligro de incendios al control de esta materia puede resultar polémico. Evaluar las ventajas y desventajas entre los incendios y los tratamientos controlados en un área geográfica determinada puede parecer sencillo, especialmente cuando se está demostrando cada vez más la efectividad de estos tratamientos a la hora de reducir la gravedad de los daños en las formaciones arbóreas. Los problemas relacionados con el análisis de datos en al evaluar la productividad de estos tratamientos son considerables y pueden verse complicados por deficiencias en cuanto al tipo de datos que suelen recoger los organismos públicos. Existen problemas adicionales debidos a la relativamente escasa información disponible sobre los tratamientos que se aplican a escala paisajística. Además, las políticas de reemplazo implantadas por los organismos públicos para reducir el coste y el cambio de valor neto producido por un incendio forestal no reflejan siempre los valores de nuestras sociedades.

Introducción

En los EE.UU. se han registrado episodios de incendios forestales en 1988, 1994, 1996, 2000, 2002 y 2003, y cada año ha habido incidentes de importancia relacionados con los incendios. A lo largo del tiempo, políticos, científicos y diversos organismos públicos han llevado a cabo la ardua y larga tarea de desarrollar diversas alternativas contra estos episodios recurrentes. La conclusión más común a la que se ha llegado es que las soluciones requieren un enfoque sistemático en la gestión de incendios, que sea una combinación de tareas de prevención y extinción, gestión de la materia combustible, restauración del ecosistema y otras acciones. En el pasado, las políticas se han centrado sobre todo en la extinción. Más recientemente, los tratamientos contra la materia combustible tales como las quemas controladas y el entresaca mecánica, son a menudo considerados como puntos críticos en los planes de reducción de riesgo y de mejora de la gestión de recursos, aunque las ventajas y desventajas entre un incendio forestal y las demás alternativas contra la materia combustible no son nada evidentes y resultan difíciles de demostrar.

---

[1] Una versión abreviada de esta conferencia fue presentada en el segundo simposio sobre economía, política y planificación de incendios forestales: una visión global. 19–22 Abril 2004, Córdoba, España.

[2] Professor, Colorado State University, Department of Forest, Rangeland, and Watershed Stewardship, 131 Forestry, Fort Collins, CO 80523-1472, USA.

El número y el tamaño de los incendios varía de forma considerable de un año a otro en los EE.UU., y existe una gran variedad de agentes causales (actividad humana vs. acción de un rayo) así como de factores coadyuvantes tales como la climatología, la meteorología, el tipo de materia combustible, la topografía y las actividades culturales. Una misma variabilidad caracteriza a los incendios de todas las regiones geográficas dentro y fuera de los EE.UU., con picos episódicos seguidos por períodos de calma y algunos años próximos al nivel promedio. Así, aislar los efectos que los tratamientos contra la materia combustible puedan tener sobre incendios futuros, sobre su tamaño y/o efectos, presenta numerosas dificultades analíticas.

Propósito

Recientes iniciativas en los EE.UU. proponen que se aumente de forma importante el número de tratamientos contra la materia combustible en los bosques del país. Sin embargo, existe escasa información que nos permita evaluar el éxito de tratamientos tales como las quemas controladas, así como la reducción de costes y de daños que se logran gracias a ellos en caso de declararse un incendio forestal. El propósito de este artículo es examinar la información disponible de fuentes públicas accesibles y su posible utilidad, para establecer las ventajas y desventajas de los incendios forestales y de los tratamientos contra combustibles. Se presentará un caso práctico para comparar el coste por unidad ($/ha) de un incendio y de un tratamiento contra combustibles, en el que se utilizará información proveniente de fuentes fiables de todo en mundo publicadas en la web. Sobre esta base, se propondrá la posibilidad de que, al menos a corto plazo, los incendios forestales puedan servir para reducir la cantidad de materia combustible en un área mucho más amplia que la que se conseguiría mediante tratamientos planificados. También se discutirán las implicaciones que esto puede conllevar a largo plazo.

Antecedentes

La literatura sobre la efectividad de los tratamientos controlados es bastante limitada (Martinson y Omi, en proceso). Sin embargo, hasta la fecha, la mayoría de los estudios realizados no han logrado evaluar las ventajas y desventajas entre un incendio forestal y los diversos tratamientos controlados, debido a las dificultades de análisis identificadas por primera vez por investigadores tales como Davis (1965) y Simard (1976). Ellos y otros más identificaron la dificultad de demostrar la productividad de los tratamientos controlados para reducir los costes y las pérdidas causadas por los incendios forestales. Desde el punto de vista analítico, uno de los principales problemas es determinar la función productiva de los tratamientos controlados. Otra dificultad adicional es la de determinar los niveles de sustitución de los diferentes tratamientos alternativos, o las posibilidades productivas de los entornos forestales del área urbana en comparación con la restauración de los ecosistemas salvajes en las zonas más remotas. Además, los datos no son recogidos ni reportados en un formato que permita inferir los resultados relativos de los diferentes tipos de tratamientos.

Por ejemplo, el gobierno federal de los EE.UU. sólo ha empezado a publicar recientemente un resumen de anual sobre las frecuencias de los incendios y las áreas quemadas, los costes, los organismos de extinción de incendios, áreas tratadas

mediante quemas controladas y gastos ocasionados por las mismas (ver, p.ej. www.nife.gov/stats).Con excepción de las áreas incendiadas, el registro es bastante escueto. Sin embargo, y lo que es más crítico, no parece haber manera de relacionar las quemas controladas (ni ningún otro tratamiento) con eventuales alteraciones eventuales de la superficie quemada.

Los tratamientos contra la materia combustible para prevenir incendios tienen una larga y controvertida historia en los EE.UU. que se remonta a la llamada "polémica sobre las quemas ligeras" de principios del siglo XX. En aquella época, una coalición variopinta de científicos y de empresas madereras del norte de California propuso que la quema periódica de la superficie forestal mediante fuegos de baja intensidad podría ayudar a reducir la cantidad de incendios forestales potencialmente catastróficos. Aunque fueron eventualmente desacreditados por los científicos de la agencia, los defensores de las quemas ligeras ponían periódicamente en tela de juicio las políticas de protección contra incendios de la agencia forestal, y esto a todo lo largo del siglo XX y hasta nuestros días. Sólo recientemente, actividades tales como las quemas controladas y la entresaca mecánica se han transformado en actividades corrientes en la gestión de los bosques, sostenidas sobre todo tras el reconocimiento de la inutilidad de las políticas contra incendios promulgadas por las agencias en los últimos cien años.

La gestión de la materia combustible supone la manipulación deliberada (reducción, extracción y/o reordenación) de la biomasa inflamable para alcanzar los objetivos luchar contra los incendios y lograr una reordenación territorial. (Omi, en prep.). Los métodos incluyen una serie de entresaca s mecánicos y de alternativas a las quemas controladas, así como un control biológico, químico y natural.

En los tratamientos controlados se manipula generalmente la estructura de los bosques para reducir los riesgos de incendio a nivel de formación arbórea y paisaje. Los cambios estructurales ocurren en la carga de combustible, en la continuidad horizontal y vertical, en la distribución por clase y edad y en la posición de las especies que caracterizan por ejemplo a los ecosistemas. Como resultado, se reduce la gravedad de los incendios y los costes de extinción y mejora la eficacia y la seguridad del cuerpo de bomberos.

Entre las propuestas recientes para ampliar los tratamientos controlados se cuentan estrategias entre agencias para tratar 161 millones de hectáreas en riesgo (Williams 2003) y la ley Healthy Forests Restoration Act (P.L. 108-148) de 2003, promulgada por el Presidente G.W. Bush. Mediante estas iniciativas aumentarán en el futuro las extensiones de superficie sujetas a tratamientos controlados en los EE.UU., sobre todo en el oeste del país.

Jurisprudencia de las agencias federales

Para poder visualizar algunas de las dificultades de análisis, comenzaremos con un ejemplo simplificado que nos permita comparar el coste que supone la extinción de un incendio y el coste de una quema controlada en territorio federal de los EE.UU. En la Tabla 1, se describe el contexto en el que vamos a comparar los territorios gestionados por las respectivas agencias federales de gestión territorial.

Tabla 1—*Diferencias por agencia federal, territorio y unidades primarias de gestión que ayudan a explicar en parte pero no en su totalidad, la variabilidad del coste anual de la gestión de incendios y de combustible.*

Agencia Federal	Territorio, en millones de ha	Unidades primarias de gestión
USDA Forest Service	77.3	155 bosques nacionales y 20 pastizales nacionales
USDI Bureau of Land Management (Gestión Territorial)	109.3	Áreas de Usos Múltiples en 50 estados
USDI National Park Service	32.4	166 parques nacionales, monumentos, zonas protegidas y costas
USDI Fish and Wildlife Service (Pesquería y Fauna)	38.5	540 Refugios nacionales de fauna y miles de pequeñas zonas húmedas y territorios con gestión especial.
USDI Bureau of Indian Affairs	22.7	Territorios Tribales y Nativos en Régimen de Fideicomiso

Las agencias federales de los EE.UU. protegen y gestionan territorios muy variados y deberían tener gastos de gestión con grandes variaciones que reflejen las diferencias existentes entre los bosques poblados que gestiona el USDA Forest Service, las zonas de matorrales bajo la jurisdicción de la BLM, las vistas panorámicas que ofrecen los parques nacionales y algunos monumentos, las zonas húmedas de las áreas protegidas y los usos tradicionales que de sus tierras en fideicomiso hacen los nativos. Aparte de las diferencias del patrimonio que se protege, los comportamientos y los efectos de los incendios varían enormemente por los diferentes tipos de materia combustible existente en cada jurisdicción. La diferencia de coste puede también deberse a la misión y a las prácticas de gestión de cada agencia, así como a la forma en que se ha venido gestionando el problema de los incendios.

Superficies incendiadas y coste de la extinción de incendios en territorio federal

Los resúmenes de frecuencia y de cantidad de superficie incendiada se remontan a mediados del siglo XX. Comparativamente, los datos sobre costes son difíciles de obtener y de analizar. Aunque la mayoría de los incendios son de pequeña escala y producen impactos relativamente insignificantes, ocasionalmente se propagan causando daños de importancia incluyendo pérdidas de vidas humanas. Algunos años, las condiciones climatológicas y la materia combustible alimentan numerosos incendios a nivel regional. Así, si combinamos la frecuencia y el tamaño de los incendios, veremos que una gran fracción es de tamaño pequeño, una fracción menor es de tamaño medio y una parte aún menor representa incendios de gran envergadura (en comparación con el número total de incendios), como lo demuestran Holmes et

alium (2003). Los incendios relativamente grandes (de más de 1.000 hectáreas) causan la mayor parte de los daños a los recursos naturales y a las viviendas.

En general, los incendios más importantes resultan más costosos y los así llamados megaincendios representan entre el 80 y el 90% de los costes anuales de extinción. Sin embargo, como era de esperar, la superficie incendiada sólo representa en el mejor de los casos una referencia incompleta para calcular los costes, los daños y el impacto ecológico de los incendios forestales. Los datos y el impacto ecológico de los incendios no se recogen de forma rutinaria, de modo que sólo podemos especular sobre su magnitud. Sin embargo, algunos costes pueden calcularse con relativa facilidad, aunque los gastos de extinción por sí solos serán un reflejo muy limitado de todos los costes derivados de los incendios y de su gestión.

En la Figura 1 se muestran los costes de extinción a nivel federal, en este caso en el período 1994-2000. Se puede ver claramente que los gastos del Servicio Forestal de los EE.UU. son mayores que los de las otras agencias federales combinadas de año a año y van seguidos en orden de importancia por los del Bureau of Land Management (Oficina de Gestión Territorial). Estas dos agencias están encargadas de la protección de una mayor cantidad de tierras públicas que las demás agencias así que un mayor nivel de gastos era de esperar. Sin embargo, estas estimaciones pueden resultar engañosas, ya que el coste de extinción solamente refleja los gastos incurridos en los grandes incendios: los gastos de personal anteriores al incendio, los gastos de equipo y otras medidas preparatorias no están siempre incluidos. Además, los costes incurridos por entidades estatales, locales y privadas no están reflejados.

Decada	Promedio de Incendios	Promedio de acres quemados
1930-1939	167,277	39,143,195
1940-1949	162,050	22,919,898
1950-1959	125,948	9,415,796
1960-1969	119,772	4,571,255
1970-1979	155,112	3,194,421
1980-1989	163,329	4,236,229

Figura 1—*Total de Gastos de extinción de la agencia federal, 1994-2000. Las estimaciones no han sido ajustadas a la inflación (fuente: http://www.nifc.gov/stats.).*

La variación del coste puede explicarse por las diferencias en la misión de las agencias, el territorio gestionado en cuestión, la carga de incendios las formas de registro y muchas otras consideraciones. En este artículo, me centraré en las agencias federales, por el lugar preponderante que ocupan en la gestión de incendios y de combustibles. En la Tabla 1 se pretende dar una indicación sobre las diferentes misiones y territorios gestionados por las agencias federales, aunque los diferenciales de carga de incendios son difíciles de evaluar debido a que en un gran incendio pueden verse involucradas múltiples jurisdicciones a medida que éste atraviesa y se va propagando por diversas propiedades. Lo más típico es que los gastos incurridos se le asignen a la agencia que se encuentra en el lugar en el que se originó el incendio, aunque eventualmente puedan ser compartidos con muchas otras organizaciones, según el modelo de propagación y los acuerdos de cooperación existentes entre las entidades participantes. A veces, la asignación de gastos y el

reembolso de los mismos entre agencias exige meses e incluso años, dependiendo de la complejidad del incendio y del modelo de propagación. Por ejemplo, si en este proceso están involucradas tierras estatales y privadas, el proceso puede prolongarse aún más, especialmente si intervienen reclamaciones de las compañías de seguros. Las estimaciones en cuanto al coste deben por lo tanto tomarse con mucha precaución.

En la Tabla 2 se muestra una estimación de los gastos de extinción por hectárea en terrenos federales en el período 2000-2002, de las agencias federales mencionadas en la Tabla 1. Sobre la base de superficie quemada, los años 2000 y 2002 fueron años de incendios graves en los EE.UU., mientras que el 2001 fue relativamente tranquilo. En estos tres años, los gastos ocasionados por las tareas de extinción variaron de entre apenas $375 por hectárea en 2001 y $571 por hectárea en el 2002.

Tabla 2—*Superficie quemada en los EE.UU. y gastos de extinción que puede utilizarse para calcular el coste por hectárea durante 2000-2002.*

Año	Superficie Quemada en EEUU (ha)	Estimación de de Gastos de Extinción ($millones)	Estimación de gastos por ha quemada por Incendio forestal	Fuente
2000	3,409,813	1,300	$380	http://www.nifc.gov/fireinfo/2000/index.html
2001	1,475,713	542	$375	http://www.nifc.gov/fireinfo/2001/index.html
2002	2,808,738	1,600	$571	http://www.nifc.gov/fireinfo/2002/index.html

Superficie de quema controlada y costes en territorio federal

La información sobre superficie tratada con quemas controladas y sus gastos asociados es más difícil de obtener que aquella sobre superficie incendiada, ya que los planes de tratamiento controlado son relativamente nuevos y los sistemas de registro no son siempre idóneos. En los EE.UU., las agencias federales han sido presionadas para que aumenten el número de quemas controladas y de otros tratamientos contra el material combustible como la entresaca mecánica, especialmente después de los graves incendios que se declararon en los años 2000, 2002 y 2003. La Tabla 3 muestra la superficie total de quemas controladas realizadas por las agencias federales recientemente. Comparándola con los territorios supervisados por las agencias de la Tabla 1, el número de quemas controladas es bastante bajo si se considera la superficie total incluida en la jurisdicción de cada agencia. De hecho, la superficie anual afectada por incendios y quemas en tierras federales constituye alrededor de un 1% o menos del territorio total protegido por las agencias.

En la Tabla 4 se muestra el gasto estimado anual de cada agencia federal destinado a las quemas controladas. Al igual que ocurre con los costes de los incendios (Figura 1), las diferencias entre agencias reflejan una serie de factores, como el tipo y el tamaño del territorio, la misión de la agencia y los conocimientos del personal, entre otros. Además, las estimaciones del coste de las quemas controladas reflejan los gastos de ejecución pero no necesariamente los de

planificación, preparación y recogida de datos, ni los gastos relacionados con los escapes que aparecen en el capítulo de incendios.

Tabla 3— *Superficie anual (ha) tratada por quemas controladas por las agencias federales durante 1995-2000, incluyendo promedios de 6 años y desviaciones estándar (Std) (fuente: http://www.nifc.gov/stats).*

Agencia	**1995**	**1996**	**1997**	**1998**	**1999**	**2000**	**Prom (Std)**
USDA Forest Service	230,891	249,864	444,396	602,953	558,688	294,833	396,937 (161,546)
Bureau of Indian Affairs	8,502	6,478	14,980	19,549	33,957	1,357	14,137 (11,633)
Bureau of Land Management	22,672	20,243	29,352	81,062	124,696	50,850	54,813 (41,145)
National Park Service	25,101	21,053	28,340	34,869	54,834	7,721	28,653 (15,702)
U.S. Fish and Wildlife Service	84,615	72,874	131,174	115,691	121,663	81,398	101,236 (24,481)
Total	371,781	370,511	648,242	765,006	906,925	436,160	583,104 (225,228)

Tabla 4—*Gasto anual de las agencias federales para quemas controladas 1995-1999, sin ajuste de inflación (fuente http://www.nifc.gov/stats). Se estima que el gasto seguirá creciendo a medida que los organismos públicos aumenten el número de planes de quema.*

Año	Bureau of Land Management	Bureau of Indian Affairs	Fish and Wildlife Service	National Park Service	USDA Forest Service
1995	NA	$840,000	NA	$3,200,000	$16,406,000
1996	$1,200,000	$650,000	NA	$3,200,000	$24,500,000
1997	$1,600,000	$800,000	NA	$4,600,000	$29,146,000
1998	$6,700,000	$2,268,000	$4,825,000	$7,000,000	$50,000,000
1999	$10,600,000	$6,300,000	$7,404,000	$9,800,000	$65,000,000

Sobre la base de las estimaciones de las agencias en cuanto a coste de la superficie anual tratada por quema controlada (Tabla 3) y su coste anual (Tabla 4), se puede hacer una estimación del coste de la unidad de quema por agencia (por

hectárea) (Tabla 5). Las estimaciones varían desde $41.69/ha en el caso del Fish and Wildlife Service en 1998 hasta $200.76/ha en el caso del National Park Service en 1998, con un promedio de 96/ha por agencia durante los años registrados. Rideout y Omi (1995) han descrito las causas de la variabilidad de la unidad de coste de la quema controlada, incluyendo el tamaño del proyecto, sus objetivos, su complejidad y el tipo de combustible. En general, cuanto mayor la superficie destinada a la quema, menor es el coste por unidad de la ejecución.

Tabla 5—*Estimaciones sobre el coste de la quema controlada por hectárea, basándose en las estimaciones de coste de las agencias (Tabla 3) y en la superficie tratada (Tabla 4).*

Año	Bureau of Land Management	Bureau of Indian Affairs	Fish and Wildlife Service	National Park Service	USDA Forest Service
1995	NA	$76.45	NA	$127.48	$71.06
1996	$59.28	$100.36	NA	$152.00	$98.06
1997	$54.51	$53.40	NA	$162.30	$65.58
1998	$82.65	$116.02	$41.69	$200.76	$82.92
1999	$85.02	$185.52	$60.86	$178.73	$116.34

El coste promedio por unidad ($96/ha, con variaciones de entre $42/ha y $201/ha) puede compararse en grandes líneas al coste promedio de extinción ($442/ha) presentado en la Tabla 2, con diferencias que oscilan entre los $375/ha de 2001 a los $571/ha de 2002. La quema controlada y las tareas de extinción no pueden sustituirse entre sí, por lo tanto esta comparación no es completamente válida. Sin embargo, estos datos aunque limitados confirman la idea ampliamente aceptada de que la extinción de incendios resulta mucho más costosa que la quema controlada calculadas ambas en unidades de coste.

Argumentación

Las investigaciones han demostrado que la mayor parte de las zonas boscosas de Norteamérica se convertirá eventualmente en pasto para las llamas. Los incendios forestales muestran en general una intensidad descontrolada y conllevan un alto coste y gran cantidad de pérdidas. Aunque existen excepciones significativas, por ej. Cerro Grande (2000), las quemas controladas en general se llevan a cabo causando una menor cantidad de daños, tienen un coste más bajo e incluso presentan ventajas si son aplicadas correctamente. Así, los responsables de su gestión (y la sociedad) deben elegir el tipo de quema preferible en las zonas salvajes: incendios forestales incontrolables o quemas controladas (o tratamientos substitutivos).

La ventaja que se presume representa la quema controlada con respecto a otros tratamientos alternativos como la entresaca mecánica es su bajo coste. En general, el nivel marginal de substitución técnica entre una quema controlada y una entresaca parece favorecer a la quema excepto en los casos en que los productos derivados de la entresaca puedan generar ingresos y/o cuando la cantidad de humo y el riesgo de una quema sean excesivos. Una excepción significativa puede ser si el tratamiento es beneficioso para el ecosistema y que esta ventaja no esté prevista en los cálculos

normales (reciclado de los nutrientes, protección antifuego de una formación de árboles para evitar incendios en el futuro. Sin embargo, la relación entre una quema controlada y otros tratamientos como la entresaca mecánica puede resultar menos importante debido a las dificultades de análisis para determinar el grado de productividad de cada tratamiento o si los tratamientos pueden sustituirse entre sí.

Debido a los problemas a la hora de evaluar las ventajas y desventajas de los tratamientos controlados a corto plazo podríamos considerar otra relación: la de las quemas controlada y los incendios forestales. Las quemas controladas no solamente tienen un coste mucho menor que el de los incendios forestales, sino que comprobaciones recientes parecen sugerir que los incendios pueden resultar mucho más eficaces que ningún otro tratamiento alternativo controlado para reducir la biomasa de la materia combustible y la inflamabilidad del paisaje. problema en los incendios es la imposibilidad de controlarlos en condiciones extremas, aunque pueden ser sin duda gestionados en condiciones climáticas favorables o cuando el combustible se agota.

Los incendios y las quemas controladas consumen ambos biomasa viva y muerta, pero los incendios generalmente causan menos daños a los organismos y al ecosistema. De hecho, dependiendo de sus condiciones y de sus objetivos, las quemas controladas pueden ser beneficiosas y tal vez necesarias para restaurar la salud de algunos ecosistemas. La cuestión es saber si una extensión suficiente puede ser tratada por quema controlada y otros tratamientos como la entresaca mecánica, para reducir sensiblemente los costes y las pérdidas de los incendios. Aunque su coste sea menor que el de otras alternativas, los problemas principales que conllevan las quemas controladas son el humo y el riesgo de propagación. El principal problema del entresaca mecánico es su alto coste y la sospecha de que es utilizado como pretexto para aumentar la tala de árboles en terrenos públicos.

En los EE.UU. estamos aprendiendo que para poder proteger nuestros bosques y pastizales del fuego tenemos que utilizar el fuego, no tratar de excluirlo (Williams 2003). De hecho, en años recientes, los incendios forestales han ayudado con toda probabilidad a reducir la carga de materia combustible en una mayor superficie de lo que podría haberse logrado mediante tratamientos intencionados para reducir los riesgos. Como las quemas controladas sólo pueden utilizarse para reducir el peligro que representa la materia combustible y la gravedad de eventuales incendios, la sociedad tiene que elegir claramente el sistema de gestión contra incendios que desea utilizar en terrenos públicos: un tratamiento como el de la quema controlada cuyo coste es relativamente bajo, o los ingentes costes y daños causados por los incendios forestales (que reducen el peligro que supone la presencia de materia combustible en las zonas quemadas), como lo vemos cada año y especialmente en años tan nefastos como lo han sido 2000, 2002, y 2003 declarados entre los peores hasta la fecha por su coste y por las pérdidas causadas en los EE.UU., pero que han ayudado a reducir en gran medida el peligro de presencia de materia combustible. Se podría argumentar que algunos sectores en los que se han declarado los peores incendios también se han mejorado el habitat de su fauna salvaje y han mejorado sus posibilidades recreativas.

El hecho de que los incendios forestales puedan ser beneficiosos puede resultar extraño y poner en tela de juicio algunas de las políticas actuales. Sin embargo, existen precedentes científicos que así lo demuestran, en particular, las teorías sobre el consumo de la materia combustible, las cuales sugieren que las zonas incendiadas, una vez apagadas, son una gran oportunidad para mejorar la gestión ante futuros peligros relacionados con la materia combustible y para prepararse para la siguiente

generación de incidentes relacionados con los incendios forestales. De hecho, una teoría comúnmente aceptada para controlar los incendios forestales establece que se vaya dirigiendo el fuego hacia zonas recientemente quemadas en las que la cantidad de materia combustible es menor y que permiten un mayor control del incidente.

Además, el esquema que han seguido incendios recientes graves y algunos incidentes recurrentes de gran magnitud sugiere que los incendios extremos se resisten a la mayoría de los sistemas de gestión, especialmente cuando se declaran en medio de un período de sequía prolongada. Así, en vez que gastarnos inmensas cantidades de dinero en intentos inútiles de extinguir megaincendios que no pueden ser controlados, tal vez haya llegado el momento de considerar un enfoque más matizado en el campo de la extinción de incendios. Con ello se ayudaría a reducir las cargas financieras inútiles que a menudo acompañan a las tareas de extinción, ya que en la mayoría de los casos los incendios acaban siendo controlados por un cambio climático. Además, de esta forma se reconocería el papel que los incendios pueden jugar en la gestión estratégica de los paisajes.

La recuperación de ecosistemas adaptados a los incendios es un campo que está cobrando cada vez más interés en los EE.UU., especialmente cuando es percibido como una posible solución para luchar contra incendios catastróficos como los de finales del siglo XX y principios del siglo XXI. En esta línea, los científicos y responsables de la gestión de incendios sugieren que la estructura de los ecosistemas puede y debe ser recuperada para que tenga el mismo aspecto que tenían los bosques y las tierras salvajes antes de la llegada de los colonos europeos a Norteamérica, es decir, con niveles sostenibles de materia combustible en la superficie, una carga reducida de combustible en alturas medias, menos árboles de gran tamaño y una cubierta arbórea relativamente abierta. Los bosques así recuperados serían menos propensos a incendiarse a la altura de la copa de los árboles y podrían resistir incendios periódicos en la superficie. Los principios que rigen esta teoría se basan en una combinación de estudios científicos (en los que se fechan los incendios por las huellas que han dejado en las anillas de los árboles y se utilizan viejas fotografías) y en especulaciones bien fundadas acerca de la estructura (distribución por tamaño y composición de las especies) de los bosques que ya existían antes de la colonización europea. Los estudios científicos apuntan hacia una inequívoca disparidad entre el reducido número de incendios actuales y la gran frecuencia de incendios causados por caída de rayo o por los nativos (en la mayoría de los casos era difícil distinguir entre unos y otros) el pasado. Los diarios de los primeros exploradores, nuevos artículos publicados y las historias transmitidas oralmente refuerzan los descubrimientos realizados comparando fotografías, y sugieren que gran parte de los bosques actuales están repletos de densos matorrales de pequeño diámetro y árboles que soportan la penumbra y que contrastan con las formaciones de antaño que eran abiertas y semejantes a un parque. Los devastadores incendios sólo sirvan para reforzar estos contrastes y la necesidad de restaurar los bosques.

A largo plazo, los bosques restaurados ofrecerán muchas ventajas en comparación con la situación actual, como mayor seguridad, un mejor aspecto y menores riesgos de incendio. Además, es preferible un bosque restaurado a los devastadores resultados de los actuales incendios.

Podría resultar necesario aplicar estos tratamientos en numerosos paisajes a lo largo de muchos años para lograr reducir la gravedad del riesgo que supone la materia combustible en toda la superficie de los EE.UU. A medida que los organismos públicos vayan adoptando planes de gestión para esta materia,

deberemos asegurarle a los ciudadanos interesados que los tratamientos están progresando conforme a un plan general de reducción de peligros que prevea la utilización de este tratamiento en áreas de alta prioridad. El entorno forestal de las áreas urbanas y los bosques con árboles de agujas largas que se caracterizan por tener regímenes de fuego no letales en sus partes bajas (Brown 2000) son a menudo citados con toda razón como zonas de alta prioridad.

Al mismo tiempo, las agencias van a tener que desarrollar planes integrales para reducir el riesgo generalizado de incendios. La superficie anual (hectáreas) tratada mediante quemas mecánicas y/o controladas pueden ser un reflejo inadecuado de los logros conseguidos, especialmente si los tratamientos se realizan en zonas de bajo riesgo más fáciles de manipular o si son necesarios múltiples tratamientos a lo largo de varios años para reducir el riesgo de incendio (GAO 2003). Así, las directrices que se utilizan para realizar informes (área anual tratada y coste) pueden proporcionar una información engañosa con respecto a los logros reales. Además, es necesario implantar un mejor sistema para informar sobre las líneas de base actuales y sobre los progresos que se van realizando cada año.

Conclusiones

Los tratamientos controlados pueden ayudar a reducir la gravedad de los incendios forestales, pero sus efectos sobre el paisaje no son todavía bien comprendidos. Los intentos de evaluación y de comparación entre diferentes tratamientos se ven complicados por la dificultad para analizar la productividad de la gestión de la materia combustible, así como por las actuales prácticas para informar.

Podría predecirse que en el futuro los incendios seguirán existiendo, y que a veces causarán daños excesivos, incluso cuando el gobierno decida aumentar las iniciativas basadas en el tratamiento de la materia combustible. En general, estos daños se volverán a producir aunque los incendios mismos sirvan en realidad para reducir el peligro que supone la presencia de materia combustible dentro del las zonas quemadas. Se seguirán produciendo altos costes y un número inaceptable de pérdidas hasta que el entorno forestal de las áreas urbanas pueda ser gestionado y que los ecosistemas salvajes sean restaurados para que puedan sobrevivir tanto a los incendios como a las quemas controladas.

La experiencia en los EE.UU. nos está llevando a entender que un bosque sano y resistente (seguro en caso de incendio y en situación de quema controlada) es importante para proteger a las personas y a la propiedad privada en zonas salvajes. La lucha contra incendios siempre será necesaria en ciertas zonas, como en los entornos forestales de las áreas urbanas, pero en otras, como por ejemplo en zonas con un régimen ígneo históricamente poco severo, las políticas de exclusión completa han creado condiciones imprevistas e imposibles de gestionar. A menos que la materia combustible sea gestionada en estas áreas, los incendios del futuro podrían resultar aún más costosos y mortíferos.

Agradecimientos

Este estudio está basado en datos proporcionados por el Joint Fire Science Program, USDA Southern Forest Experiment Station, y en el McIntire-Stennis Cooperative Forestry Program. Jermiah Sisneros ayudó con los gráficos.

Bibliografía

Brown, J.K. 2000. Cap 1: Introduction and fire regimes. Pp 1-6 *In*: Brown, J.K. y J.K. Smith (eds.) 2000. Wildland fire in ecosystems. Effects of fire on flora. USDA Forest Serv. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42, vol. 2, 257 p.

GAO. 2003. Wildland fire management. Additional actions required to better identify and prioritize lands needing fuels reduction. United States General Accounting Office. Report GAO-03-805. 67 p.

Davis, L.S. 1965. The economics of wildfire protection with emphasis on fuel break systems. Calif. Div. For., Sacramento. 166 p.

Rideout, D.B. and P.N. Omi. 1995. Estimating the cost of fuels treatment. For. Sci. 41:664-674.

Simard, A.J. 1976. Wildland fire management: the economics of policy alternatives. Can. For. Serv. Tech. Rep. 15. For. Fire Res. Instit., Ottawa, Ont. 52 p.

Williams, J. 2003. Values, tradeoffs, and context: A call for a public lands policy debate on the management of fire-dependent ecosystems.

Estudio de los Programas de Lucha contra Incendios Estatales y Locales en el Entorno Forestal del Área Urbana[1]

Margaret Reams,[2] Terry Haines,[3] Cheryl Renner[3]

Resumen

Durante los últimos años ha habido una enorme expansión en las urbanizaciones del entorno forestal del área urbana. Este desarrollo tan rápido sitúa las propiedades, los recursos naturales y la vida humana en peligro de destrucción por incendio forestal. El Plan Nacional Contra Incendios de EEUU anima a las comunidades a formular e implantar programas oficiales y de divulgación para la planificación previa a los incendios a fin de atenuar el riesgo para los residentes de la zona. Durante 2003, los investigadores inspeccionaron los programas de reducción de riesgo de incendios forestales oficiales y voluntarios en 25 estados de EEUU. Estos programas estatales y locales figuran en una lista, en el sitio Web de programas de incendios nacionales del servicio forestal USDA y se ocupan de la gestión de la vegetación en terrenos privados. Los análisis empíricos de las respuestas de los organizadores sugieren algunas perspectivas nuevas sobre estos intentos de atenuación del riesgo en el ámbito sub-federal sobre su organización y lo que está intentando realizar. En primer lugar, algunos tipos de actividades del programa –educación pública, ayuda a los propietarios, y evaluaciones de riesgo en toda la zona- están muy relacionados entre sí, lo cual indica que podría haber un "bloque" de servicios ofrecidos por muchos de estos programas. En segundo lugar, hay colaboraciones de gestión que serían deseables –incluyendo asociaciones de cooperación con otros grupos implicados y midiendo el progreso hacia los objetivos del programa –que están asociadas con programas "más amplios", que consisten en numerosas actividades de educación pública y que ofrecen una variedad de servicios a los propietarios. En tercer lugar, muchos directores de programas se enfrentan con grandes obstáculos al intentar cumplir los objetivos de sus programas. Estos obstáculos suelen ser de tres tipos: fallos en un contexto político más amplio, como conocimientos científicos inadecuados sobre el riesgo de incendios: actitudes negativas por parte del público incluyendo cierta resistencia por parte de los propietarios a retirar vegetación; y limitaciones presupuestarias. Finalmente, las personas que responden ofrecen las actividades que creen más eficaces junto con "cambios que se pueden medir" en las condiciones del riesgo que esperan obtener como resultado directo de sus esfuerzos. Esto sugiere indicadores potenciales sobre la eficacia del programa que puede ser útil para la investigación futura, ofreciendo enfoques y actividades que pueden ser las mejores para reducir el riesgo en las comunidades del entorno forestal del área urbana en cuanto a los incendios forestales devastadores.

---

[1]Una versión mas corta de este trabojo fue presentada en el segundo simposio internacional sobre politicas, planificación y economía de los programas de protección contra incendios forestales: una visión global, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] Departamento de Estudios Medio Ambientales, Loussiana State University, Batton Rouge , LA.

[3] Servicio Forestal USDA, Southern Research Station, Forest Resource Law and Economics, New Orleans, LA.

Introducción

Durante los últimos años ha habido una enorme expansión en las urbanizaciones del entorno forestal del área urbana, situando la propiedad, los recursos naturales y la vida humana en peligro de destrucción a causa de los incendios forestales. El Plan Nacional de Incendios anima a las comunidades a formular e implantar programas oficiales y de divulgación para la Planificación previa a los incendios a fin de atenuar el riesgo para los residentes de la zona. Estos programas son importantes porque, reducir el riesgo de incendios forestales requiere esfuerzos bien organizados y coordinados a diversos niveles del gobierno, grupos de implicados y propietarios privados. Además los esfuerzos más eficaces serán los que cambien la actitud y comportamiento de los residentes, animándolos a crear un espacio fácil de proteger y practicar una gestión más adecuada de la vegetación que hay en sus terrenos. Es decir, es necesario realizar una revisión sistemática de estos esfuerzos para entender mejor las complejidades de la tarea, cómo se realiza, y en definitiva, cuál es el nivel de eficacia.

Durante 2003, los investigadores realizaron una encuesta entre los directores de los programas oficiales y voluntarios de reducción de riesgo de incendios forestal en 25 estados de EEUU. Éstos figuran en una lista en el sitio Web sobre Programas para la atenuación del Peligro de Incendios Forestales en el estatal y local de la base de datos nacional del Servicio Forestal USDA www.wildfireprograms.usda.gov, y se ocupan de fomentar la gestión de la vegetación en terrenos privados. Los objetivos de esta investigación consisten en examinar los esfuerzos para atenuar el riesgo a nivel sub-federal, a fin de determinar lo que intentan realizar, los principales obstáculos a los que se enfrentan y cómo estos obstáculos pueden constituir limitaciones en los programas, así como los intentos de los directores de calibrar la eficacia de sus esfuerzos

Actitudes entre el Público y Atenuación del Peligro de los Incendios Forestales

Uno de los mayores desafíos a los que se enfrentan los responsables de tomar decisiones cuando formulan programas de atenuación de riesgo a nivel sub-federal consisten en saber cómo cambiar los comportamientos de los propietarios privados con respecto a la gestión de la vegetación. Aunque existe una abundante investigación científica en cuanto a los componentes del peligro de incendios forestales, como la relativa influencia del clima, la topografía y la acumulación de combustibles, existe muchísima menos investigación relacionada con el comportamiento humano y los tipos de programas que pueden llevar a cambios deseables de conducta. En el nivel de teoría sobre los programas, las estrategias empleadas por los programas de reducción de riesgo dirigidas a los propietarios privados de terrenos no están siendo suficientemente evaluadas.

La percepción de riesgo de los incendios forestales por parte del público parece influir sobre el apoyo de los residentes hacia las alternativas políticas para atenuar al riesgo. Por ejemplo, Bradshaw (1987) y Loeger (1985) informaron de que muchos residentes del entorno forestal del área urbana no tenían experiencia directa con los efectos devastadores del incendio forestal y, como resultado, subestimaban el riesgo. Unos diez años más tarde Winter y Fried (2000) averiguaron que algunos

grupos de Michigan consideraban los incendios forestales completamente incontrolables, con modelos aleatorios de pérdidas, y esta percepción desanimaba a los propietarios individuales a retirar vegetación de sus terrenos. Además, algunos estaban en contra de regular directamente la gestión de la vegetación en los terrenos privados, y lo consideraban una infracción potencial sobre el derecho a la propiedad.

De la misma manera, Smith y Rebori (2001) mencionaron varias actitudes persistentes entre los residentes que desanimaban a realizar una gestión de la vegetación. Estas actitudes incluían las siguientes: los propietarios no quieren creer que están en peligro (McCaffrey, 1999); no creen que retirar vegetación sólo de su terreno va a detener un incendio forestal en la zona; o simplemente que no es su responsabilidad protegerse del riesgo de un incendio forestal (Loeger, 1985) Además, algunos residentes quizá no apoyan la gestión de la vegetación porque temen que la retirada de árboles y matorrales tendrá una influencia negativa sobre la estética y las funciones ecológicas de un paisaje natural (Alan Bible, Centro de Invetigación Aplicada, 1998; Hodgson, 1995; Davis, 1990) Los hallazgos de Winter y Fríed (2000) sugieren que el apoyo público puede ser más fuerte para programas educativos que aumenten la toma de conciencia sobre la amenaza del incendio forestal, que enseñen métodos específicos para la reducción de combustibles, y animen a llevar a cabo una serie de acciones de atenuación más coordinada entre los residentes de la zona.

Dada la falta de cooperación de los residentes para implantar una gestión de la vegetación, los programas de reducción de riesgo eficaces tiene un papel fundamental que cumplir. Existen esfuerzos de regular programas en el estatal, regional o municipal, o también de tipo voluntario y de divulgación. Esta investigación es un paso inicial para profundizar sobre lo que estos programas están intentando realizar, hasta qué punto cumplen sus objetivos, y los obstáculos a los que hacen frente sus directores en un intento de reducir el riesgo de incendios forestales devastadores del entorno forestal del área urbana.

Datos y Métodos

Los investigadores han elaborado y organizado una encuesta para los directores de programa en un esfuerzo de recopilar información adicional sobre los programas de reducción de riego de incendios forestales de la lista del sitio Web del servicio forestal de EEUU “Programas de Atenuación del Peligro de Incendios Forestales Estatales y Locales” en www.wildfireprograms.usda.gov. La encuesta representa un primer intento de recoger información detallada sobre los objetivos, actividades y experiencia de los gestores en sus esfuerzos por atenuar los peligros en el nivel estatal, regional y local. Durante el verano del 2003, los investigadores enviaron encuestas por e-mail a los directores o representantes oficiales de todos lo programas de reducción de riesgo. En algunos casos, en lo relativo a estatutos u ordenanzas estatales o locales, no hubo ningún individuo contactado que contestara a preguntas sobre la implantación de la ley. Se enviaron encuestas a cien directores de programas y se recibieron 56 respuestas. Los investigadores siguen añadiendo programas a la base de datos nacional todas las semanas. Dado que esta fase del proyecto que se centra en los programas de reducción de peligro de incendios forestales cubre sólo 25 estados de EEUU, los investigadores utilizaron estadísticas descriptivas, una serie de correlaciones de bi-varianza y análisis de factores en versión SPSS 11.0 para contestar a las preguntas de la encuesta.

Temas Significativos sobre los Esfuerzos de Atenuación de Riesgos de Incendios Forestales

Se solicitó a los encuestados que indicaran los principales objetivos de sus programas. Cincuenta y cinco trabajan para la "formación y divulgación entre público"; cuarenta y seis realizan una evaluación del riesgo de incendios forestales en el ámbito local; cuarenta y cuatro ofrecen asistencia a los propietarios en la retirada de vegetación; y veintiséis de los programas de la encuesta están aplicando las normas y regulaciones legales.

Dado que muchos programas persiguen mas de uno de estos objetivos, ¿en qué medida estos objetivos están vinculados entre ellos? Por ejemplo, la mayor parte de los programas dirigidos a la "formación" aplican también numerosas actividades de evaluación del riesgo en toda la zona" y los programas que supervisan la implantación de normas, ¿están también ayudando a los propietarios privados a suprimir la vegetación peligrosa de sus terrenos? Para contestar a estas preguntas hemos elaborado algunas variables a partir de las respuestas a la encuesta. Esto es el total de actividades que se han llevado a cabo en cuanto a: 1) Divulgación entre el público y formación (como sitios Web, proyectos de demostración y talleres); 2) Evaluación de los niveles de riesgo para la comunidad (por ejemplo, creando mapas GIS reflejando el peligro y utilizando modelos de comportamiento del incendio); 3) Ayuda a los residentes en la reducción del peligro (con evaluaciones individuales de propiedad, tratamiento, astillado y retirada de la maleza); y 4) Número de normas u orientaciones implantadas por cada programa (como requisitos para nuevas urbanizaciones y-o residencias existentes. Estas son cuatro variables cuantitativas del nivel de actividad del programa en su búsqueda por alcanzar cuatro objetivos concretos. Utilizamos una matriz de correlación de Pearson para estimar las asociaciones entre estas cuatro variables cuantitativas.

Nos dimos cuenta de que es probable que los programas con mas actividades divulgativas y de formación utilicen herramientas útiles para sus evaluaciones de riesgo en toda la zona incluyendo modelos GIS y de evaluación técnica de riesgo (Pearson ´s r =.382; p = .004 n = 056) Por otra parte, los programas más eficaces de formación del público tienden a ofrecer más servicios para ayudar a los residentes a suprimir la vegetación peligrosa de sus propiedades (Pearson r = .589; ppt .001; n =56) Del mismo modo, los programas más eficaces en la evaluación de riesgo de la zona tienden a ofrecer más ayuda a los propietarios (Pearson r = .400; p= .002; n = 56) Finalmente, vimos que los programas que implantaban más normas también ofrecían más actividades para ayudar a los propietarios privados (Pearson r= .338; p= .003; n= 56) No encontramos asociaciones significativas entre la implantación de más normas y la inversión en más servicios de formación o en una mayor actividad de evaluación de los distintos niveles de riesgo de incendios forestales en el ámbito local o regional.

Estos resultados sugieren que algunos de los cuatro objetivos del programa puedan estar estrechamente vinculados, indicando una tendencia entre los que toman las decisiones sobre los programas en cuanto a ofrecer "series" similares de servicios a los residentes del entorno forestal del área urbana que pueden rebasar en cierta medida la localización geográfica. Las similitudes entre los programas de esta encuesta, sugieren que los esfuerzos de las organizaciones nacionales y regionales como el Programa contra Incendios y el Consejo de Seguridad contra Incendios de

California son eficaces para estimular los programas de reducción de riesgo en el ámbito local.

Planificación de la Cooperación Previa al Incendio

Además de examinar los objetivos del programa y las actividades, los investigadores querían saber hasta qué punto estaban comprometidos los directores de los programas en la planificación previa al incendio colaborando con otros grupos implicados. Se preguntó a los directores si participaban en este tipo de colaboración, y si era así con cuántos grupos trabajaban. Estas respuestas llevaron a dos variables que medían la participación en la planificación conjunta y una vaga estimación sobre el alcance de su investigación. De entre los que contestaron, cincuenta indicaron que estaban participando en la planificación previa al incendio en colaboración con otros grupos de implicados u organizaciones. El promedio de participantes de esta colaboración era de cuatro, y cuarenta y tres de estos directores esperaban ver una reducción notable del riesgo como resultado de esta planificación conjunta. Los resultados que esperaban consistían sobre todo en la creación de planes más eficaces de reducción de riesgo y un aumento de ayuda pública para la gestión del espacio que debía protegerse y de la vegetación.

Programas de Reducción de Riesgos y Evaluaciones Sistemáticas

La segunda actividad de gestión que interesaba a los investigadores era si los directores intentaban medir los progresos hacia la consecución de los objetivos fijados de manera sistemática. Además, se preguntó a los directores cómo medían el progreso y con qué fines. Esta es una información valiosa para la elaboración de un marco de evaluación de estos programas pues indica en qué medida se está realizando la evaluación de la eficacia en la reducción de riesgo. Por otro lado, identifica los indicadores de rendimiento que pueden ser útiles en evaluaciones más oficiales sobre eficacia de estos programas de atenuación de riesgo. De las cincuenta y seis personas que contestaron, cuarenta y cuatro dijeron que intentaban alguna forma de revisión sistemática del progreso hacia objetivos fijados por el programa.

¿Cómo miden los directores de programas la eficacia de los programas de reducción de riesgo?

Se les solicitó que hicieran una lista de los indicadores de rendimiento que han recopilado para estimar el progreso hacia los objetivos del programa. Sus respuestas fueron:

1. Aumentar el número de propiedades donde se realiza la reducción de combustible (24)
2. Comparar los resultados con los objetivos (20)
3. Número de reuniones o participantes (17)
4. Realizar regularmente informes sobre los progresos (13)

5. Número de comunidades que participaban (5)
6. Número de personas contratadas para los programas (5)
7. Entrevistas con propietarios (4)

La mayoría de las personas que contestaron dijeron que intentan medir los progresos para reducir el riesgo de incendio manteniendo un registro sobre la cantidad de propiedades tratadas en su zona durante un período específico de tiempo.

Principales Obstáculos en los Programas Eficaces de Reducción de Riesgos

Nos interesaba saber qué obstáculos encontraban los directores de programas cuando intentaban cumplir los objetivos de sus programas. Las personas que contestaron examinaron una lista de obstáculos potenciales como limitaciones presupuestarias, una cooperación inadecuada entre entidades públicas y privadas, y la apatía por parte del público y se le solicitó que indicaran sobre una escala de 1-5 hasta qué punto este elemento constituía un obstáculo. Si un elemento no era un obstáculo en absoluto, se solicitó que dejaran un espacio en blanco junto al posible impedimento o que pusieran un "0" en el espacio. Los obstáculos que recibieron la mayor puntuación media indicando los que eran un problema son: las limitaciones presupuestarias, la apatía por parte del público, la resistencia del propietario hacia la gestión de la vegetación y una falta de personal cualificado (**tabla 1**)

Análisis de Factores de los Obstáculos que se hallaron en el Programa

Los investigadores llevaron a cabo un análisis de factores de esas respuestas y hallaron que los obstáculos se agrupaban e n"tres dimensiones" o tipos de problemas. Éstos son: 1) los problemas que existían más allá del control del director, y que eran externos al programa, dentro de un "contexto político" más amplio; 2) Actitudes negativas por parte del publico; 3) financiación inadecuada para el mismo programa. Para estos tres tipos de programa se elaboró una puntuación de los factores indicando en qué medida son percibidos por los directores como impedimentos para la eficacia del programa.

Tabla 1—*Prinicpales obstáculos en los programas eficaces de reducción de riesgo.*

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Est.
El presupuesto es un obstáculo	56	.00	5.00	3.3214	1.44105
Falta personal cualificado	56	.00	5.00	2.4643	1.68377
Se requiere ayuda técnica	56	.00	5.00	1.8393	1.46196
Apatía entre el público	56	.00	10.00	3.1429	1.71017
Resistencia entre los propietarios a cortar vegetación	56	.00	10.00	2.8393	1.55828
Objetivos programáticos poco claros	56	.00	5.00	1.5357	1.26440
Incertidumbre científica del riesgo	56	.00	4.00	1.5714	1.23373
Evaluación inadecuada del riesgo entre la comunidad	56	.00	5.00	1.8036	1.49447
Ayuda inadecuada a los propietarios	56	.00	12.00	1.8929	1.94168
Aplicación inadecuada de normas	56	.00	5.00	1.7679	1.62918
Cooperación inadecuada entre los implicados	56	.00	5.00	1.7321	1.47082
Aportación Inadecuada del público en la política de incendios	56	.00	5.00	1.3929	1.43563
Otros obstáculos al éxito del programa	56	.00	5.00	.8393	1.77638
N Válido (según la lista)	56				

Nota: las respuestas pueden ir de “0” (no es un obstáculo) a “5” (un obstáculo muy grave)

Dimensión 1—Obstáculos Relacionados con "Contexto Político" Más Amplio;

1) Falta de personal cualificado;
2) Necesidad de ayuda técnica;
3) Objetivos de Programa poco claros;
4) Incertidumbre científica sobre el Riesgo;
5) Evaluaciones inadecuadas del Riesgo por parte de las personas;
6) Ayuda inadecuada a los propietarios;
7) Cumplimiento inadecuado de las normas;
8) Cooperación inadecuada entre los implicados; y
9) Aportación inadecuada del público

Dimensión 2—Obstáculos relacionados con las actitudes del publico

1) Apatía entre el público
2) Resistencia de los propietarios hacia la gestión de la vegetación

Dimensión 3—Obstáculo relacionado con la financiación del programa

1) Presupuesto inadecuado del programa

¿Estos obstáculos limitan las opciones de las directrices?

Se puede contestar a varias preguntas de la investigación determinando si existe una asociación desde el punto de vista estadístico entre diversos componentes del programa, actividades de gestión y los obstáculos a los que se enfrentan las directrices del programa. Las preguntas son las siguientes:

1) ¿Existe alguna relación entre las limitaciones presupuestarias comentadas y la cantidad de objetivos programáticos cumplidos por los directores?

Sí, un análisis de la correlación de Pearson de bi-varianza reveló que cuanto más grabes eran las limitaciones presupuestarias, se intentaban menos objetivos de los programas (Pearson r = -.295; p = .029; n = 55) Por el contrario, los directores de los programas que intentan alcanzar más objetivos no suelen informar sobre limitaciones presupuestarias. Es decir, que los programas de mayor reducción de riesgo, mas desarrollados, se benefician de niveles adecuados y estables de financiación. Sin embargo, no se encontraron pruebas de que los programas que intentaron ciertos objetivos o series de objetivos tenían más o menos limitaciones financieras. Por ejemplo, los programas de implantación de normas no tenían

menos problemas presupuestarios que los que tenían como objetivo primordial la formación del público y la divulgación.

2) **¿Los problemas más graves, dentro de un contexto político más amplio de reducción del riesgo de incendios forestales, están asociados con alunas opciones de gestión?**

   Sí, Los investigadores hallaron que los problemas percibidos como más graves y más allá del control de los directores de programa, como la incertidumbre científica de los niveles de riesgo y la necesidad de ayuda técnica de un programa, están asociados con la falta de interés en cuanto a medir el progreso hacia los objetivos del programa (Pearson r = -.272; p = -043; n = 56) es interesante observar que los demás tipos de obstáculo –limitaciones presupuestarias y actitudes negativas por parte del público. No parecen ir asociados al deseo de evaluar la eficacia del programa de reducción de riesgo. Aparentemente, los problemas más importantes en un contexto político más amplio, y fuera de control de los directores del programa, pueden disminuir la fe en la capacidad del programa de tener "fuerza" y actuar de manera significativa la reducción del riesgo.

3) **¿Qué otros factores pueden influir sobre las decisiones de los directores de intentar medir el progreso hacia los objetivos fijados?**

   Los investigadores hallaron una importante correlación entre los programas que ofrecen más tipos de actividades referentes a la formación del público, evaluando el riesgo en l zona, ayudando a los propietarios en la gestión de la vegetación o implantando requisitos específicos –y una tendencia a conducir evaluaciones sistemáticas de la eficacia del programa (Pearson r = .282; p = .035; n = 56) Es decir, que es más probable que los directores y gestores que implantan más actividades específicas de más objetivos del programa intenten medir la eficacia de sus esfuerzos.

4) **¿Qué factores pueden influir sobre las direcciones de los gestores en cuanto a participar en la planificación previa al incendio en colaboración con los grupos implicados públicos y privados?**

   Los investigadores encontraron una relación significativa entre los problemas más comentados con la apatía del público y la resistencia por parte de los propietarios en cuanto a la eliminación de la vegetación y cierta resistencia a entrar en grupos y asociaciones de cooperación (Pearson r = -.249; p = .052; n = 56) Parece ser que los representantes oficiales del programa que encuentran propietarios más agresivos o quizá más desinformados en su zona, es menos probable que participen en la planificación de reducción de riesgo previa al incendio. Los directores de programas de las zonas en las que existe un grupo de residentes más colaborador suelen establecer con más frecuencias relaciones de cooperación en la planificación. Esto es lógico, dado que los grupos de implicados –probablemente socios en un planificación conjunta- puede que no estén bien organizado sen las zonas en las que lo s propietarios no perciben los riesgos del incendio forestal como muy importantes. Sin embargo, existen otros factores que pueden influir sobre el grado de colaboración, como la gravedad del riesgo del incendio foresta, la densidad de la población y la proximidad y disponibilidad de las entidades y organizaciones con las que trabaja.

¿Qué Tipo De Cambios Que Se Puedan Medir Pueden Esperar Los Directores De Programas En Su Progreso Hacia Objetivos Específicos?

Hemos realizado una lista de cambios que se pueden medir en cuanto ala condiciones de riesgo que mencionan los directores de programas, y que esperan que se produzcan si se cumplen algunos objetivos específicos del programa. Estas mejoras concretas resultan útiles como indicadores potenciales del éxito del programa

1) Efectos esperados en la Formación del Público y la Divulgación: para el objetivo del programa, "formación del público y divulgación" el indicador de potencial de eficacia que se suele incluir es un "aumento de conciencia entre el público sobre el concepto de incendio" que se puede medir. Este cambio en la toma de conciencia del público podría ser determinado a través de una encuesta entre los propietarios de la zona.

2) Efectos esperados de las evaluaciones de riesgo en la zona: Para el objetivo del programa "realizar evaluaciones de riesgo en toda la zona", los indicadores potenciales mencionados con más frecuencia son "alcanzar las zonas de mayor riesgo" y "estableciendo prioridades por proyecto. Asimismo se sugirió "aumentar el espacio defendible". Cada una de estas medidas podría desarrollarse en indicadores de rendimiento si se registran cuidadosamente las actividades de los programas

3) Efectos esperados de ayuda a los propietarios: Para el objetivo del programa "ayuda a los propietarios había más personas entre las que contestaron que sugería simplemente mantener registro del número de propiedades tratadas durante un período determinado de tiempo.

4) Efectos esperados en la implantación de normas: Para el objetivo del programa "implantación de normas" el indicador potencial sugerido más a menudo es similar al resultado esperado después de ofrecer ayuda a los propietarios un aumento en las tierras tratadas. De nuevo, mantener un registro con respecto a estas actividades es un paso lógico para que estas sugerencias se conviertan en indicadores de la eficacia del programa.

Actividades del Programa que son más eficaces para la Creación de un Espacio Fácil de Defender

Se solicitó a los directores de programas que hicieran una lista de las actividades específicas que pensaban ser más eficaces para animar a los propietarios privados a gestionar la vegetación de su zona e implantar un espacio fácil de proteger en sus propiedades (tabla2).

Tabla 2— ***Actividades mencionadas por los directores***

Actividades del Programa mencionadas por los directores	Frecuencia Total de respuestas
Educación Pública (Incluyendo K-12 y formación del profesorado)	14
Mapa de las áreas de riesgo (GIS)	1
Evaluaciones de riesgos individuales	13
Protección de espacio para propiedades privadas	10
Retirada y tratamiento gratuito de vegetación	8
Coste compartido de la retirada y o tratamiento de la vegetación	14
Eliminación gratuita de las rozas (Deshechos de plantas)	11
Servicio de astillado de las rozas (deshechos de plantas)	10
Organización de días de limpieza	3
Ley que exige retirada y gestión de la vegetación	10
Distribución de manuales para los propietarios	2
Demostraciones	4

Nota; La pregunta estaba abierta, los que contestaban no seleccionaban a partir de una lista de actividades programáticas más eficaces "sugeridas". La mayoría sólo daba una respuesta. En los casos se ofrecía más de un respuesta, se registraban las dos.

Las personas que contestaban indicaban una preferencia por la ayuda "inmediata y práctica a los propietarios privados. Mientras muchas personas que contestaban incluían en la lista "la formación del público –incluyendo estudiante K-12 y para el profesorado", como elementos valiosos, un mayor número apoyaba el tipo de ayuda pragmática que anima a los residentes a salir a su jardín y realizar los cambios necesarios para reducir los riesgos de incendios forestales en su zona. Los programas que ofrecían sobre todo este tipo de ayuda a los propietarios están más comprometidos con los métodos más eficaces de reducir e riesgo, según los directores de programa –intentando resolver por sí mismos el problema, para invertir de la mejor manera posible su tiempo y sus recursos.

Conclusiones

El análisis de los programas sub-federales de atenuación de riesgo de los incendios forestales es un campo reciente de análisis y este estudio de los representantes oficiales del programa es un primer hacia una revisión sistemática de los esfuerzos que se hacen en este sentido. En primer lugar, establecimos los objetivos de los programas, lo cual era importante dado que las estimaciones futuras de lo bien que funcionan estos programas deben basarse sobre el progreso hacia objetivos programáticos específicos. Además, la identificación de los objetivos permite una tipología organizativa según la cual los programas con objetivos similares deben estar situados en categorías similares. De la misma manera, los directores de programas dentro de cada categoría pueden elegir a partir de una base de indicadores potenciales de eficacia de programa comunes. En segundo lugar, estos resultados hacen ver el tipo de impedimentos que los directores piensan que entorpecen el progresos hasta los objetivos programáticos. Descubrimos que estos obstáculos recaen en tres categorías diferentes: 1) Problemas asociados con un "contexto político" más amplio; 2) Actitudes negativas por parte del público; y 3)

Limitaciones presupuestarias. Además, estos obstáculos afectan las opciones adoptadas por los directores de los programas; Esto lo sugiere el hecho de que los problemas dentro de un contexto político más amplio de los programas incluyen una incertidumbre científica en cuanto a los niveles de riesgo actuales y los componentes de dicho riesgo que pueden desanimar a muchos directores de programas en cuanto a la evaluación de eficacias de sus esfuerzos. De la misma manera, la participación en la planificación conjunta previa al incendio es menos probable cuando existe una apatía o resistencia entre los residentes de la zona. Finalmente, utilizando la información de los directores, reunimos unas listas de los potenciales indicadores de eficacia del programa que pueden aplicarse a programas con objetivos similares a fin de ayudar a los directores a planificar unas revisiones más sistemáticas de sus actividades. Esta información debería resultar útil para los que toman las decisiones, personas implicadas, e investigadores en sus intentos por medir la eficacia de estos esfuerzos de atenuación del riesgo de incendios forestales a nivel sub-federal.

Referencias

Alan Bible Center for Applied Research. 1998. **Report of the living with fire survey results.** Under contract to Nevada Cooperative Extension, University of Nevada, Reno. (unpublished)

Bradshaw, W.G. 1987. **The Urban/Wildland Interface Fire Problem. Can Social Science Play a Role?** People and Fire at the Wildland/Urban Interface (A Source Book). USDA Forest Service, Washington, D.C. ed: R.D. Gole and H.J.Cortner.

Davis, I. **B.** 1990. **The wildland/urban interface. Paradise or battleground?** Journal of Forest**r**y, January: 26-31.

Hodgson, R.W. 1996. **Community programs.** In: R. Slaughter, ed., California's I-zone urban/wildland fire prevention and mitigation. California Department of Forestry and Fire Protection, Sacr**a**mento**, CA:** 242-258

Loeher, L.L. 1985. Fire hazard: **The dimension of resident's attitude.** In: K. Radtke (ed.), Conference Proceedings Living in the Chaparral of Southern California. National Foundation for Environmental Safety and USDI National Park Service. Santa Monica, CA; 51-55.

McCaffrey, S. 1999. **Preliminary results: Incline village fire survey**. University of California, Berkeley. (Unpublished)

Smith, Ed**;** Rebori**,** Marlene. 2001. **Factors affecting property owner decisions about defensible space**. Assisting Forest Owner, Farmer and Stakeholder Decision-Making, International Union of Forestry Research, Proceedings of the Extension Working Par**t**y (S6.06-03) Symposium 2001.

Winter, Greg; Fried**,** Jeremy**.** S. 2000. **Homeowner perspectives on fire hazard, responsibility, and management strategies at the wildland urban interface**. Society and Natural Resources 13(1); 33-49.

Base de Datos Nacional de Programas de Mitigación de Incendios Forestales: Iniciativas a Nivel de Estado, Condado y Local para Reducir el Riesgo de Incendios Forestales[1]

Terry Haines,[2] Cheryl Renner, [3] Margaret Reams,[2] James Granskog[2]

Resumen

En los últimos años, los estados, condados y autoridades locales de los Estados Unidos han aumentado muy considerablemente sus esfuerzos de mitigación de los incendios forestales. Los diseñadores de políticas y funcionarios responsables de los incendios están haciendo uso de una amplia gama de programas reglamentarios y voluntarios de reducción de riesgo de incendios forestales, para así proteger a residentes, a los municipios, y los recursos naturales. Hemos investigado estos esfuerzos de mitigación de peligro de incendios forestales en el ámbito subfederal y establecido el sitio web www.wildfireprograms.usda.gov, como una oficina central de información para ayudar a funcionarios responsables de incendios, funcionarios públicos, planificadores, y gestores del territorio en el desarrollo y expansión de programas eficaces. El sitio web describe actualmente más de 184 programas en 27 estados, y incluye información sobre el propósito, características, y logros de los programas de mitigación de peligro de incendios forestales; también incluye enlaces a los sitios web correspondientes y programa la información de contacto de los gestores. Los tipos de programas que utilizan los oficiales responsables de los incendios en sus esfuerzos de reducción de riesgo de incendios forestales incluyen llegada al público y formación académica, valoración de riesgos de incendio y designación de áreas de alto riesgo, asistencia a propietarios, reconocimiento de municipios, y programas de reglamentación. Estas clasificaciones se identifican en la opción de búsqueda del sitio web, junto con opciones para seleccionar programas por jurisdicción administrativa y por estados específicos. Utilizando el sitio web, los funcionarios municipales pueden encontrar programas exitosos actualmente en marcha en otros municipios, y obtener ideas de cómo estructurar su programa de la manera más eficaz posible.

Introducción

Un siglo de supresión de incendios forestales, junto con la rápida expansión de construcciones humanas en tierras no humanizadas ha aumentado grandemente los riesgos de incendio para las personas y sus comunidades. Los incendios forestales de

[1] Una versión abreviada de este trabajo se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación, y economía de los programas de protección contra incendios forestales, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] USDA Forest Service, Southern Research Station, Forest Resource Law and Socio-Economics, New Orleans, LA.

[3] Louisiana State University, Department of Environmental Studies, Baton Rouge, LA.

2000 y 2002 fueron particularmente devastadores, con un total de más de 15 millones de acres quemados y cerca de 1700 viviendas destruidas (National Interagency Fire Center 2004). Además, California sufrió su peor temporada de incendios en tiempos recientes en 2003, con más de 739.000 acres quemados y 3.600 viviendas destruidas (U.S. Department of Agriculture 2004). Las cada vez mayores pérdidas y exposición a riesgos de incendio en la zona de contacto entre las zonas salvajes y urbanas ha urgido a los diseñadores de políticas y a los gestores de incendios de todos los niveles gubernamentales a tomar la iniciativa. Los esfuerzos federales se centran principalmente en el tratamiento de los materiales combustibles en terrenos federales contiguos a poblaciones con elevado riesgo de incendio; mientras que los estados, condados, y gobiernos locales afrontan un desafío más complejo — crean estrategias eficaces de mitigación de incendios forestales para proteger vidas, propiedades, y recursos dentro de comunidades desarrolladas y propiedades privadas en áreas no humanizadas en mosaico.

Las autoridades de los estados, condados, y locales están poniendo en práctica una amplia gama de enfoques para lograr sus objetivos de gestión de riesgos de incendio. Los programas varían en complejidad y ámbito, desde programas que se centran en un único propósito, tales como campañas educativas, hasta planes multidisciplinarios de gestión de riesgos de incendios forestales. Los programas complejos pueden incluir una mezcla de programas de llegada al público y educativos, valoraciones de peligro de incendios, asistencia a propietarios, y políticas reguladoras. La financiación federal suministrada a través de las subvenciones del Plan Nacional Contra Incendios ha permitido a los estados y poblaciones realizar muchos esfuerzos de mitigación de incendios forestales. La financiación se hace normalmente en forma de subvenciones de reparto de costes, que se utilizan frecuentemente para comprar equipos, realizar estudios para identificar las zonas de mayor riesgo, y para soportar operaciones para eliminar material combustible peligroso alrededor de las casas.

Procedimientos

Se han utilizado varios enfoques para identificar y obtener información sobre los programas de gestión de riesgos de incendios forestales a nivel de estado, condado, y local. Inicialmente, se creó una lista de contactos que incluía funcionarios de estado de protección frente a incendios (identificados a partir de los sitios web de la agencia forestal y de protección frente a incendios del estado), gestores de protección frente a incendios forestales de programas de condado y locales (identificados por la organización nacional Firewise), y los beneficiarios de las subvenciones del Plan Nacional Contra Incendios (suministrado por los coordinadores regionales del Plan Nacional Contra Incendios del Servicio Forestal USDA). El enfoque más exitoso para obtener información fue a través de una comunicación personal con estos contactos y de referencias a partir de los contactos iniciales hasta los gestores de incendios en otras localidades. Los responsables oficiales de protección contra incendios incluían copias de propuestas de subvención y de informes de logros; informes de valoración de peligro de incendios forestales; reglamentos y directrices; materiales educativos incluyendo publicaciones, presentaciones de Powerpoint y vídeos utilizados en ejercicios; y valoraciones personales de éxitos de programas y los obstáculos encontrados.

Además de identificar las leyes y reglamentos pertinentes a través de los funcionarios de protección frente a incendios del estado y locales, realizamos

investigaciones sobre asuntos legales de estatutos de estados y códigos de condado de tres estados—Florida, California, y Colorado. Con la excepción del sitio web de la Oficina del Jefe de Bomberos de California, que ofrece una base de datos específica de las leyes sobre incendios del estado, no hay una fuente única de leyes y reglamentos sobre incendios.

Resultados

En nuestro análisis de los esfuerzos de gestión de riesgos de incendios forestales en el ámbito subfederal, hemos identificado varios de componentes de programa comunes. Organizamos los elementos comunes bajo las amplias categorías de educación, proyectos de demostración, valoración y mapeo de peligro de incendios forestales, servicios para propietarios y proyectos públicos / privados de mitigación, y programas de reglamentación. Hemos construido una matriz utilizando todas las respuestas, para determinar la frecuencia de estos componentes.

Educación

Encontramos que el componente de la educación era universal en las 121 localidades. El centro de atención más común de la educación fue la llegada al público. Los gestores utilizan diversos métodos para educar al público sobre los peligros de vivir en zonas de elevado riesgo de incendio forestal, y la importancia de crear un espacio defendible alrededor de sus viviendas. Se han creado y distribuido publicaciones que fomentan la reducción de peligros, la protección frente a incendios y la seguridad, así como directrices de ordenación territorial y espacios defendibles específicas de la zona geográfica, por medio de campañas postales, eventos públicos, y de sitios web. En menor medida, se han elaborado listas de especies de plantas resistentes al fuego recomendadas, pero que son valiosas, particularmente en nuevos desarrollos. La publicidad en periódicos, radio, televisión y a través de alquileres de vídeos que tratan sobre la protección frente a los incendios forestales, mediante la planificación de la reducción de peligros, y mediante proyectos de aclarado constituyen otras maneras de informar a los residentes.

Los recursos escolares y la formación del profesorado forman parte del componente global de educación en aproximadamente el 35 por ciento de las jurisdicciones con programas de mitigación de riesgos de incendio. En varios estados se ha añadido un componente de ciencias sobre incendios al programa de estudios de la rama de ciencias. Se ha contratado a empresas de software y medios para crear los planes de estudios para educar a los estudiantes sobre ecología, seguridad y protección frente a los incendios forestales. Los planes de estudios incluyen frecuentemente el uso de CD-Roms interactivos y vídeos.

Los funcionarios de protección contra incendios han elaborado sus propios programas escolares en muchas áreas. Estos esfuerzos han incluido programas "prácticos" de espacios defendibles y de seguridad frente a incendios para estudiantes a nivel de escuela. Los programas dirigidos a estudiantes de enseñanza secundaria han incluido la eliminación de material combustible alrededor de las escuelas y ejercicios de campo, tales como valoración y mapeo de zonas de alto riesgo de incendio en la comunidad.

los funcionarios responsables de los incendios llevan a cabo reuniones de comunidad y vecindario. En estas reuniones tiene lugar un diálogo entre residentes y los funcionarios responsables de los incendios y se analizan los asuntos relacionados con las medidas de protección frente a incendios para el área. Los funcionarios de la protección contra incendios forestales también promocionan talleres relacionados con los incendios para bomberos voluntarios y profesionales, planificadores, promotores inmobiliarios, y diseñadores de políticas. Los talleres generalmente se centran en la elaboración de un plan de gestión de riesgos de incendios forestales para la localidad / comunidad. Alrededor de un 25 por ciento de las localidades que hemos investigado proporcionaron al menos un taller como parte de sus esfuerzos educativos.

Proyectos de demostración

Los proyectos de demostración proporcionan ejemplos de tratamiento de combustibles para viviendas o pequeños bosques. Ofrecen a los propietarios de los terrenos la oportunidad de conocer los tratamientos recomendados para los materiales combustibles en un paisaje similar al propio, y reducir la ansiedad respecto al aclarado de árboles o sobre el diseño de paisajismo recomendado. Viviendas de demostración, jardines, caminos o bosques que muestran un diseño de paisaje seguro frente a los incendios, el plantado de especies resistentes al fuego adecuadas al clima y a los suelos locales, y las opciones de aclarado, formaron parte integrante de alrededor del 50 por ciento de los programas. Dos notables ejemplos de proyectos de demostración son el High Desert Museum en Bend, Oregon, que ofrece un sendero de la naturaleza que muestra las condiciones antes y después de los aclarados, quemas controladas, y fuegos no controlados; el otro ejemplo es el Fire Safe Garden de la Universidad de California en Berkeley, que muestra las especies y disposiciones de plantación recomendadas alrededor de componentes típicos de edificios.

Valoraciones y mapeo de los riesgos de incendio

Los proyectos a nivel de estado de valoraciones y mapeo de riesgos de incendio estaban en marcha, o se habían completado, en la mayor parte de los programas del estado, y en alrededor del 50 por ciento de los condados y localidades con programas de gestión de riesgos de incendios forestales. La designación de áreas de alto riesgo se logra estudiando la interacción de factores de riesgo individuales tales como la carga de combustibles, la topografía, historia de incendios, clima, densidad de viviendas, e infraestructura para la lucha contra los incendios. Estos factores se clasifican y se reflejan en mapas individuales, superponiéndose posteriormente hasta encontrar áreas donde los factores se combinan para definir áreas del riesgo más alto. Las valoraciones en el ámbito regional, de estado y de condado se utilizan para señalar áreas de alto riesgo de intervención tomando como base datos de GIS utilizando teledetección y modelos de comportamiento de los incendios. Esta información se complementa entonces en el ámbito de condado, municipal, y de subdivisión por medio de inspecciones por personal entrenado, utilizando un sistema de clasificación de gravedad del peligro de incendios forestales para determinar el riesgo para viviendas individuales y subdivisiones. Los sistemas de clasificación de gravedad de peligro utilizados toman frecuentemente como base un modelo desarrollado por la Asociación Nacional de Protección Contra Incendios. El modelo asigna una clasificación para

componentes individuales de riesgos de incendio relacionados con la vegetación, materiales de construcción de viviendas, diseño y acceso a carreteras, disponibilidad de agua, utilización de rótulos, y otros factores. A partir de estas clasificaciones, se asigna una puntuación compuesta de gravedad del peligro (NFPA 1997).

Asistencia a los propietarios

Se ofreció asistencia directa a los propietarios suministrado en alrededor del 65 por ciento de las zonas investigadas. La asistencia a los propietarios incluye la evaluación del riesgo de incendio de la vivienda individual, normas para la reducción de combustibles, tratamiento de combustibles gratuito o de coste compartido, triturado de restos, y eliminación de residuos vegetales. A pesar del elevado coste del tratamiento de terrenos de los propietarios, el 75% de todas las jurisdicciones que ofrecen asistencia a los propietarios ofrecieron tratamiento gratuito o de coste compartido. Más del 60% de quienes ofrecen asistencia ofrecieron bien el triturado de los residuos vegetales o la eliminación de los restos, instituyendo muchos de ellos una recogida regular de desechos o estableciendo vertederos comunes. También fueron un elemento común las asociaciones públicas / privadas para crear cortafuegos alrededor de los municipios, en las zonas de contacto de las áreas urbanas y forestales; con mucha frecuencia, los directores de los terrenos propiedad del gobierno trataron los combustibles más allá de los límites de los terrenos públicos, tales como aclarado de la propiedad privada adyacente para reducir el peligro de incendio para viviendas y comunidades.

Programas reguladores

Seis de los 27 estados y alrededor del 40 por ciento de los condados y gobiernos municipales han adoptado leyes, ordenanzas, o reglamentos referentes a la planificación de incendios forestales, tratamiento de materiales combustibles, y otras prácticas de mitigación de incendios forestales. Hasta ahora, sólo el Estado de California ha adoptado y puesto en vigor reglamentos sobre el espacio defendible para todas las estructuras en zonas de elevado riesgo de incendio forestal; sin embargo, la regulación directa por el Estado no se aplica a las poblaciones incorporadas.

La mayor parte de los reglamentos existen a nivel de condado, y abordan la reducción de riesgos para la nueva construcción o remodelación sustancial de las estructuras existentes. Puesto que cae dentro de las competencias de la policía proteger la salud, la seguridad y el bienestar públicos, los reglamentos se incluyen con frecuencia en la Ordenanza de Zonación de una jurisdicción, Reglamentos de Subdivisión, o Códigos de Inmueble y de Incendio. Las jurisdicciones que han completado proyectos de mapeo normalmente designan áreas de peligro elevado en un mapa de superposición, aplicándose las restricciones únicamente en dichas áreas. En muchos lugares, se exige a los promotores inmobiliarios enviar planes detallados de desarrollo preparados por un ingeniero forestal profesional y crear un plan para mitigar los riesgos de incendio antes de obtener la aprobación de la subdivisión o una licencia. Son menos frecuentes reglamentos que exijan que las viviendas existentes cumplan con normas para crear y mantener espacios defendibles. Muchos administradores han confiado en los esfuerzos educativos u otros aspectos de sus programas de mitigación para motivar a los propietarios a reducir la cantidad de

material combustible alrededor de las viviendas, pero manifestando la esperanza de que se establezcan en un futuro reglamentos para las viviendas ya existentes.

Base de datos de programas de mitigación de peligro de incendios forestales

Dado que los responsables oficiales desarrollan estrategias de mitigación de incendios forestales, una base de conocimientos de los programas existentes, y que hayan tenido éxito en comunidades similares, puede mejorar en gran medida los esfuerzos de planificación, al tiempo que se reducen el tiempo y los costes de la puesta en práctica de nuevas estrategias de mitigación de incendios forestales. Hasta ahora, sólo se ha compilado información limitada sobre los programas, políticas y herramientas utilizadas en todo el país para mitigar los riesgos de incendio en el ecotono forestal-urbano. Algunas agencias y organizaciones tienen sitios web, en escala limitada, con información sobre iniciativas de mitigación exitosos (California Fire Alliance 2004, National Wildfire Coordinating Group 2004, y Wildland Fire Leadership Council 2004). Es destacable la ausencia de información sobre programas reguladores.

Para facilitar la difusión de ideas más amplia posible entre los responsables oficiales de la protección contra incendios, dirigentes de comunidad, diseñadores de políticas, planificadores, educadores, y propietarios de viviendas, hemos desarrollado una oficina central que describe los programas de mitigación de incendios forestales que han establecido los gobiernos subfederales en todo el país -- sitio web www.wildfireprograms.usda.gov. El sitio web describe actualmente 184 programas que se están poniendo en práctica en 125 áreas en 27 estados, continuando la expansión de la base de datos.

Debido a que los usuarios del sitio web pueden estar interesados en enfoques específicos para la mitigación de incendios forestales, hemos designado categorías para programas en la característica de búsqueda de la base de datos. Estas categorías incluyen educación, designación de áreas de alto riesgo, asistencia a propietarios, programas de reglamentación, y de reconocimiento de comunidades. Las opciones de búsqueda del sitio web también incluyen la selección de programas para cada estado individual y por jurisdicción administrativa, – es decir, estado, condado, ciudad / población, o distrito de incendio; o bien, los usuarios pueden utilizar selecciones múltiples a partir de las características de búsqueda. Las descripciones de programa incluyen información básica, características clave, e información sobre las actividades más significativas. Los perfiles de programa también incluyen la información de contacto del director del programa y enlaces a los sitios web correspondientes.

Discusión

Las subvenciones del Plan Nacional Contra Incendios han proporcionado una financiación muy necesaria para compensar los costes de los programas de mitigación de incendios forestales a nivel de estado y local. En 2001, los municipios recibieron 28 millones de USD para proyectos de mitigación de peligro de incendios forestales a través de subvenciones federales del Programa Asistencia Estatal contra Incendios (SFA). La financiación para las subvenciones municipales de la SFA comunidad aumentaron hasta los 51 millones de USD en 2002 (Departamentos de Agricultura e Interior de los EEUU 2003). Además, la Ley de Rehabilitación de Bosques Saludables

de 2003 apunta hacia un mayor énfasis federal sobre la reducción de los peligros de incendio forestal de las fincas federales y a la promoción de acciones para proteger a las comunidades WUI. Dados estos factores, y la tendencia continua de desarrollo humano en ecosistemas proclives a los incendios, es probable que más áreas de alto riesgo adoptarán estrategias de gestión de riesgos de incendios forestales y que se ampliarán los programas existentes.

En un futuro, los mecanismos reguladores constituirán posiblemente un componente cada vez más común de los programas de mitigación de incendios forestales. Muchos de los reglamentos y ordenanzas que hemos identificado se han adoptado en años recientes, y varios responsables oficiales contra incendios han indicado que se estaban considerando o formulando para su adopción, diversos programas reguladores.

Los programas de seguros también podrán desempeñar en un futuro un papel cada vez más importante en concretar los esfuerzos de mitigación de los incendios forestales de los propietarios de las viviendas. Las compañías de seguros han sufrido grandes pérdidas debidas a incendios forestales en años recientes. Por ejemplo, un único caso de incendio, el incendio de Colorado Hayman, costó a las compañías de seguros 38,7 millones de USD, lo que supone más de la mitad de los 70,3 millones de USD del estado en pérdidas totales aseguradas para incendios forestales en 2002 (Reese 2003). Como resultado de un incremento en el riesgo percibido, la State Farm Insurance Company inició un programa de inspecciones domésticas para evaluar los espacios defendibles y los peligros de incendio alrededor de las viviendas en el verano de 2003. Está previsto inspeccionar más de 20.000 viviendas en seis estados de las Rocosas. Tras la evaluación, los responsables de las compañías de seguros harán recomendaciones por escrito de tratamientos para los propietarios de las viviendas. Los propietarios de las viviendas tendrán entonces dos años para realizar las modificaciones recomendadas. Aunque la inclusión de riesgos de incendio en las evaluaciones de los seguros es una novedad, algunas propiedades en zonas de riesgo muy alto de California han sufrido un “sobrecargo” en las primas desde hace varios años

Conclusiones

Mediante el uso del sitio web de la base de datos de los programas nacionales contra incendios forestales, los responsables de protección contra incendios, los dirigentes municipales, los diseñadores de políticas, planificadores, y educadores pueden obtener información sobre las estrategias que emplean las comunidades para reducir los riesgos de incendio y cómo se financian, administran, y ponen en práctica estos programas. El sitio web puede facilitar el desarrollo de programas eficaces de mitigación de riesgos de incendio a nivel de estado y local mientras se reducen el tiempo y los costes de planificación y ejecución de nuevas estrategias de mitigación de incendios forestales. El desarrollo continuo de la base de datos de sitio web incluirá programas de gestión de riesgos de incendios forestales en más estados y actualizará la información sobre los programas ya existentes.

Referencias

California Fire Alliance, 2004. **Success stories**. www/cafirealliance.org.

National Fire Protection Association. 1997. **NFPA 299, Standard for protection of life and property from wildfire**. Quincy, MA: 16p.

National Interagency Fire Center. 2004. **National Fire News**. www.nife.gov/fireinfo

National Wildfire Coordinating Group. 2004. **Firewisecommunities/USA.** www.firewise.org/usa

National Wildland Leadership Council. 2004. **Success stories.** www.fireplan.gov

Reese, April. 2003. **Wildfire risk prompts insurance companies, communities to take action.** Land Letter 22(11):7-8.

U.S. Department of agriculture and Interior. 2002. **FY2001 Performance Report, National Fire Plan.** www.fireplan.gov ; 84p.

U.S. Department of agriculture and Interior. 2003. **FY2002 Performance Report, National Fire Plan.** www.fireplan.gov; 56p.

U.S. Department of agriculture and Interior. 2004. **Implementation of the Healthy Forest Initiative.** Fact Sheet. 3p.

Evaluación de las Compensaciones Económicas del Tratamiento de Combustibles y Supresión de Incendios en el Angeles National Forest Utilizando el Fire Effects Tradeoff Model[1]

Mark D. Schaaf,[2] Marc A. Wiitala,[3] Maarten D. Schreuder, [4] David R. Weise[5]

Resumen

En este estudio, se utilizó el Fire Effects Tradeoff Model (FETM) para evaluar las compensaciones económicas entre el tratamiento de materiales combustibles y la supresión de incendios en el Angeles National Forest situado al sur de California en los Estados Unidos. FETM utiliza datos históricos meteorológicos, datos de historia de incendios, mapas actuales de vegetación, datos de planificación de fuegos prescritos, costes y beneficios del tratamiento de combustibles e incendios forestales, y datos de superficie y stand composición data para simular la superficie futura anual quemada de terreno forestal, composición del paisaje, la emisión de humos, y el valor neto actual de supresión de incendios y tratamiento de combustibles en cualquier periodo de tiempo. Se evaluaron cinco alternativas de supresión de incendios y tratamiento de materia combustible, combinando una de las dos opciones de programa de supresión de incendios con cinco intensidades de incendio controlado, entre un 0 y un 52 por ciento de la superficie disponible de chaparral por década. Nuestros resultados demuestran que mantener un programa de supresión más grande con un bajo nivel de tratamiento de combustible reduce sustancialmente la superficie quemada de los incendios forestales. Sin embargo, los mayores costes asociados con este programa no se consiguen con una reducción conmensurada en pérdidas de recursos y costes de supresión. De manera similar, nuestros resultados demuestran que un programa de supresión de incendios pequeño asociado a una opción de tratamiento agresivo de fuego controlado reduce sustancialmente al superficie quemada del incendio forestal, pero que los mayores costes de tratamiento no vienen acompañados con la correspondiente reducción en pérdidas de recursos y de los costes de supresión. En su lugar encontramos que un programa de supresión de incendios menor y menos costoso, asociado con un programa de tratamiento de combustibles de intensidad moderada dirigido únicamente a las clases de chaparral con mayor carga, proporciona la estrategia de protección frente a incendios con mejor relación coste-beneficio para el área de estudio.

---

[1] Se ha presentado una versión abreviada de este artículo en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía sobre la defensa contra los incendios forestales: una visión global, 19–22 de Abril de 2004, Córdoba, España.

[2] Científico principal, Air Sciences Inc., 421 SW 6th Avenue, Suite 1400, Portland, Oregon 97204.

[3] Analista de investigación de operaciones, Pacific Southwest Research Station, USDA Forest Service, 620 SW Main, Suite 400, Portland, Oregon 97205.

[4] Ecólogo forestal, Air Sciences Inc., 421 SW 6th Avenue, Suite 1400, Portland, Oregon 97204.

[5] Investigador forestal supervisor, Pacific Southwest Research Station, USDA Forest Service, 4955 Canyon Crest Drive, Riverside, California 92507.

Introducción

En los Estados Unidos hoy día, una superficie estimada de 79 millones hectáreas de bosques y pastizales estatales y federales, una superficie que duplica la de California, afrontan un elevado riesgo de incendios forestales a gran escala, y necesitan una restauración del ecosistema. Una prevención y supresión de incendios eficaz a lo largo de las últimas décadas ha dado lugar a la presente acumulación de maleza densa, vegetación arbustiva, y de restos de madera muerta y caída no característica de ecosistemas de bosque y pastizal adaptados al fuego (GAO 1999). Este poco saludable estado del ecosistema, combinado con las recientes condiciones de sequía, enfermedad e infestaciones por insectos, e invasión de especies exóticas, hace a los bosques y pastizales en muchas zonas del país vulnerables a costosos y medioambientalmente dañinos incendios forestales. Hay actualmente en marcha un una iniciativa a gran escala para identificar y tratar zonas con acumulación de materia combustible que suponga el mayor riesgo de incendio forestal catastrófico (USDA Forest Service 2000).

Las pendientes montañosas cubiertas de chaparral del sur de California están entre las más propensas a los incendios de todo Estados Unidos. El chaparral es una comunidad vegetal compuesta en su mayor parte de arbustos perennifolios de hoja ancha con una altura comprendida entre 1 y 4 metros . Estas comunidades ocupan normalmente las pendientes más abruptas y los suelos más esqueléticos en las zonas montañosas del sur de California por debajo de los 2.000 metros de altura. Las hojas de las especies de chaparral son esclerófilas y aromáticas, y resisten la descomposición después de su caída de la s ramas. A medida que envejecen las plantas, la proporción entre madera muerta y brotes y ramas activas aumenta fuertemente, haciendo posibles incendios de matorral a gran escala (Minnich 1988; Schoenherr 1992). Cuanto mayor es el periodo entre incendios, mayor es la magnitud e intensidad del incendio subsiguiente.

En todos los Estados Unidos, pero especialmente en el sur de California, es cada vez más frecuente ver nuevas viviendas y otros tipos de estructuras construidas en entornos salvajes (Minnich 1988). Esto ha creado una expansión de la superficie de la interfase urbana - forestal en las cuales, las estructuras se sitúan al lado de vegetación altamente inflamable. Debido a su localización, estas estructuras son muy vulnerables al fuego si se produjera uno en una zona próxima. En 1999, se perdieron casi 750 estructuras en nueve incendios en California. Un evento particularmente devastador fue el incendio Jones cerca de Redding, California, en el que se perdieron 428 estructuras en un único incendio de 10.500 hectáreas. El trágico incendio de Oakland en 1988, y los incendios forestales de Octubre de 2003, centraron la atención nacional sobre el recurrente peligro natural de los incendio forestales de las áreas urbanas de California.

Los gestores de territorios y el personal contra incendios del sur de California han intentado desde hace mucho tiempo reducir el peligro de incendios forestales mediante una combinación de métodos, incluyendo: educación, elaboración de normas que requieran el uso de materiales resistentes al fuego, capacidad mejorada de extinción de incendios, y programas de tratamiento de materias combustibles en los terrenos federales y en la interfase urbana - forestal. Una cuestión persistente para el público y los gestores de territorios es la eficacia general de los programas a gran escala de reducción de materiales combustibles, destinados principalmente a reducir el tamaño e intensidad de los incendios forestales antes de que se desarrollen en zonas más pobladas.

La modelización de simulación de paisajes de procesos de perturbación ofrece un marco objetivo para valorar los riesgos a corto plazo respecto a los beneficios a largo plazo de los programas de tratamiento de materiales combustibles y otros programas de restauración en terrenos de elevada prioridad. En esta investigación, utilizamos el Fire Effects Tradeoff Model (FETM) para explorar las consecuencias económicas de cinco alternativas de programas de quemas controladas y extinción de incendios en el Angeles National Forest (ANF) en el sur de California. Las consecuencias a corto y largo plazo de estas medidas de gestión también se miden en términos de reducción de la superficie de los incendios forestales y emisiones de humos.

Métodos

Área de estudio y vegetación

El área de estudio es una zona de 234.061 hectáreas del ANF, administrada por el Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). El ANF se sitúa en las San Gabriel Mountains al nordeste de Los Angeles, California, EEUU, (*fig. 1*). La vegetación de la zona es en su mayor parte chaparral (Ottmar y otros 2000), que consta de cuatro grupos separados de especies: chaparral mixto norteño, chaparral de semidesierto, chaparral de chamise (*Adenostomum*), y chaparral montano (*tabla 1*). Aproximadamente la mitad de la vegetación restante (el 23 por ciento) está formado por bosques de coníferas (sobre todo *Juniperus* spp. y *Pinus* spp.), y el resto (21 por ciento) está compuesto de maderas duras y artemisas, o no presenta vegetación.



Figura 1—Mapa de vecindad del Angeles National Forest en las San Gabriel Mountains del sur de California, EEUU. El área de estudio comprende la totalidad de los Distritos Forestales de Los Angeles River y San Gabriel River, y la parte del Distrito Forestal de Santa Clara / Mojave Rivers al sudeste de la Autopista 14. Nota: 10 millas = 16 km.

Tabla 1—*Composición de la vegetación del área de estudio de Angeles National Forest.*

Tipo de vegetación	Superficie (hectáreas)	Por ciento de la superficie total
Chaparral mixto norteño	92.972	40
Chaparral de semidesierto	21.741	9
Chaparral de chamise	8.206	4
Chaparral montano	7.393	3
Bosque de coníferas	54.424	23
Hardwoods	19.958	9
Artemisas	15.044	6
Hierba	333	0,1
Sin vegetación	13.990	6
Total	234.061	100

El chaparral está muy adaptado a las perturbaciones por fuego. Debido a su capacidad de brotar del tronco, el chaparral restaura rápidamente la cubierta de un lugar tras el fuego. Muchas especies del chaparral son dependientes de incendios frecuentes para su reproducción y renovación (Vankat 1979). Unos incendios frecuentes han dado lugar a un mosaico de distintas edades de vegetación, que varían en composición de especies, altura de la vegetación, y biomasa.

Para los propósitos de este análisis, el área de cada uno de los cuatro tipos principales de chaparral se subdividió en cinco clases de carga de combustible. Para el chaparral mixto norteño y el chaparral de semidesierto, las clases de carga fueron: I—menos de 2,2 toneladas métricas por hectárea, II—2,2 a 22 toneladas métricas por hectárea, III—23 a 40 toneladas métricas por hectárea, IV—41 a 54 toneladas métricas por hectárea, y V—55 a 72 toneladas métricas por hectárea. Para el chaparral de chamise y el chaparral montano, las clases de carga fueron: I—menos de 2,2 toneladas métricas por hectárea, II—2,2 a 16 toneladas métricas por hectárea, III—17 a 29 toneladas métricas por hectárea, IV—30 a 38 toneladas métricas por hectárea, y V—39 a 45 toneladas métricas por hectárea. Estas clases de carga se utilizaron para establecer prioridades para los tratamientos de quemas controladas.

Frecuencia y magnitud de los incendios

Durante el periodo de 29 años, de 1970 a 1998 (USDA Forest Service 1997), un total de 4.439 incendios consumieron 142.379 hectáreas de chaparral y otra vegetación dentro del ANF. Esto da un promedio anual de 153 incendios y 4.910 hectáreas (desviación típica de ±2.450 hectáreas) consumidas. La mediana de tamaño de los incendios fue de 0,04 hectáreas. El tamaño máximo de incendio fue de 19.179 hectáreas (*fig. 2*).

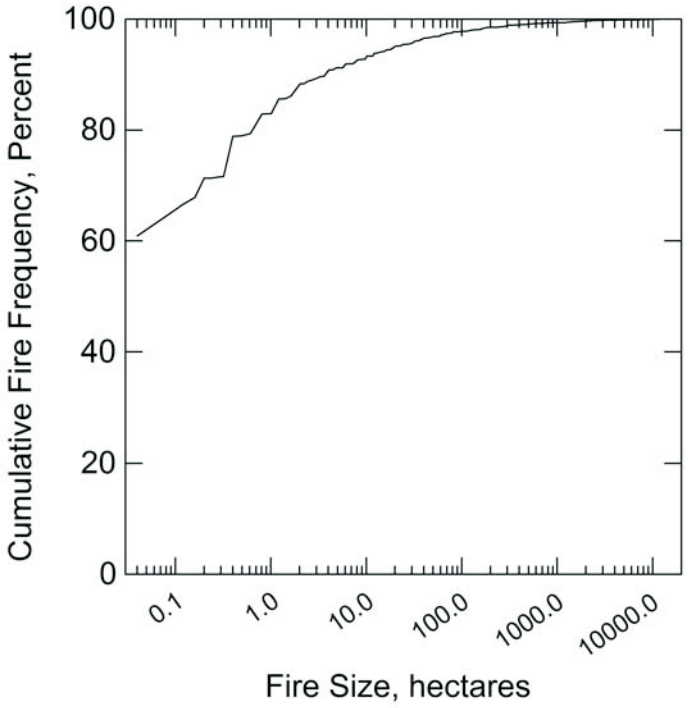


Figura 2—Frecuencia de distribución acumulada de incendios en el Angeles National Forest para el periodo entre 1970 y 1998 (USDA Forest Service 1997).

Alternativas de quema controlada y extinción de incendios

Se evaluaron cinco alternativas, implicando cada una de ellas un nivel distinto de tratamiento por quemas controladas en combinación con una de las dos opciones programa de supresión de incendios(*tabla 2*). La alternativa 1 incluye el mayor de los dos programas de supresión de incendios(C20) asociado con la menor superficie de tratamiento por quema controlada (cero hectáreas anuales). La alternativa 3 contiene el menor de los dos programas de supresión (M30) asociado con la mayor superficie de tratamiento mediante quema controlada (12.141 hectáreas anuales). Las otras tres alternativas asocian el programa de supresión C20 o M30 con niveles intermedios de tratamiento mediante quema controlada.

Tabla 2- *Tratamiento de materia combustible y alternativas de programa de supresión para el Angeles National Forest*

Alternativa	Superficie anual de tratamiento controlado (hectáreas)†	Opción de programa de supresión (coste anual del programa)
1 – Programa de supresión grande C20 / Ninguna quema controlada	0	C20: Actual + 20 por ciento (14,4 millones de $)
2 – Programa de supresión grande C20 / Menor superficie de tratamiento de quema controlada	3.035	C20: Actual + 20 por ciento (14,4 millones de $)
3 – Programa de supresión pequeño M30 / Mayor superficie de tratamiento de quema controlada	12.141	M30: Nivel más eficaz - 30 por ciento (10,3 millones de $)
4 – Programa de supresión pequeño M30 / Superficie intermedia de tratamiento de quema controlada	6.070	M30: Nivel más eficaz - 30 por ciento (10,3 millones de $)
5 – Programa de supresión pequeño M30 / Superficie variable de tratamiento de quema controlada	<6.070	M30: Nivel más eficaz - 30 por ciento (10,3 millones de $)

†Dirigida únicamente al chaparral.

Los dos programas candidatos de supresión de incendios (C20 y M30) fueron seleccionados por personal del ANF de una lista de 32 opciones disponibles. Las dos opciones difieren en el número de personas de extinción manual, máquinas, y recursos de extinción aérea disponibles para responder a los incendios.

El chaparral fue la única categoría de vegetación destinada a un tratamiento mediante quemas controladas. Cada uno de los grupos de chaparral se seleccionó en una proporción aproximada respecto a la proporción de la superficie total de chaparral que ocupa cada uno (*tabla 1*). El chaparral mixto norteño, con la mayor superficie inicial (92.972 hectáreas, o el 71 por ciento de la superficie total de chaparral), recibió la mayor área de tratamiento de incendio controlado (8.855 hectáreas anuales, o 73 por ciento del total bajo la alternativa 3). El chaparral montano, con el área inicial más pequeña (7.393 hectáreas, o un 5,7 por ciento de la superficie total de chaparral), recibió la menor superficie de tratamiento por incendio controlado (650 hectáreas anuales, o 5,4 por ciento del total bajo la alternativa 3).

Se asignaron a los tratamientos de material combustible niveles de prioridad desde la clase de carga de combustible más alta a la más baja. Primero se trató la clase más alta (V), seguida de la segunda clase más alta (IV) y así sucesivamente hasta que la superficie tratada era igual a la superficie anual planificada. En el caso de la alternativa 5, sólo las dos clases de carga más altas (IV y V) se destinaron a tratamiento en cada grupo de especies. Con el tiempo, este tratamiento agotó la superficie disponible en las clases de carga de chaparral disponibles, lo que causó que la superficie actual de incendio controlado cayera por debajo de la superficie planificada de 6.070-hectáreas. Los procesos de sucesión fueron insuficientes para compensar la carencia en la superficie disponible para el tratamiento.

Cada simulación de modelo se ejecutó para un periodo de 100 años y con 200 iteraciones por año. Los resultados representan por tanto el resultado "esperado" de tratamiento de combustibles y supresión de incendios en cada paso temporal.

El Fire Effects Tradeoff Model

Se utilizó el FETM[6] versión 4.8.8 para simular los efectos a corto y largo plazo de las cinco alternativas de programa de tratamiento por quema controlada y supresión de incendios (Schaaf y otros 2004). El FETM es un modelo de efectos de perturbaciones a escala de paisaje diseñado para simular los efectos relativos de prácticas alternativas de ordenación del territorio a lo largo de prolongados periodos y en diversas condiciones medioambientales, regímenes naturales de incendio, y estrategias de gestión de materiales combustibles e incendios. El modelo se basa en una formulación estacionaria clásica de Markov (Feller 1968). Los modelos estacionarios de Markov son modelos matemáticos que utilizan matrices de probabilidades determinadas empíricamente para predecir sustituciones de clases de vegetación, y por tanto, la composición, según transcurre el tiempo. Las probabilidades de transición en un modelo estacionario de Markov son análogas a los coeficientes de flujos en un modelo de simulación de Stock y Flow (Forrester 1961). Más específicamente, se podrían interpretar el FETM como que representa un ecosistema como un sistema de primer orden, homogéneo, de ecuaciones diferenciales lineales con coeficientes constantes (Luenberger 1979).

La ecuación diferencial de primer orden utilizada en FETM para describir el cambio del paisaje con el tiempo es:

$$\tilde{a}_{t,p} = \mathbf{S}\left\{\left(\tilde{a}_{t-1,p} + \sum_{r=1}^{8} \tilde{s}_{t,p,r}\left(\mathbf{M}_r - \mathbf{I}\right)\right) + \tilde{w}_{t,p}\right\} \qquad (1)$$

donde $a_{t,p}$ es un vector de superficie (~) de las clases de características de combustible (FCC) (Sandberg y otros 2001) en el año de simulación t para el nivel de incendio controlado p, **S** es una matriz de sucesión natural, $s_{t,p,r}$ es un vector de superficie programado para el tratamiento mediante FCC, $\mathbf{M}_r$ es una matriz de efectos para la perturbación r (intervalo de 1 a 8), **I** es la matriz de identidad, y $w_{t,p}$ es un vector de cambio neto de superficie de incendio forestal, dado por:

$$\tilde{w}_{t,p} = \sum_{i=1}^{4}\left(\mathbf{W}_i - \mathbf{I}\right)\tilde{F}_{t,p,i} \qquad (2)$$

donde $\mathbf{W}_i$ es una matriz de efectos de incendios forestales para la clase de gravedad meteorológica de incendio i (intervalo de 1 a 4), y $F_{t,p,i}$ es un vector de columna de superficie esperada de FCC quemada para el año t, nivel de tratamiento de incendio controlado p, y clase meteorológica de incendio i. El FETM calcula el vector $F_{t,p,i}$ cada año sobre la base de la composición actual del paisaje, número de inicios de incendio, y tamaños predichos de incendios forestales de evento único para un conjunto de condiciones ambientales y comportamientos asociados de los incendios.

El FETM es dinámico, y predice cambios anuales en la composición y efectos sobre el paisaje para cualquier periodo de tiempo entre uno y 300 años. Para cada ejecución independiente, la composición de partida en cualquier año de simulación se vincula a los resultados del año anterior. El modelo es estocástico; las variables

[6] sitio web del FETM www.fs.fed.us/r6/aq/fetm

aleatorias incluye las frecuencias de incendio forestal en cada uno de las cuatro clases de meteorología del Sistema nacional de Clasificación de Peligro de Incendio (NFDRS; Bradshaw y otros 1983), y el tamaño potencial del incendio forestal en el caso de que las cargas de combustible sobrepasen el rango de variabilidad histórica. El FETM es un modelo no espacial, capaz de predecir efectos de perturbaciones dentro de un área por clase de vegetación, pero que no es capaz de predecir dónde se producirán dichos impactos sobre el terreno o si los impactos son contiguos o dispersos.

Una característica que diferencia al FETM de otros modelos de paisaje es su uso de algoritmos de comportamiento del fuego para determinar el tamaño e intensidad de los eventos de incendio. En vez de basarse exclusivamente en datos históricos de incendios como la base para determinar futuros tamaños y efectos de los incendios, el FETM integra aspectos de modelización de comportamiento físico de incendios en sus simulaciones. Esta integración de modelización clásica de comportamiento de incendios en la modelización de simulación de paisajes permite a los usuarios del FETM evaluar las consecuencias de los cambios en el entorno del incendio (p. ej., carga de combustible, estructura del dosel, meteorología, topografía) en la superficie del incendio y otros efectos del fuego. Por ejemplo, el FETM puede evaluar el efecto de un cambio en carga de combustible en superficie o configuración de vegetación en el potencial de fuegos propagados por las copas. La integración de modelización del comportamiento de los incendios también ofrece una oportunidad para cuantificar el nivel de consumo de materiales combustibles y emisiones de humos con el tiempo, que es un factor cada vez más importante en la ejecución de actividades de ordenación en el paisaje.

Análisis económico

En esta investigación, la primera medida de eficiencia económica es el valor valor neto presente (VNP) de costes y beneficios, anualizados a lo largo del periodo de simulación. Más específicamente, el VNP es la suma de 100 años de los costes anuales futuros de supresión de incendios (FSC), los costes anuales de tratamiento de combustibles (FTC), y de los valores de cambio monetario y no monetario del valor neto (CVN) descontados con una tasa de descuento real del 4 por ciento (Forest Service Handbook, FSH 1909.17). El personal del ANF proporcionó los datos del valor de los costes y recursos naturales utilizados en este análisis.

Siguiendo el procedimiento de contabilidad en el Sistema Nacional de Valoración de la Protección Contra Incendios del Servicio Forestal del USDA (USDA Forest Service 1999), los costes de supresión de incendios forestales se calcularon sobre la base de dos costes de componentes: el coste medio por acre (AAC), y el coste de misión por unidad (UMC). AAC es el coste medio por acre producido durante la supresión activa del incendio. UMC es el coste fijo asociado con desplegar un recurso de supresión a un incendio independientemente de si el recurso de supresión incluye la creación de cortafuegos. Los costes por unidad (esto es, por hectárea) para cada uno varía según la clase de tamaño de incendio. Normalmente, los incendios más pequeños tienen el FSC más alto por unidad, y los incendios más grandes tienen el menor FSC por unidad.

Los valores de FTC se computaron tomando como base costes de tratamiento de combustibles por acre proporcionados por el usuario, que típicamente varía n según las actividades de tratamientos y las clases de vegetación. El ANF proporcionó un coste medio de tratamiento por incendio controlado de 555 $ por hectárea.

El NVC resultante de la perturbación por incendios es la suma algebraica de los efectos económicos del incendio al valor de la producción de recursos naturales, tanto positiva como negativa. Aquí, un NVC positivo representa una pérdida económica o coste, y un NVC negativo representa una ganancia económica o beneficio. NVC varía directamente con la superficie quemada según el nivel de intensidad del incendio (FIL). Cuanto más alto es el FIL, mayor es el NVC por unidad. El FIL es una medida de la resistencia a la supresión, y corresponde a distintos rangos de longitud de la llama: FIL 1, longitudes de llama de 0 a 2 pies ; FIL 2, longitudes de llama de 2 a 4 pies; FIL 3, longitudes de llama de 4 a 6 pies; FIL 4, longitudes de llama de 6 a 8 pies; FIL 5, longitudes de llama de 8 a 12 pies; y FIL 6, longitudes de llama de 12 pies o más. El cambio de valor neto se computa para ambos recursos monetarios (recursos de madera y rango) y recursos no monetarios (p. ej., recreación, almacenamiento de agua, fauna, y pesca) únicamente en el Sistema de Bosques Nacionales. Los valores de NVC utilizados en este análisis no incluyen los beneficios o pérdidas de recursos asociados con incendios que queman superficie fuera del ANF; esto es, no se incluyen en esta valoración de las compensaciones económicas los impactos sobre recursos fuera del lugar . De igual manera tampoco se incluyen las pérdidas de propiedad fuera del lugar.

Resultados

Superficie de incendio y emisiones

En la alternativa 1, la superficie media anual de incendios forestales aumentan de ~3.900 hectáreas en el año 1 hasta las 4.300 hectáreas en el año 40 (fig. 3a). Combinando el programa grande de supresión de incendios con la superficie más pequeña de tratamiento por incendio controlado, la alternativa 2, da lugar a un descenso constante en la superficie de incendio forestal en las tres primeras décadas y a una relativa estabilización tras el año 35 (fig. 3b). Puede observarse un patrón similar para el programa más pequeño de supresión de incendios asociado con la mayor superficie de tratamiento por fuego controlado, la alternativa 3 (fig. 3c). En esta alternativa, la superficie de los incendios forestales disminuye rápidamente durante la primera década, seguido por un aumento en superficie de incendios forestales durante las cuatro décadas siguientes y una relativa estabilización para el año 50. El aumento en superficie de incendio forestal con el tiempo se atribuye al elevado nivel de tratamiento por incendios controlados, que convierte la vegetación predominante de chaparral a hierba. La hierba es ligeramente más inflamable que el chaparral es decir, produce incendios más grandes) en la clase meteorológica de incendios moderados en la que se producen la mayoría de los inicios de incendios cada año.

En la Alternativa 4, la combinación de un programa de supresión menor con un nivel intermedio de tratamiento mediante incendios prescritos (6.070 hectáreas por año) da lugar a una rápida disminución de la superficie de incendio en las dos primeras décadas, seguido de una relativa estabilización al nivel más bajo de cualquiera de las alternativas: 2.600 hectáreas por año (*fig. 3d*).

En la Alternativa 5, dirigida a las clases más altas de carga de chaparral para los tratamientos, da lugar a una rápida disminución en la superficie de los incendios en las dos primeras décadas. Le sigue un pequeño pero significativo aumento en la superficie anual de incendio forestal, de una media de 2,600 hectáreas en el año 20 a 2.900 hectáreas en el año 100 (*fig. 3e*). En el año 20, 4.166 hectáreas se tratan mediante incendios prescritos comparado a 6.070 hectáreas en la alternativa 4 (*tabla 3*).

controlado, mayores son las emisiones de $PM_{2.5}$ (*tabla 3*). Este patrón es válido para todas las alternativas o una, la alternativa 3. En esta alternativa, el FETM muestra que el tratamiento de incendio controlado más agresivo convierte rápidamente la vegetación consumo que el chaparral, y por tanto produce menos e por hectárea consumida.

Tabla 3-*Superficie predicha de incendio forestal por el FETM, superficie de incendio controlado, y emisiones de $PM_{2.5}$ en el año 20.*

Alternativa	Superficie del incendio (hectáreas)	Superficie de fuego controlado (hectáreas)	Emisiones de $PM_{2.5}$ (toneladas)
1	4.027	0	939
2	3.040	3.035	1.473
3	2.806	12.141	1.703
4	2.594	6.070	1.826
5	2.651	4.166	1.518

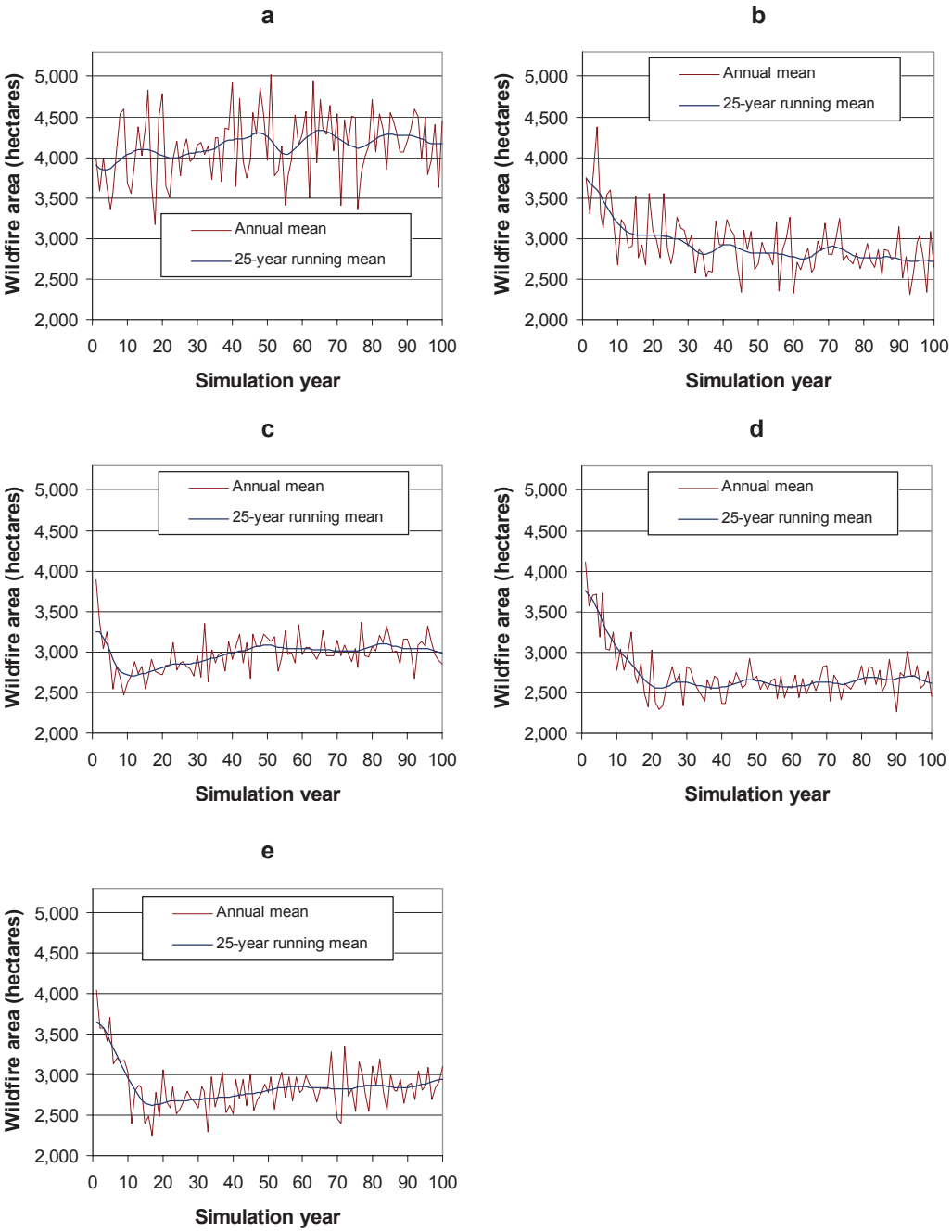


Figura 3—Gráfico de series temporales de superficie anual media quemada de incendios forestales para (a) Alternativa 1 – Programa de supresión mayor C20 sin incendio controlado, (b) Alternativa 2 – Programa de supresión mayor C20 con 3.035 hectáreas anuales de incendios prescritos, (c) Alternativa 3 – Programa de supresión menor M30 con 12.141 hectáreas anuales de incendios prescritos, (d) Alternativa 4 – Programa de supresión menor M30 con 6.070 hectáreas anuales de incendios prescritos, y (e) Alternativa 5 – Programa de supresión menor M30 con < 6.070 hectáreas anuales de incendios prescritos.

Valor neto presente anualizado

Los valores de VNP anualizados para las cinco alternativas varían entre 21,3 millones de $ a 24,9 millones de $ (*tabla 4*). Entre un cuarenta a un 60 por ciento del VNP anualizado está en los costes de programa, dependiendo de la alternativa (*tablas 2 y 4*). El programa de supresión C20 en las Alternativas 1 y 2 tiene costes de programa anualizados sustancialmente más altos que el programa M30 en las alternativas 3 a 5.

Tabla 4-*Valor neto presente anualizado (VNP) de costes e ingresos futuros (miles de dólares).*

Alternativa	Coste del programa	FSC	FTC	NVC incendio forestal	NVC incendio controlado	PNV total
1	15.019	7.089	0	2.268	0	24.376
2	15.019	5.645	1.758	1.455	994	24.871
3	10.744	5.447	7.033	572	997	24.793
4	10.744	5.558	3.517	926	1.056	21.802
5	10.744	5.643	2.821	999	1.159	21.336

Los costes de supresión de incendios varían en proporción directa con la superficie del incendio forestal consumida por clase de tamaño de fuego. La alternativa 1 no incluye tratamiento mediante fuego controlado y por tanto tiene la mayor superficie anual de incendio forestal y el FSC más alto. La alternativa 3 tiene el FSC anualizado más bajo a pesar del hecho de que tiene una mayor superficie de incendio forestal anual que las alternativas 4 y 5 debido a que la mayor parte de la superficie de incendio está en clases de tamaño menores con unos valores correspondientemente más bajos de FSC por unidad (*tablas 3 y 4*).

Los costes de tratamiento de combustibles varían en proporción directa respecto a la superficie de incendio controlado. La alternativa 1 no tiene una superficie de incendio controlado ni FTC. La alternativa 3 tiene la mayor superficie de tratamiento por incendio controlado y el mayor FTC (*tablas 3 y 4*).

El cambio de valor neto asociado con los incendios forestales varía en proporción directa con la superficie del incendio forestal. La alternativa 1 tiene la mayor superficie de incendio forestal y también el mayor NVC anualizado para incendios forestales (*N.B*. La alternativa 1 incluye el programa más grande pero ningún tratamiento con incendio controlado). La alternativa 3 tiene el NVC anualizado más bajo incluso si su superficie de incendio forestal es mayor que la superficie quemada en cualquiera de las alternativas 4 o 5. Esto se debe a que la mayor parte de la superficie del incendio forestal en la alternativa 3 está en la vegetación herbácea, que se quema con un FIL más bajo que el chaparral y con valores por unidad de NVC correspondientemente más bajos (*tablas 3 y 4*).

El cambio de valor neto para los incendios prescritos varía en proporción directa con la superficie del incendio controlado. La alternativa 1 no tiene un programa de tratamiento de incendios prescritos y por tanto ningún NVC de incendio controlado. Las alternativas 2 y 3 tienen un NVC de incendios prescritos similar, a pesar del

hecho de que esta última tiene una superficie de incendios prescritos cuatro veces más grande que la anterior. La razón para esto es que con el tiempo, el programa de tratamiento de incendio controlados más agresivo de la alternativa 3 produce a un FIL promedio más bajo, así como un NVC más bajo, que el programa de tratamiento menos agresivo de la Alternativa 2. Puede aplicarse la misma explicación a una comparación de las alternativas 3, 4, y 5 (*tabla 4*).

El VNP total de las alternativas 1 a 3 es similar y comprendidos todos en un dos por ciento (*tabla 4*). Esto se debe a compensaciones en el programa y en los costes de tratamiento de combustible. Por ejemplo, en la alternativa 1 los ahorros de costes en el tratamiento de combustibles son anulados completamente el mayor coste de la supresión de incendios de incendios forestales (*tabla 4*). De manera similar, la alternativa 3 tiene unos costes de programa sustancialmente menores que los de las dos alternativas anteriores, pero estos ahorros son anulados por unos costes de tratamiento de combustibles más elevados. Con las dos alternativas mayores de supresión (C20), los costes totales de NVC son similares, pero difieren en sus contribuciones de incendios forestales e incendios prescritos.

La alternativa 4 tiene un VNP anualizado sustancialmente más bajo de la alternativa 3 debido a los FTC y NVC combinados más bajos.

La alternativa 5 tiene un VNP anualizado más bajo que la Alternativa 4 debido a que los FTC y NVC combinados más bajos más que compensan el FSC más alto (*tabla 4*). La alternativa 5 tiene el VNP anualizado más bajo de todas las alternativas.

Conclusiones

El examen de este estudio de las compensaciones económicas entre el tratamiento de materia combustible y la supresión de incendios en el ANF encontró que pueden conseguirse ventajas económicas sustanciales en costes totales reducidos de programas de protección contra incendios y una reducción de las pérdidas de recursos naturales con un programa de supresión de incendios menor asociado con un programa de tratamiento de materiales combustibles moderado dirigido únicamente a las clases de chaparral de carga más alta. Estos resultados se basan en la evaluación de cinco alternativas de supresión de incendios y de tratamiento de materia combustible y combinan uno de los dos programas de supresión de incendios (costes anualizados del programa de 14,4 y 10,3 millones de $, respectivamente) con cinco intensidades de tratamiento mediante incendios prescritos, entre el 0 y el 52 por ciento de la superficie disponible de chaparral por década.

Más concretamente, nuestros resultados demuestran que el programa más grande de supresión C20 asociado con un programa de tratamiento pequeño por incendio controlado (Alternativa 2) reduce sustancialmente la superficie del incendio forestal comparado a la alternativa sin fuegos prescritos (Alternativa 1). Sin embargo, el aumento de coste asociado con este programa de tratamiento de combustibles no se acompaña de una reducción correspondiente en la pérdida de recursos naturales y de los costes de supresión. Al examinar el programa menor de supresión de incendios M30 asociado con un programa agresivo de tratamiento con incendios prescritos (Alternativa 3), nuestros resultados demuestran un ligero incremento de los beneficios de protección respecto a la Alternativa 2. Sin embargo, el incremento de costes asociado con este programa de tratamiento de combustibles sigue sin venir acompañado de la correspondiente reducción en la pérdida de recursos naturales y de los costes de supresión. Encontramos en vez, que un programa menor y menos costoso de supresión de incendios, asociado con un programa de tratamiento de

combustibles de intensidad dirigido únicamente a las clases de chaparra de carga más alta (Alternativa 5), ofrece la estrategia de protección frente a incendios con mejor relación coste-beneficio para el ANF. Tomando como base el proceso de elaboración histórica de presupuestos del servicio Forestal del USDA, que no considera impactos de los recursos fuera del lugar, parece que existe poca o ninguna ventaja económica en adoptar alternativas con el mayor de los dos programas de supresión de incendios. Sin embargo, la experiencia reciente en el sur de California muestra que las pérdidas de propiedad fuera del lugar pueden ser enormes. La inclusión del riesgo de los impactos fuera del lugar y de las pérdidas económicas asociadas alterarían muy probablemente las conclusiones de este análisis.

Agradecimientos

Este estudio se llevó a cabo como parte de un estudio patrocinado del U.S. Joint Fire Science Program titulado "Comparación basada en riesgos de modelos potenciales de compensación de tratamiento de combustibles," llevado a cabo por la USDA Forest Service Pacific Southwest Research Station, Riverside, California (investigador principal, David Weise). El FETM se desarrolló en parte mediante una subvención del U.S. Joint Fire Science Program y una asociación con el USDA Forest Service, Pacific Northwest Region, y la Oficina del Estado de Oregon del Bureau of Land Management, U.S. Department of the Interior.

Referencias

Bradshaw, Larry S.; John E. Deeming; Robert E. Burgan; y Jack D. Cohen (compilers). 1983. The 1978 national fire-danger rating system: technical documentation. General Technical Report INT-169. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest y Range Experiment Station. 44 p.

Feller, W. 1968. An introduction to probability theory and its applications. Volume 1, 3rd edition, New York NY: Wiley.

Forrester, Jay W. 1961. Stock and flow concepts are usually associated with system dynamics modeling. Industrial Dynamics. The MIT Press, Cambridge. 290 p.

GAO (U.S. Government Accounting Office). 1999. Western national forests: a cohesive strategy is needed to address catastrophic wildfire threats. Report to the Subcommittee on Forests and Forest Health, Committee on Resources, House of Representatives, GAO/RCED-99-65, 60 pp.

Luenberger, David G. 1979. Introduction to dynamic systems: theory, models, and applications. 435 p.

Minnich, Richard A. 1988. The Biogeography of Fire in the San Bernardino Mountains of California: A Historical Study. Berkeley, Los Angeles, and London: University of California Press. Publications in Geography No. 28.

Ottmar, Roger D.; Robert E. Vihnanek; Jon C. Regelbrugge. 2000. Stereo photo series for quantifying natural fuels. Volume IV: pinyon-juniper, sagebrush, and chaparral types in the Southwestern United States. PMS 833. Boise, ID: National Wildfire Coordinating Group, National Interagency Fire Center. 97 p.

Sandberg, David V.; Roger D. Ottmar; Geoffrey H. Cushon. 2001. Characterizing fuels in the 21st century. International Journal of Wildland Fire. 10: 381-387. (http://www.fs.fed.us/pnw/fera/jfsp/fcc/index.html).

Schaaf, Mark D.; Marc A. Wiitala; Donald Carlton, Roger Ottmar; y Maarten D. Schreuder. 2004. Fire Effects Tradeoff Model (FETM): A Landscape-Scale Disturbance and Succession Model for Land Management Planning (manuscrito en preparación).

Schoenherr, Allan A. 1992. A natural history of California. Berkeley, Los Angeles, and London: University of California Press. California Natural History Guides No. 56.

USDA Forest Service. 2000. Protecting people and sustaining resource in fire-adapted ecosystems: a cohesive strategy. General Accounting Office Report GAO/RCED-99-65. 85 p.

USDA Forest Service. 1999. FSH 5109.18: Wildland fire prevention handbook, WO amendment 5109.18-99-1, effective 06/10/1999, Chapter 10 - wildland fire prevention planning. (http://www.fs.fed.us/im/directives/fsh/5109.18/5109.18_10.txt)

USDA Forest Service. 1997. National interagency fire management integrated database (NIFMID). USDA National Information Technology Center, Kansas City, MO.

Vankat, John L. 1979. The natural vegetation of North America: an introduction. New York y otros lugares: Wiley.

Esta página se deja en blanco intencionadamente.

La Explotación Forestal Puede Aumentar la Gravedad de los Incendios Forestales Subsiguientes[1]

Carter Stone,[2] Andrew Hudak,[3] Penelope Morgan[4]

Resumen

El USDA Forest Service está pasando de una estrategia de gestión de la tierra orientada hacia la extracción de madera a otra orientada hacia el mantenimiento en buenas condiciones de las tierras pobladas de árboles. La Iniciativa de Bosques Sanos (Healthy Forest Initiative) favorece la idea de despoblación forestal y tratamiento de la materia combustible a gran escala como un medio eficaz para mitigar condiciones peligrosas de la materia combustible y, por extensión, del riesgo de incendio. La mitigación de las materias combustibles tiene carácter proactivo, mientras que la extinción de incendios tiene carácter reactivo y es cara. Los costes asociados con la extinción de grandes incendios incontrolados, como los que se producen en el oeste de Estados Unidos con regularidad anual, son astronómicos y siempre superan los presupuestos de extinción de incendios No es difícil demostrar que el tratamiento de las materias combustibles forestales es más económico que la extinción de incendios forestales en tierras no tratadas. Además, la despoblación forestal es potencialmente rentable o al menos permite recuperar el coste de la despoblación y puede también proporcionar condiciones más seguras a los que viven en las zonas de la interfaz bosque/ciudad. Las prácticas de despoblación facilitan también los esfuerzos de lucha contra incendios en tierras incultas para vigilar y controlar futuros incidentes de incendio, así como para aplicar procedimientos de gestión de la salud de los bosques por agencias forestales estatales y federales. Sin embargo, la despoblación forestal y otras estrategias de tratamiento de las materias combustibles pueden adoptar diversas formas, algunas de las cuales pueden producir más perjuicios que beneficios cuando se consideran con otros factores que tienen influencia sobre el comportamiento de los incendios incontrolados, como las condiciones meteorológicas y el terreno. Un ejemplo de este problema se pudo ver en Montana durante los incendios de 2003. En el complejo incendio de Cooney Ridge, una línea divisoria de aguas en la que se había talado gran cantidad de árboles de forma homogénea ardió grave y uniformemente debido a los árboles talados que permanecían en el suelo (que habían alcanzado un bajo contenido de humedad después de la retirada del follaje) y condiciones meteorológicas muy desfavorables (baja humedad relativa y fuertes vientos pendiente arriba). Esto contrastó con un mosaico de grados de gravedad del incendio en una línea divisoria de aguas adyacente con mayores cargas de combustible pero con mayor heterogeneidad de la distribución de la materia combustible al nivel del bosque y al nivel del terreno. La explotación forestal no se

---

[1] Una versión abreviada de esta ponencia se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía de los programas de protección contra incendios forestales: una visión global, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] Analísta de GIS, University of Idaho Department of Forest Resources, Moscow, ID, EE.UU.

[3] Guardabosques de investigación, USDA Forest Service Rocky Mountain Research Station, Moscow, ID, EE.UU.

[4] Profesora, University of Idaho Department of Forest Resources, Moscow, ID, EE.UU.

traduce de forma sencilla en una reducción del riesgo de incendio. Dada la naturaleza estocástica de los incendios y las condiciones meteorológicas y la complejidad del terreno de la mayoría de las tierras boscosas del oeste de Estados Unidos, la aplicación de diversas operaciones de despoblación forestal y tratamiento de la materia combustible con el objetivo de mantener un mosaico de hábitats forestales diversos, constituye también una estrategia sensata de mitigación del riesgo de incendios.

Introducción

En las últimas décadas, los incendios han quemado una superficie cada vez mayor del oeste de Estados Unidos. Los numerosos e importantes incendios ocurridos en el oeste de Estados Unidos se han atribuido a diversas causas como extinción eficaz de los incendios que ha permitido la acumulación de materias combustibles, uso de la tierra incluida la explotación forestal que ha eliminado los árboles más grandes pero no siempre ha despoblado los árboles más pequeños que permanecen y cambio climático (Morgan y otros, 2003). En algunos tipos de bosques más secos, como los ecosistemas de pinos ponderosa semiáridos, la densidad de árboles excede con mucho las normas históricas y esto puede alimentar de forma inusual intensos incendios (Covington y otros, 2000) Sin embargo, en otros lugares, muchos bosques como los bosques subalpinos a gran altitud, contienen naturalmente abundantes materias combustibles de la superficie y del follaje. Esas zonas, la norma histórica ha sido incendios intensos y graves. El número en aumento de personas que viven en bosques y zonas de matorrales y los utilizan ha hecho que aumenten considerablemente las probabilidades de que se declaren incendios y el grado en que amenazan los incendios a las personas y sus propiedades cuando se producen incendios incontrolados. Abundan ahora densos bosquecillos de árboles más jóvenes y las comunidades humanas y ecológicas son cada vez más vulnerables a destructivos incendios de copas de árboles. Se ha producido un consenso sobre la urgencia de restablecer condiciones más naturales para estos bosques (Allen y otros, 2002). A los grandes y graves incendios corresponde la mayoría de la superficie total quemada a lo largo del tiempo (Strauss y otros, 1989), así como las amenazas a personas y propiedades (Maciliwain 1994).

Estados Unidos ha respondido al coste y extensión en aumento de los grandes incendios en el oeste con medidas como el National Fire Plan (http://www.fireplan.gov/content/home/) en 2000 y más recientemente The Healthy Forest Initiative (http://www.whitehouse.gov/infocus/healthyforests/). Tanto el National Fire Plan como la Healthy Forest Initiative buscan una reducción del peligro de incendio mediante una gestión activa de las materias combustibles mediante explotación forestal y quema obligada. Los esfuerzos están pensados para complementar la extinción de incendios continuada, la ayuda a comunidades locales y la rehabilitación. Ambos esfuerzos descansan en las recientes preocupaciones sobre la salud en declive de los bosques en el oeste de Estados Unidos como resultado de la exclusión de incendios, cambio del uso de la tierra y cambio climático. El anterior énfasis en gestión de incendios ha estado centrado en la extinción de incendios incontrolados y en incendios obligados para reducir las materias combustibles peligrosas después de la explotación forestal y en mejorar el hábitat de la fauna. Por otra parte, los incendios producidos por rayos se han dejado arder en zonas despobladas para restablecer el proceso natural durante más de 30 años. Sólo hace cinco o seis años que se están utilizando ampliamente en la gestión de incendios las quemas obligadas y los tratamientos mecánicos de las materias combustibles para

reducir la acumulación peligrosa de estas materias en zonas no despobladas (Long, 2003). El grado en el cual los tratamientos mecánicos como la despoblación reducirán la intensidad y gravedad de los incendios con posterioridad es objeto de un vivo debate (Morrison y otros, 2000). Existen relativamente pocos estudios y la mayoría de ellos están centrados en bosques secos.

Gravedad de la quema

La gravedad de la quema define ampliamente como el grado de cambio en el ecosistema inducido por el incendio (Ryan y Noste, 1985). Incendios graves son aquellos que dan por resultado grandes cambios ecológicos (Rowe, 1983, Ryan y Noste, 1985, Moreno y Oeschel, 1989, Schimmel y Granstrom, 1996, De Bano y otros, 1998, Ryan, 2002). En comparación con incendios de poca gravedad, la recuperación de la vegetación es más lenta, los ciclos de los nutrientes se alteran más, las especies invasivas son más abundantes, la mortalidad de los árboles mayor y es más probable que se produzca erosión del suelo después de incendios graves. La gravedad de la quema abarca los efectos del incendio sobre la vegetación y la superficie del suelo (Ryan, 2002, Ryan y Noste, 1985, Key y Benson, 2001).

La gravedad de la quema se marca normalmente en un mapa a partir de datos detectados remotamente, para evaluar los efectos ecológicos y el grado necesario de rehabilitación después del incendio para reducir la erosión del suelo y acelerar la recuperación de la vegetación (Parsons y Olemann, 2002). El US Forest Service (USFS) y otros organismos de gestión de la tierra utilizan herramientas de detección remota en un esfuerzo por gestionar con eficiencia y eficacia ecosistemas adaptados a incendios. Los datos del perímetro del incendio para esta ponencia provienen de los Incident Command Geographic Information Systems (GIS) durante el incendio e inmediatamente después del mismo. Cinco clases de gravedad proceden de una clasificación por reflectancia de la superficie quemada (Burned Area Reflectance Classification - BARC) proporcionada por el Remote Sensing Applications Center (RSAC) del USFS.

Incendio de Cooney Ridge

Cooney Ridge es uno de los varios casos de incendios incontrolados ocurridos durante la temporada de actividad de incendios de 2003 en el oeste de Montana (figura 1). Una prolongada sequía de cuatro años precedió a un verano muy seco y el tiempo a finales de agosto era cálido, seco y ventoso. El 8 de agosto de 2003 un rayo inició un incendio en Cooney Ridge, situado aproximadamente 18 millas al este de Missoula, Montana (figura 2). A pesar de los intensos esfuerzos por extinguir el incendio (www.fs.fed.us/r1/fire/2003fires), el de Cooney Ridge quemó 8.589 ha antes de ser contenido el 15 de octubre de 2003. Muchas personas que vivían en pequeños pueblos y en casas dispersas en valles cercanos temieron la propagación del incendio hasta sus hogares. El incendio amenazó las líneas de transmisión de energía eléctrica que dan servicio al este de Washington, norte de Idaho y oeste de Montana. Un arroyo de pesca de truchas famoso en todo mundo, Rock Creek, situado hacia el este (y a sotavento) del incendio, fue otro recurso que los bomberos trataron de proteger.



Figura 1 — Foto aérea del incendio de Cooney Ridge.

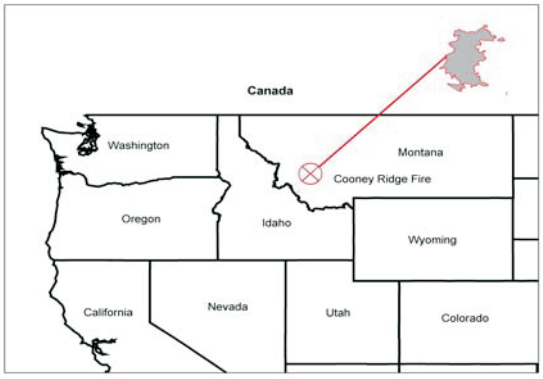


Figura 2—Situación del incendio de Cooney Ridge .

El perímetro del incendio de Cooney Ridge (figura 3) incluye tierras públicas (54%) y privadas (46%). La mayoría de las tierras públicas están bajo la gestión del USFS para usos múltiples que incluyen extracción de madera, fines recreativos y hábitat de fauna mientras que sólo 177 ha (4%) están bajo la gestión del Montana Department of Fish and Game. La tierra privada es en su mayoría bosque industrial perteneciente a Plum Creek Timber Company, mientras que sólo 48 ha (1%) son propiedad de particulares.

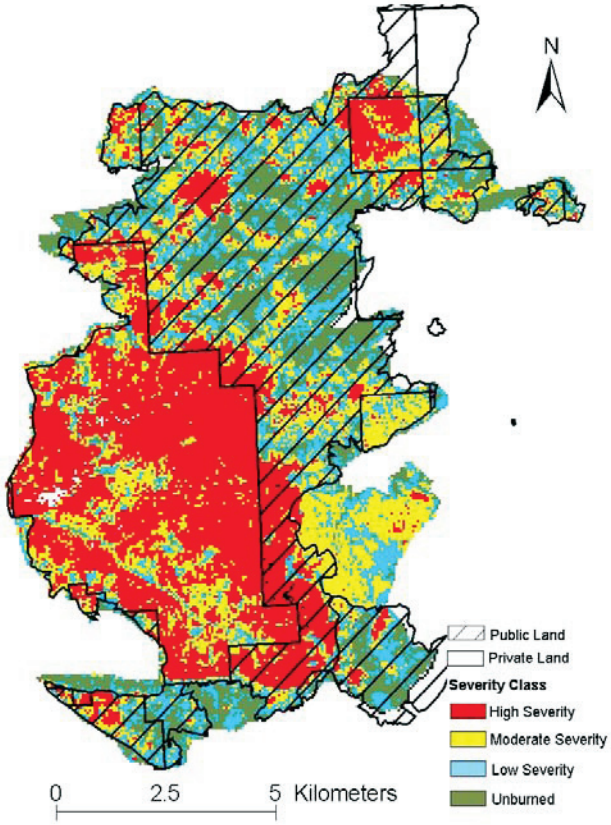


Fig. 3. Burned Area Remote Classification (BARC) Map

Figura 3. Mapa de clasificación remota de la superficie quemada (BARC)

Resultados

En conjunto, ardió el 88% de la superficie dentro del perímetro final del incendio. Ardió más del 98% de las tierras privadas, mientras que de las tierras públicas ardió el 79%. Las zonas que contienen la mayor parte de la vegetación sin quemar se encuentran en la parte de tierras públicas (tabla 1).

Tabla 1 - *Superficie quemada en tierras públicas y privadas en el incendio de Cooney Ridge, Montana, EE.UU., de 2003*

Clase	Ha privadas	Porcentaje (%)	Ha públicas	Porcentaje (%)
Sin quemar	**83**	**2**	**984**	**21**
Quemadas	**3899**	**98**	**3622**	**79**
Baja	*228*	*6*	*1347*	*29*
Moderada	*1704*	*43*	*1594*	*35*
Alta	*1967*	*49*	*681*	*15*
Total	**3982**	**100%**	**4607**	**100%**

Ardieron intensamente muchas más tierras privadas que tierras públicas (figura 4). Es sabido que zonas sometidas a intensa explotación forestal y plantaciones de árboles han ardido más extensamente que bosques intactos (Brown, 2002). Gran parte de las tierras privadas dentro del perímetro del incendio se habían explotado recientemente con gran intensidad para extracción de madera y no con objeto de reducir el peligro de incendio.

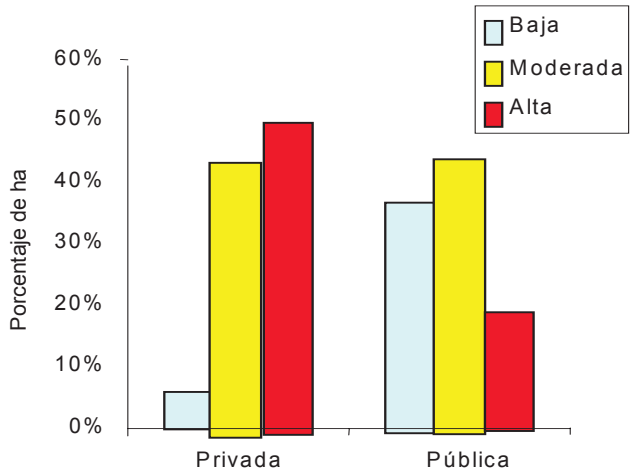


Figura 4—Porcentaje de superficie quemadaen el incendio de Cooney Ridge por tipo de propiedad. Cada columna representa las clases de gravedad de la quema ilustradas en la figura 3.

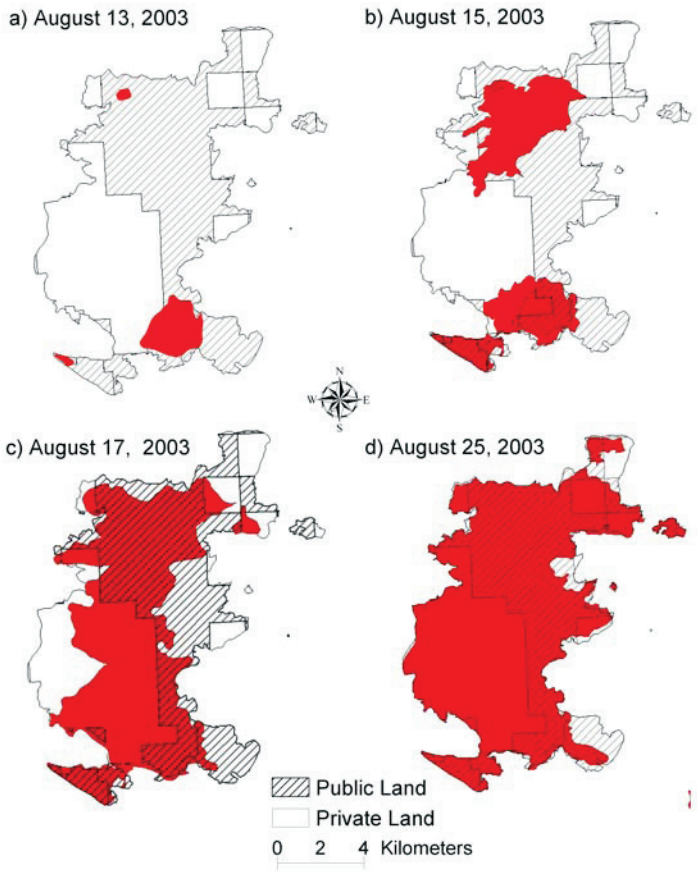


Fig. 5. Cooney Rige Fire Progression by date.

Figura 5— *Progresión del incendio de Cooney Ridge por fechas*Los mapas diarios del perímetro del incendio mostraron que la mayor propagación del incendio en Cooney Ridge se produjo entre el 13 de agosto y el 17 de agosto (figura 5). La superficie quemada durante este tiempo, y a lo largo de todo el incendio de Cooney Ridge, estuvo bastante igualada entre tierras públicas y privadas (figura 6).

Discusión

Las tierras privadas de esta zona fueron explotadas recientemente con talas de grandes claros. En el incendio de Cooney Ridge, ardieron la vegetación restante y los residuos de la tala. Se había explotado forestalmente poco tiempo antes una proporción mucho menor de tierras públicas. La tala de claros en tierras privadas fue mucho más pequeña, reflejando las limitaciones en el tamaño de las talas de claros y otras unidades de explotación forestal en tierras públicas. El USFS gestiona las tierras federales para múltiples usos además de la producción de madera: hábitat de la fauna, fines recreativos y protección de la calidad del agua. Puesto que la oferta de madera procedente de tierras federales ha estado cayendo a lo largo de las tres últimas décadas, las tasas de explotación forestal en bosques maderables privados han aumentado para satisfacer la demanda.

Pollet y Omi (2002) mencionan que la gravedad de los incendios se refiere a los efectos de los mismos sobre el ecosistema y está directamente relacionada con la

supervivencia de la vegetación después del incendio. Sus hallazgos indican que los tratamientos de la materia combustible mitigan sin duda la gravedad de los incendios. Los tratamientos de la materia combustible ofrecen una oportunidad para la extinción efectiva de los incendios y la protección de zonas de alto valor. Siguen afirmando que la topografía y el tiempo pueden desempeñar papeles más importantes que la materia combustible en la determinación del comportamiento de los incendios. Naturalmente, la topografía y el tiempo no se pueden manipular realistamente para reducir la gravedad de los incendios.

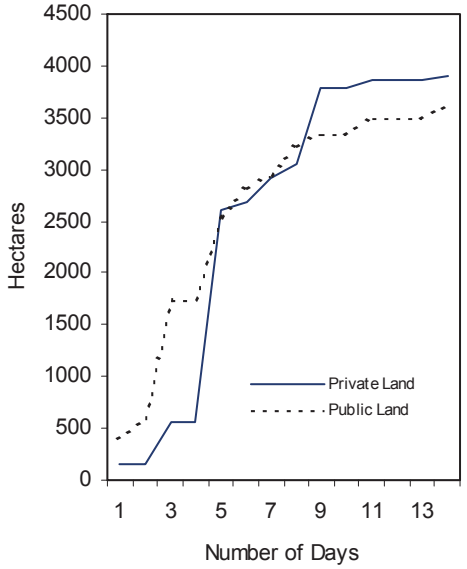


Fig. 6. Number of hectares burned per day of the Cooney Ridge Fire between the dates of August 13 to August 26, 2003.

Figura 6— *Número de hectáreas quemadas por día en el incendio de Cooney Ridge entre el 13 y el 26 de agosto de 2003*

El tiempo cálido, seco y ventoso dificulta los esfuerzos de extinción de los incendios, aunque haya muchas carreteras que proporcionen acceso a los equipos de bomberos. Los mapas diarios del perímetro del incendio mostraron que la mayor intensificación del incendio en Cooney Ridge se produjo entre el 13 de agosto y el 17 de agosto (figura 5). La superficie quemada durante este tiempo, y a lo largo de todo el incendio de Cooney Ridge, estuvo bastante igualada entre tierras públicas y privadas (figura 6). Aunque las condiciones locales del tiempo pueden haber sido ligeramente distintas cuando ardieron las tierras públicas y las privados, estas trayectorias similares de la progresión del incendio sugieren más similitudes que diferencias.

La Healthy Forest Initiative fomenta la idea de despoblación forestal y tratamiento de la materia combustible a gran escala como un medio eficaz para mitigar condiciones peligrosas de la materia combustible. Esto está basado en la sensata hipótesis de que el tratamiento de las materias combustibles de los bosques es más económico que la extinción de incendios forestales en tierras no tratadas.

Además, la despoblación forestal es potencialmente rentable o al menos permite recuperar el coste de la despoblación y puede también proporcionar condiciones más seguras a los que viven en las zonas de la interfaz bosque/ciudad. Sin embargo, como sugiere el incendio de Cooney Ridge, la explotación forestal para obtención de madera no siempre reduce la intensidad o la gravedad de los incendios que se declaran con posterioridad. En Cooney Ridge, una gran parte de las tierras privadas en las que se habían cortado árboles para aprovechamiento de forma amplia y homogénea ardieron con un alto grado de severidad uniforme (figuras 3 y 4, tabla 1). Presumiblemente, esto fue debido a la materia combustible residual que se había secado hasta alcanzar un grado de humedad muy bajo.

El oeste de Estados Unidos constituye un entorno de incendios (Morgan y otros, 2003). Se producirán incendios en el futuro y algunos se producirán cuando el tiempo sea muy seco, cálido y ventoso. Dada esta realidad ecológica, la naturaleza estocástica de los incendios, las condiciones meteorológicas y la complejidad del terreno de la mayoría de las tierras boscosas del oeste de Estados Unidos, la aplicación de diversas operaciones de despoblación forestal y tratamiento de la materia combustible con el objetivo de mantener un mosaico de hábitats forestales diversos, constituye una estrategia sensata de mitigación del peligro de incendios. El conocimiento de los lugares donde los incendios tienen más probabilidades de ser graves serviría de ayuda para situar estratégicamente y diseñar tratamientos de gestión de la materia combustible en los lugares donde podrían ser más efectivos. Dichos conocimientos también serían útiles como ayuda para la extinción de incendios, mitigación de incendios y decisiones de rehabilitación después de los incendios.

La gestión de la materia combustible plantea varios problemas. En primer lugar, no existe una solución única que sea apropiada para todas las posibles condiciones en distintos ecosistemas. En segundo lugar, la despoblación tiene efectos económicos y ecológicos muy distintos dependiendo de que se talen o no grandes árboles. En tercer lugar, los efectos de la explotación forestal alcanzan a carreteras y, algunas veces, producen daños en los árboles que quedan. Por último, el coste de los tratamientos tiene que incluir el mantenimiento y la supervisión a largo plazo. Si se pueden encontrar alternativas prácticas a la quema obligada para reducir la cantidad de materias combustibles peligrosas, los gestores de los recursos podrán elegir entre más procedimientos para reducir el riesgo de incendios incontrolados perjudiciales en la interfaz urbana (Brose y Wade, 2002).

En años extremos, especialmente después de una sequía prolongada (Swetnam and Betancourt, 1990, 1998), se queman grandes extensiones en el oeste de Estados Unidos. A esos años corresponde la mayoría de la superficie quemada (Strauss y otros, 1989) y las mayores amenazas a personas y propiedades (Maciliwain 1994). Por tanto, la gestión de materias combustibles mediante explotación forestal u otros medios será menos eficaz cuando las condiciones meteorológicas sean extremas. Pollet y Omi (2002) sugieren que la financiación para la gestión de las materias combustibles se dirija a la interfaz urbana, plantaciones de árboles, líneas divisorias de aguas críticas y hábitats para especies amenazadas y en peligro.

Conclusión

Una de las lecciones más claras que nos da la historia es que siempre se han producido incendios y que se seguirán produciendo a pesar de nuestros esfuerzos

para detectarlos y extinguirlos (Morgan, 2003). En muchos ecosistemas forestales la producción de biomasa es superior a su descomposición; esta biomasa acumulada alimenta incendios cuando rayos o personas inician un incendio en tiempo cálido, seco y ventoso. Los incendios y otras perturbaciones han desempeñado importantes papeles ecológicos en estos ecosistemas, complicando así las decisiones de gestión.

Son necesarias más investigaciones para comprender la relación entre las prácticas de los propietarios y la gravedad. En el incendio de Cooney Ridge, quedaron tras el incendio islotes de vegetación sin quemar y de escasa gravedad, mientras que una parte mucho mayor de tierras privadas ardió uniformemente con alta gravedad.. Estos resultados indican que una gestión más diversificada de las tierras públicas ayudó a producir un mosaico de incendios más diverso, protegiendo así mejor estas tierras boscosas. Por comparación, la mayoría de la tierras boscosas privadas ardieron con una gravedad entre media y alta en condiciones meteorológicas probablemente similares a las existentes en las tierras públicas.

Nuestros resultados muestran, quizás contra lo que indica la intuición, que una explotación forestal intensiva puede aumentar la gravedad de los incendios subsiguientes. Los costes asociados con la extinción de incendios incontrolados superan con mucho los costes del tratamiento de la materia combustible. Dados los daños en términos de dinero y de superficie explotable, parece que las compañías madereras deberían ser las más interesadas en implantar tratamientos de despoblación y/o programas de quema obligada en lugar de talar claros. Aunque tenemos mucho que aprender sobre el estado actual de los ecosistemas forestales en las tierras forestales nacionales y sobre la eficacia de la despoblación y de la quema obligada para conseguir que estos bosques sean más sostenibles, parece claro que es necesario hacer algo para invertir la tendencia hacia la degradación. Puesto que 1) la despoblación es una forma de explotación forestal y 2) la quema obligada puede producir un humo excesivo, corre el riesgo de escape y parece contradecir décadas de desinformación sobre los males de los incendios forestales, ambas técnicas serán objeto de controversia entre algunas partes del público. Deben hacerse todos los esfuerzos posibles para aplicar estas herramientas de manera que reduzcan la posibilidad de consecuencias no pretendidas (Brown, 2002).

Cooney Ridge no es un caso único. Grandes cantidades de residuos de la explotación forestal sin tratar contribuyeron a devastadores incendios a finales del siglo IXX y en el siglo XX en bosques situados tierra adentro en la costa del Pacífico (Graham y otros, 1999). La explotación forestal no siempre tiene por resultado incendios graves; dependerá manera de hacerla y de la materia combustible que se deje detrás (Graham et al, 1997, Pollet y Omi, 2002.) La explotación forestal en Cooney Ridge no tenía por objeto reducir el peligro y es evidente que no lo hizo. Procedimientos de explotación forestal cuidadosamente diseñados, incluidos los que conservan los árboles más pequeños y/o bosques densos delgados, pueden reducir el peligro de incendio (Pollet y Omi, 2002, Graham et al, 1999). La explotación forestal dirigida únicamente a la tala de grandes árboles, puesto que no controla la materia combustible superficial, aumentará el peligro de incendio y la gravedad del incendio subsiguiente (Morgan y otros, 2003).

Bibliografía

Allen, C., Savage, M., Falk, D., Suckling, K., Swetnam,T., Shulke, T., Stacey, P., Morgan, P., Hoffman, M., and Klingel, J. (2002) Ecological Restoration of Southwestern Ponderosa Pine Ecosystems: A broad perspective. Ecological Applications 12(5): 1418–1433.

Brose, P. and D. Wade. 2002. Potential fire behavior in pine flatwood forests following three different fuel reduction techniques. Forest Ecology and Management 163: 71-84.

Brown, Rick. 2000. Thinning Fire and Forest Restoration: A Science-Based approach for National Forests in the Interior Northwest. Defenders of Wildlife, Washington D.C.-USA. 1 p.

De Bano, LF, DG Neary, and PF Ffolliott. 1998. Fire's effects on ecosystems. John Wiley and Sons, NY. 333 p.

Graham, R.T., A.E. Harvey, T.B. Jain and J.R. Tonn 1999. The effects of thinning and similar stand treatments on fire behavior in Western forests, USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station and USDI Bureau of Land Management. PNW-GTR-463.

Hann, W.J.; Bunnell,D.L.; 2001 Fire and land management planning and implementation across multiple scales. International Journal of Wildland Fire, 10, 389 p.

Key, CH and NC Benson. 1999. The Normalized Burn Ratio, a Landsat TM radiometric index of burn severity incorporating multi-temporal differencing. In preparation.

Key, CH and NC Benson. 1999. A general field method for rating burn severity with extended application to remote sensing. In review.

Key, CH and NC Benson. 2001. Landscape assessment. In: Fire Effects Monitoring and Inventory Protocol http://www.fire.org/firemon/lc.htm

Lea, SW and P Morgan. 1993. Resprouting response of ninebark (*Physocarpus malvaceus*) shrubs to burning and clipping. Forest Ecology and Management 56: 199-210.

Long, D.;Ryan, K.; Stratton, R.; Mathews, E.; Scott, j.; Mislivets, M.; Miller, M.; Hood,

S.; 2003 Modeling the effects of Fuel Treatments for the Southern Utah Fuel

Management Demonstrating Project. USDA Forest Service Proceedings RMRS _29

Medler, MJ and SR Yool. 1997. Improving Thematic Mapper based classification of wildfire induced vegetation mortality. Geocarta International 12: 49-58.

Medler, MJ, MW Patterson and SR Yool. 1997. Image processing techniques for automated terrain stratification. In Proceedings of a Symposium on Effects of Fire on Madrean Province Ecosystems, Tucson, AZ, March 11-15, 1996. Gen. Tech. Rep. RM-GTR-289: pp: 271-275.

Moreno, JM and WC Oechel. 1989. A simple method for estimating fire intensity after a burn in California chaparral. Ecologica Plantarum 10(1):57-68.

Morgan, P and LF Neuenschwander. 1988. Shrub response to high and low severity burns following clearcutting in northern Idaho. Western Journal of Applied Forestry. 3(1):5-9.

Morgan, P., G. E. Defosse, and N.F. Rodriguez. 2003. Management implications of fire and climate changes in the western Americas. Chap. 15 in T.T. Veblen, W.L. Baker, G. Montenegro, and T.W. Swetnam. Fire and climatic change in temperate ecosystems of the western Americas. Ecological Studies 160. Springer. p. 413-440.

Morrison, PH, JW Karl, KJ Harma, L. Swope, TK Allen, and P. Becwar. 2000. Assessment of summer 2000 wildfires: Landscape history, current conditions and ownership. http://www.pacificbio.org/pubs/wildfire2000.pdf

http://www.pacificbio.org

Parsons, A and A. Orlemann. 2002. Burned Area Emergency Rehabilitation (BAER) Emergency Stabilization and Rehabilitation (ESR). Burn Severity Definition/Guidelines Draft Version 1.5, 27 P.

Pollet, J.;Omi, P.; 2002 Effect of thinning and prescribed burning on crown fire severity in ponderosa pine forests. International Journal of Wildland Fire, 2002, 11 p.

Rowe, JS. 1983. Concepts of fire effects on plant individuals and species. In: DeBano, RW and DA MacLeans, eds. The role of fire in northern circumpolar ecosystems. John Wiley and Sons, NY. pp. 135-154.

Ryan, K.C. 2002. Dynamic interactions between forest structure and fire behavior in boreal ecosystems. Silva Fennica 36(1): 13-39.

Ryan, KC and NV Noste. 1985. Evaluating prescribed fires. P. 230-238. In: JE Lotan, BM Kilgore, WC Fisher, and RW Mutch (coord). Proceedings, Symposium and Workshop on Wilderness Fire, 1983 November 15-18, Missoula, MT. USDA Forest Service, General Technical Report INT-182.

Schimmel, J. and A. Granstrom. 1996. Fire severity and vegetation response in the boreal Swedish forest. Ecology 77(5): 1436-1450.

White, JD, KC Ryan, CC Key and SW Running. 1989. Spatial correlation of forest fire severity and vegetation recovery. International Journal of Wildland Fire 6(3): 125-136.

Un Sistema de Cuentas para la Valoración de los Efectos Comerciales y Ambientales del Gasto Público en la Mitigación del Fuego en el Bosque Mediterráneo[1]

Pablo Campos-Palacín,[2] José Luis Oviedo-Pro,[2] Alejandro Caparrós-Gass[2]

Resumen

La ponencia propone un sistema de cuentas económicas para la medición de los efectos comerciales y ambientales del gasto público para la mitigación de los incendios forestales en los bosques de clima mediterráneo. Se presenta una aplicación de la metodología de cuentas agroforestales (CAF) en el Parque Natural de los Alcornocales (PNA). El gasto público directo en la lucha contra los incendios forestales (Plan INFOCA) alcanza una cuantía notable en el PNA. La reducción de hectáreas quemadas de superficie de alcornocal desde la implantación del Plan INFOCA en el año 1993 y el paralelo incremento de fondos públicos dedicados a tal fin, hace aconsejable un análisis económico de la contribución de este Plan a la renta total generada en el PNA. Los resultados permiten extraer conclusiones sobre los múltiples efectos que este tipo de gasto público genera en la sociedad.

Introducción

El efecto económico neto de un incendio catastrófico[3] en un sistema agroforestal mediterráneo es una cuestión cuya respuesta se encuentra más en el ámbito aplicado que en el de la teoría. Esta incertidumbre sobre las consecuencias económicas de un gran incendio en el monte mediterráneo hay que buscarla en las características productivas de sus distintos usos del suelo, y muy especialmente de los matorrales. Así, dependiendo del tipo de vegetación y tamaño de las superficies afectadas por el incendio forestal, se puede producir una pérdida o un beneficio económico. Por ejemplo, en el Parque Natural de los Alcornocales (PNA) cuando la quema de una hectárea de alcornocal maduro implica un cambio de uso a favor de un uso de matorral, un grupo de propietarios estiman que provoca un descenso medio del precio de mercado de la tierra de 1.500 € ha^{-1}, ya que la tierra ocupada por el alcornocal maduro pasa de valer una media de 7.500 € ha^{-1} a valer una media como matorral de 6.000 € ha^{-1} (Campos 2003). Por el contrario, el efecto económico privado de un incendio en un matorral envejecido, que tiende a no ser pastoreado por los animales, puede aumentar las unidades forrajeras extraídas en pastoreo por la ganadería.

---

[1] Una versión abreviada de este trabajo se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación, y economía de los programas de protección contra incendios forestales: una visión global, 19–22, Abril 2004, Córdoba, España.

[2] Investigadores, Instituto de Economía y Geografía, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Pinar 25, 28006 Madrid – España. email: pcampos@ieg.csic.es.

[3] Se aplica el término catastrófico a todo incendio que produce un nivel de daño en el medio natural que es percibido como no aceptable por la sociedad.

Sin embargo, con anterioridad a la valoración del daño o beneficio económico de un incendio es posible desarrollar una teoría contable del incendio que identifique y valore el daño económico total que se espera evitar con origen en el coste de la lucha contra incendios. La teoría contable que se sigue responde a los conceptos de renta hicksiana (Caparrós y otros 2003) y del valor económico total (Campos 1999).

El espacio natural que se estudia es el Parque Natural de los Alcornocales (PNA), que tiene una superficie de alcornocal de 82.462 ha, la cual supone el 48,5 por ciento de la superficie del Parque (*tabla 1*). Otras especies de árboles suman 13.262 ha en el PNA, alcanzando la superficie arbolada el 56 por ciento del total de la superficie del PNA (Campos 2002).

Tabla 1 – *Usos del suelo y vegetación predominante en el PNA*

Clase	Superficie (ha)	Porcentaje (pct)
Alcornocal	82.462	48,5
Quejigar	6.291	3,7
Acebuchar	3.060	1,8
Repoblaciones	3.911	2,3
Matorral	38.766	22,8
Pastizal	26.694	15,7
Cultivos	5.441	3,2
Otros	3.400	2,0
Total	170.025	100,0

Fuente: Campos (2002).

La superficie de árboles y matorrales (SAM) ocupa 134.490 ha del PNA y representan el 79 por ciento del total (*tabla 1*). Singularmente son las 38.766 ha de superficie de matorrales el tipo de combustible vegetal que reúne todas las características propicias para propagar cualquier conato de incendio de no mediar la acción humana para evitarlo. Al menos desde la Edad Moderna, se cree que la población humana en el PNA ha evitado la propagación del fuego natural y ha utilizado el fuego prescrito hasta hace unas décadas como una herramienta de manejo productivo del matorral con fines de pastoreo por el ganado. Pero hoy el fuego prescrito sólo es permitido por la administración pública ambiental en la eliminación de residuos vegetales procedentes de los tratamientos forestales del alcornocal. El gasto privado en la lucha contra incendios de los propietarios de fincas no se ha estudiado en este trabajo. El gasto público directo en la lucha contra los incendios forestales está representado por el Plan INFOCA.

Las manifestaciones de los propietarios y visitantes obtenidas en las encuestas de valoración contingente llevadas a cabo recientemente presentan una elevada apreciación de los servicios ambientales del PNA (Campos 2003, Campos y otros 2003). La decidida política de la administración pública ambiental andaluza dirigida a evitar los incendios catastróficos en el PNA encuentra su justificación sólo en parte en el lado económico. Aunque la flora y la fauna autóctona del PNA han sobrevivido a los incendios naturales catastróficos cíclicos que han ocurrido en el pasado[4], la opinión pública percibe hoy de forma dramática el incendio catastrófico de un

[4] El hecho de que el 1 por ciento de los incendios del PNA tenga un origen natural indica que, si se hubiera producido recientemente una intensificación en la frecuencia del número y efectos de los fuegos en el PNA, podría pensarse entonces en una mayor probabilidad en el presente que en el pasado de que puedan tener lugar irreversibilidades en el medio natural.

bosque, y en este contexto la administración pública andaluza actúa realizando el gasto que se requiera en medios de extinción del Plan INFOCA hasta reducir prácticamente a cero el riesgo de que un incendio forestal se propague hasta convertirse en catastrófico.

En una situación en la que el gasto público de la lucha contra los incendios forestales estuviera sometido a la exigencia de una eficiencia económica –comercial y ambiental– se requeriría comparar la ganancia o pérdida adicional obtenida de aumentar o disminuir el gasto público en una determinada cantidad. Se cree que una política de este tipo no sería aceptada por los grupos que tienen interés en la conservación de los alcornocales, si por causa de mejorar la eficiencia económica tuviera que admitirse una probabilidad alta de incendio catastrófico. En otras palabras, el Plan INFOCA actúa como si un incendio catastrófico produjera una irreversibilidad, y en esta circunstancia el criterio que cuenta es si el coste de evitar el daño del incendio puede ser aceptado por la sociedad. En el caso de percibirse una irreversibilidad, es el principio de precaución quien rige la política pública anti-incendio.

El objetivo de este trabajo es presentar los resultados económicos anuales del Plan INFOCA normalizados en un sistema de cuentas acordes con la teoría económica de la renta nacional. Se considera lo más adecuado presentar los resultados de un solo año simulando que se ha alcanzado una situación estable en el nivel de gasto público y de los precios futuros.

En el desarrollo que sigue se identifican y clasifican las producciones y los costes derivados del gasto público del Plan INFOCA en el año 2002 desde la perspectiva de la contabilidad nacional, se estiman las rentas comerciales directas generadas por el Plan INFOCA, se aporta el umbral mínimo en el valor del daño evitado que haría económicamente rentable el Plan INFOCA y, finalmente, se discute si la estrategia del plan INFOCA centrada en la extinción podría reorientarse en favor de medidas de intervención directa de mayor gasto público en trabajos de prevención en el alcornocal.

Metodología

El análisis económico de los efectos directos del gasto público del Plan INFOCA en la renta total social del PNA requiere el empleo de un sistema de cuentas económicas agroforestales (CAF) territoriales normalizadas que permita presentar la información de un modo claro, objetivo y comparable con los agregados de la contabilidad nacional (Campos 1999, 2002).

Los conceptos de producción y coste comerciales seguidos en este trabajo son los descritos en el *European System of Accounts -ESA 95-* (Commission 1996). Para llegar a medir la renta total social sustentable (RTS) generada durante un periodo en un territorio hace falta sumar al valor añadido neto total (VAN) el valor de las ganancias de capital (GC) ocurridas durante el ejercicio contable en el territorio.

La ausencia de una contabilidad nacional normalizada que contemple ambos componentes de la RTS ha obligado a seguir la metodología del sistema CAF desarrollada para integrar los valores comerciales y ambientales en condiciones homogéneas con los criterios de la contabilidad nacional, pero ampliándolos a los valores ambientales y a la cuenta de balance de capital (Campos 1999, Campos y

otros 2001, Caparrós y otros 2003). La aplicación de este sistema al Plan INFOCA distingue dos cuentas: la de producción y la de capital fijo.

El Plan INFOCA contribuye a la economía del PNA a través de la cuenta de producción mediante cuatro actividades (prevención, vigilancia, extinción y servicio sanitario) que incurren en un coste total directo de la administración ambiental (AA). El coste total (CT) de cualquier actividad del Plan INFOCA es desagregado en consumo intermedio (CI) de materias primas (MP) y servicios (SS), mano de obra asalariada (MO) y consumo de capital fijo (CCF)[5]. La producción total (PT) generada es clasificada en producción intermedia (PI) y producción final (PF). Las empresas contratadas con el gasto público perciben un margen neto de explotación en concepto de la remuneración de los servicios de sus capitales invertidos, pero no se admite un margen para el caso en el que la AA realiza por sí misma la actividad (*tabla 2*).

Por haberse asumido que los precios y el volumen de inversión se mantienen sin variación, además de ausencia de destrucciones catastróficas, las ganancias de capital de las cuatro actividades del Plan INFOCA son nulas (*tablas 2 y 3*).

Las restantes actividades económicas (RAs) realizadas en el PNA, que son todas excepto las cuatro señaladas del Plan INFOCA, tienen, a consecuencia de este último, como coste total adicional imputable el consumo intermedio de servicios internos y la suma agregada anual de las amortizaciones históricas de las rozas de matorral pendientes de amortizar[6]. Este coste total adicional –equivalente a la producción total de las cuatro actividades del Plan INFOCA- es el responsable de evitar las pérdidas de renta adicionales que se producirían en las RAs del PNA en su ausencia. Por tanto, puede atribuirse al Plan INFOCA la generación en las RAs del PNA de una producción total adicional, un margen neto adicional[7] y una ganancia de capital adicional. La suma de estas dos últimas rentas es la renta de capital total adicional de las RAs generada por el Plan INFOCA. En otras palabras, esta última renta adicional ofrece el daño evitado por el Plan INFOCA.

La renta total social adicional que en todo el PNA produce el Plan INFOCA resulta de agregar el valor añadido neto de las actividades del Plan INFOCA y la renta de capital adicional que se originan en las RAs debido al Plan INFOCA. Todos los valores son conocidos a excepción de la producción total (PTra) y la ganancia de capital (GCra) adicionales ganadas por todas las restantes actividades (RAs) llevadas a cabo en el PNA.

Los beneficiarios de la renta total social adicional del PNA que se genera con origen en el Plan INFOCA son los propietarios privados de la tierra, los visitantes públicos, y los usuarios pasivos por el bienestar que les genera la conservación del hábitat de los alcornocales y las otras funciones ambientales cuyos consumidores no pueden ser identificados. Estos usuarios pasivos pueden ser agrupados bajo la denominación de 'el conjunto de la sociedad'.

---

[5] Se asume que los bienes de capital fijo producidos por cuenta propia tiene un valor de consumo de capital nulo, a excepción de las rozas de matorral, por considerarse que las inversiones en infraestructuras de la administración ambiental son permanentes ya que tienen un mantenimiento adecuado.

[6] Se asume que toda la amortización histórica procedente de las rozas preventivas de matorral de años anteriores al 2002 es valorada a coste de reposición, igualándose así los valores de la amortización histórica y la inversión del año 2002.

[7] Se asume que el Plan INFOCA no induce costes privados adicionales en las restantes actividades del PNA, es decir, en el caso de suprimirse el Plan INFOCA no se reducirían los costes actuales privados de las RAs.

Tabla 2 – *Cuenta de producción del plan INFOCA en el PNA. Año 2002. (€ ha^{-1} de SAM[1])*

Clase	Prevención (1)	Vigilancia (2)	Extinción (3)	Servicio sanitario (4)	INFOCA (5=1+2+3+4)	Efecto adicional en restantes actividades (6)	Efecto total adicional (7=5+6)
1 Producción total adicional (PT)	7,09	3,10	25,07	0,30	35,56	PTra	PTra+35,56
1.1 Producción intermedia (PI)	0,00	3,10	25,07	0,30	28,47	PIra	PIra+28,47
1.2 Producción final (PF)	7,09	0,00	0,00	0,00	7,09	PFra	PFra+7,09
2 Coste total (CT)	7,00	3,02	24,80	0,29	35,11	35,56	70,67
2.1 Consumo intermedio (CI)	0,87	0,24	4,71	0,06	5,88	28,47	34,35
2.1.1 Materias primas (MP)	0,06	0,00	0,77	0,01	0,84	0,00	0,84
2.1.2 Servicios (SS)	0,81	0,24	3,94	0,05	5,04	28,47	33,51
Servicios externos (SSe)	0,81	0,24	3,94	0,05	5,04		5,04
Servicios internos (SSi)						28,47	28,47
2.2 Consumo de capital fijo (CCF)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,09	7,09
2.3 Mano de obra (MO)	6,13	2,78	20,09	0,23	29,23	0,00	29,23
3 Margen neto de explotación (MNE = PT – CT)	0,09	0,08	0,27	0,01	0,45	PTra–35,56	PTra–35,11
4. Valor añadido neto (VAN = MO + MNE)	6,22	2,86	20,36	0,24	29,68	PTra–35,56	PTra–5,88
5 Ganancias de capital (GC)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	GCra	GCra
6 Renta de capital adicional (RC = GC + MNE)	0,09	0,08	0,27	0,01	0,45	PTra+GCra–35,56	PTra+GCra–35,11
7 Renta total social adicional (RTS = MO + RC)	6,22	2,86	20,36	0,24	29,68	PTra+GCra–35,56	PTra+GCra–5,88

[1]SAM: superficie arbolada y de matorral del Parque Natural de los Alcornocales (134.490 ha)

Fuente: Elaboración propia sobre la base de los datos suministrados por EGMASA, FAASA, CMA y técnicos del Centro de Defensa Forestal de Alcalá de los Gazules (CEDEFO Alcalá)

Tabla 3 – *Balance de capital fijo del Plan INFOCA en el PNA. Año 2002. (€ ha^{-1} de SAM[1])*

Clase	Puntos agua	Edificios y torres	Rozas de matorral	Vehículos extinción	Equipos de comunicación	Total
Capital fijo inicial (CFi)	0,32	18,70	31,25	3,49	0,77	54,43
Inversión interna (CFii)			7,09			7,09
Inversión externa (CFie)						
Salida capital fijo (CFs)						
Capital fijo final (CFf)	0,32	18,70	31,25	3,49	0,77	54,43
Revalorización (CFr)[2]	0,00	0,00	-7,09	0,00	0,00	-7,09

[1]SAM: superficie arbolada y de matorral del Parque Natural de los Alcornocales (134.490 ha)
[2]CFr = CFf + CFs – CFi – CFii – CFie.

Fuente: Elaboración propia sobre la base de los datos suministrados por EGMASA, FAASA y CMA.

Es así como los efectos del gasto público del Plan INFOCA se manifiestan, por una parte, en la generación de las rentas directas de mano de obra y márgenes netos de explotación de las empresas encargadas de realizar los trabajos; y, por otra parte, en las rentas de las restantes producciones del PNA[8].

A los efectos de señalar la importancia del consumo de servicios ambientales en el Parque se aportan los resultados inéditos procedentes de dos encuestas de valoración contingente realizadas a los propietarios privados particulares y a los visitantes recreativos de libre acceso.

La disponibilidad a pagar (DAP) por los servicios ambientales autoconsumidos por los propietarios privados se 'recauda' en su totalidad en el mercado vía pago de su valor capital cuando se efectúa la compra-venta de la finca (Campos 2003). La comparación del valor de los servicios ambientales declarado por los visitantes del PNA con el gasto público requiere conocer qué parte del excedente del consumidor declarado podría recaudarse en un hipotético caso de implantarse el cobro por la visita recreativa y el fondo de conservación del hábitat (Caparrós y Campos 2002).

El valor ambiental de los usuarios pasivos del PNA, conocido como valor de conservación de 'la sociedad en su conjunto', no es conocido en la actualidad.

Resultados económicos del Plan INFOCA

La información analizada del gasto público en la lucha contra los incendios en el PNA ha requerido de los autores un costoso trabajo de búsqueda por diversas dependencias de la administración ambiental andaluza y en las empresas ejecutoras de los trabajos del Plan INFOCA en el PNA. Los ámbitos de actuación de la administración pública y de dichas empresas supera habitualmente la superficie del PNA. En algunos casos, como el de la empresa Fumigación Aérea Andaluza S.A. (FAASA), el gasto se realiza a escala de toda Andalucía siendo estimada la atribución del coste que corresponde al PNA siguiendo un criterio de reparto teniendo en cuenta las superficies arboladas y de matorral (SAM). Se ha asumido que todo el gasto del

[8] Como ninguno de los tres grupos de beneficiarios mencionados del gasto público del Plan INFOCA interioriza el pago en forma de consumo intermedio de la producción intermedia de servicios, sus respectivas rentas de capital apropiadas se encuentran sobrevaloradas por una cuantía igual al valor de la producción intermedia de servicios del gasto público del Plan INFOCA.

Centro Operativo Provincial de Cádiz corresponde al PNA por ser su área de actuación principal[9].

En el Plan INFOCA intervienen agentes tanto de la administración pública como del sector privado. El principal organismo es la Consejería de Medio Ambiente (CMA) de la Junta de Andalucía, que, a través de los Centros Operativos Provinciales (COP), coordina las actividades del Plan INFOCA. En el caso del PNA, el COP que más le afecta se localiza en la ciudad de Cádiz. La dotación de personal del COP está compuesta por el Director y Subdirector del Plan INFOCA en Cádiz, los técnicos de extinción y otros técnicos especializados. Dependiendo directamente de la CMA está la Empresa de Gestión Medio Ambiental S.A. (EGMASA) que realiza la contratación y la gestión de los medios humanos del Plan INFOCA y la contratación de vehículos para el transporte de dichos medios humanos. Los medios aéreos son contratados directamente por la CMA, siendo FAASA la empresa privada contratada.

La *tabla 4* presenta el número medio de hectáreas de superficies arboladas y desarboladas quemadas en dos periodos: el periodo 1980-1992 en el que se quemó de media anual el 0,62 por ciento de la superficie arbolada del PNA; y el periodo del Plan INFOCA (1993-2002) en el que se quemó una media anual del 0,40 por ciento de superficie arbolada. Desde su vigencia, el Plan INFOCA ha supuesto una reducción del 35 por ciento en el número medio de hectáreas arboladas quemadas al año.

Tabla 4 – *Superficies arboladas y desarbolada medias quemadas en el PNA en los periodos 1980 – 1992 y 1993 – 2002. (ha)*

Periodo	Superficie arbolada	Superficie desarbolada	Total superficie forestal
1980-1992	593,40	662,34	1.255,74
1993-2002	383,16	276,99	660,15

Fuente: Elaboración propia sobre las base de los datos suministrados por el Centro Operativo Provincial de Cádiz

La producción total de las cuatro actividades del Plan INFOCA se debe en un 80 por ciento a la producción intermedia de servicios, contribuyendo la producción final de inversión interna con el restante 20 por ciento de la producción directa del Plan INFOCA. El coste total directo de dichas actividades procede en un 83 por ciento del coste de mano de obra y en un 17 por ciento del consumo intermedio (*tabla 2*).

La *tabla 2* permite estimar los 29,68 € ha^{-1} de SAM de valor añadido neto directo del Plan INFOCA en el PNA en el año 2002. Este resultado muestra que la renta directa generada se destina casi en su totalidad a financiar el coste de la mano de obra.

Tiene interés para la evaluación del Plan INFOCA conocer el umbral mínimo de la renta de capital social adicional que han de generar el conjunto las restantes actividades del PNA para que el gasto público en la lucha contra los incendios alcance una determinada tasa exigida de rentabilidad social. En el caso hipotético,

[9] Es más o menos discutible cualquier criterio subjetivo que se adopte para el reparto del gasto del Plan INFOCA. Por una parte podría pensarse que en ausencia de la superficie poblada de árboles forestales el Plan INFOCA no existiría, o en todo caso sería marginal el gasto público en la lucha contra los incendios de matorrales. También puede argumentarse que es la presencia de los matorrales arbolados y desarbolados la causa última de que prosperen los conatos de incendios en incendios catastróficos.

poco probable, en el que la administración ambiental considerara un objetivo del Plan INFOCA que su inversión anual alcanzara una tasa de rentabilidad social real del 2,5 por ciento (Pearce y Ulph 1995), entonces ¿cuál es el valor mínimo de la renta de capital adicional –valor mínimo del daño evitado- que han de ofrecer las RAs para que se alcance una rentabilidad social del 2,5 por ciento en el año 2002? El capital inmovilizado (CIN[10]) del Plan INFOCA suma 72 € ha^{-1} en el PNA. Para que esta inversión anual alcance una tasa de rentabilidad social real del 2,5 por ciento, la renta de capital adicional (RCa) ganada con dicha inversión ha de alcanzar un valor anual mínimo de 1,8 € ha^{-1} de SAM. Es decir, la producción total y las ganancias de capital mínimas adicionales que deben obtener con el Plan INFOCA los propietarios de la tierra, los visitantes y la sociedad en su conjunto deben alcanzar la suma anual de 36,91 € ha^{-1} de SAM:

$$RC = (0{,}45 - 28{,}47 - 7{,}09)\ € \cdot ha^{-1} + PTra + GCra \geq 1{,}8\ € \cdot ha^{-1},$$

$$RC = PTra + GCra - 35{,}11 \geq 1{,}8\ € \cdot ha^{-1},$$

$$PTra + GCra \geq 36{,}91\ € \cdot ha^{-1} \text{de SAM.}$$

La renta total social adicional (RTSa) generada por el Plan INFOCA no ha sido medida en este trabajo. La identidad que permitiría la estimación de la RTSa del Plan INFOCA en el PNA es la siguiente (*tabla 2*):

$$RTS = PTra + GCra - 5{,}88.$$

Sería preciso valorar la ganancia adicional anual de valores comerciales y ambientales en el PNA denotados por PTra y GCra para disponer de una cuantificación concreta de la renta ganada o el daño evitado por el Plan INFOCA. Pero ello requiere conocer el nivel de renta total social que sería alcanzado en ausencia del Plan INFOCA, situación que sólo podría tener actualmente una estimación hipotética.

Discusión

Si se acepta la hipótesis de la percepción del daño del incendio catastrófico como irreversible, no tiene entonces prioridad valorar la renta adicional ganada sino cual es el gasto público necesario para evitar el daño, siempre que este gasto no alcance una cuantía considerada elevada por la sociedad. En ausencia de valoración del daño evitado por el Plan INFOCA se aportan unas cifras provisionales del valor de las rentas de los servicios ambientales consumidos por los propietarios y los visitantes públicos del PNA, que podrían perderse en gran medida por la ocurrencia reiterada de incendios catastróficos.

En lo referido a los servicios ambientales privados, la renta ambiental autoconsumida por los propietarios privados particulares puede haber alcanzado en el año 2002 un valor medio de 208 € ha^{-1} $año^{-1}$ (Campos 2003). Un valor actual notablemente menor al declarado por los propietarios alcanzan los servicios ambientales públicos manifestados por los todavía escasos visitantes actuales del PNA. Estos últimos declaran una disponibilidad a pagar (DAP) estimada por la mediana (media) de 22,2 € por el disfrute que les proporciona una visita al PNA y están dispuestos a contribuir a un fondo para la conservación del PNA con una

[10] El capital inmovilizado refleja el valor medio del capital que durante todo el año 2002 ha estado dedicado al plan INFOCA. La identidad empleada para su estimación es: CIN = CFi + 0.5 CTd.

cuantía anual de 13,8 € por visitante medio (Campos y otros 2003). Aceptando que la mediana (media) de la DAP sólo la pagarían la mitad de los visitantes –el PNA se ha estimado que recibe 0,47 visitas por hectárea de superficie total en el año 2002–, la implantación de un pago obligatorio por el consumo de los servicios ambientales de los visitantes alcanzarían la suma de 11,82 € ha^{-1} $año^{-1}$ (Campos y otros 2003). El valor agregado alcanzado por las rentas de capital de ambas clases de servicios ambientales suman 219,82 € ha^{-1} en el PNA, por ello puede admitirse que existen indicios de que el valor del daño económico evitado por el Plan INFOCA en el PNA alcanza un valor relevante, sin que se sepa si llega a superar el umbral de 36,91 € ha^{-1} de rentabilidad social del 2,5 por ciento.

Si los propietarios privados se hicieran cargo del gasto público en el Plan INFOCA, para mantener las bajas tasas actuales de riesgo de incendio catastrófico, el margen neto de explotación privado disminuiría en la cuantía actual del gasto público del Plan INFOCA. No parece probable que está sea la predisposición de los propietarios, ni quizás lo deseable por la sociedad ante la relevante presencia de servicios ambientales públicos. Es posible que sólo un gasto público adecuado como el actual puede seguir garantizando una probabilidad próxima a cero de un incendio catastrófico en el PNA. Aunque es discutible si la distribución del gasto seguida en el periodo de vigencia del Plan INFOCA ha sido la apropiada, ya que se ha centrado en estar presente en el lugar del incendio en el menor tiempo posible, tal y como refleja en 2002 el reducido gasto relativo en prevención del Plan INFOCA en el PNA, representando un coste del 20 por ciento frente al 70 por ciento que representa la actividad de extinción (*tabla 2*).

Conclusión

La lucha contra la extinción de los incendios forestales en el PNA tiene al gasto público como su principal protagonista. La administración pública ha venido delegando en los propietarios privados del PNA la ejecución de las medidas preventivas, y no parece que las subvenciones para los tratamientos preventivos hayan alcanzado suficiente relevancia.

Se ha presentado una medición del efecto económico directo del gasto público en la lucha contra los incendios en el PNA. Los resultados sugieren que la administración pública ha alcanzado un significativo éxito con el Plan INFOCA si este último es medido por la reducción de hectáreas quemadas en el último decenio.

La filosofía del Plan INFOCA sigue la estrategia de apagar los incendios mediante la dotación de recursos económicos suficientes a tal fin, pero sin someterse a criterios de eficiencia económica. Esta estrategia parece sustentarse en la opinión pública, que se muestra benevolente con el gasto público destinado a la protección de un recurso natural o ambiental.

Agradecimientos

El estudio del gasto público del Plan INFOCA ha sido financiado por el proyecto de investigación del V Programa Marco de la Unión Europea *Tools for evaluating investment in the Mediterranean mountain areas-An integrated framework for sustainable development* (MEDMONT) (QLRT-1999-31031). La encuesta de valoración contingente a los propietarios ha sido financiada por el proyecto del Plan Nacional I+D del MCYT *Economía y Selvicultura del Alcornocal* (ECOSEAL) (AGL2000-0936-C02-02). La encuesta de valoración contingente a los visitantes recreativos de libre acceso del PNA ha contado con la financiación de la *Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía*. Son numerosas las personas y empresas que de forma desinteresada han suministrando información para hacer posible este trabajo. Algunas, como José Antonio González Gutiérrez (Subdirector del Plan INFOCA en la provincia de Cádiz) y Felipe Oliveros Pruaño (Director-Conservador del Parque Natural de Los Alcornocales), han contribuido a mejorar este trabajo con sus opiniones lo largo de la realización de este estudio. El reconocimiento de los autores a las personas e instituciones citadas no implica responsabilidad alguna para ellas sobre los datos presentados y las valoraciones vertidas en este trabajo, cuyas limitaciones o insuficiencias son de la exclusiva responsabilidad de los autores.

Referencias

Campos, P., 1999. **Hacia la medición de la renta de bienestar del uso múltiple de un bosque.** Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales, Vol. 8(2): 407-422.

Campos, P.; Rodríguez, Y.; y Caparrós, A., 2001. **Towards the Dehesa total income accounting: theory and operative Monfragüe study cases.** Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales, número fuera de serie, 1: 45-69.

Campos, P., 2002. **Economía del uso múltiple del bosque: Montes Propios de Jerez de la Frontera (1991-1993).** Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros, Volumen 195: 147 – 186.

Campos, P., 2003. **Autoconsumo de servicios ambientales privados en el Parque Natural de los Alcornocales.** Informe provisional. IEG-CSIC. Documento de trabajo interno.

Campos, P., Caparrós, A. y Oviedo, J.L., 2003. **Uso recreativo y de conservación en el Parque Natural de los Alcornocales. Informe provisional.** Convenio Instituto de Economía y Geografía del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. Documento de trabajo interno.

Caparrós, A. y Campos, P., 2002. **Valoración de los usos recreativo y paisajístico en los pinares de la sierra de Guadarrama.** Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros, 195: 121-146.

Caparrós, A., Campos, P. y Montero, G., 2003. **An Operative Framework for Total Hicksian Income Measurement: Application to a Multiple Use Forest.** Environmental and Resource Economics, 26: 173-198.

Commission of the European Communities, 1996. **European system of accounts (ESA 95).** Eurostat, Luxemburgo.

Pearce, D. y Ulph, D. (1995) **A social discount rate for the United Kingdom**. CSERGE. Working Paper GEC 95-01, Norwich.

Fuego en la Maquia Mediterránea: un Caso Práctico en el Suroeste de Cerdeña (ITALIA)[1]

Ignazio Camarda, Giuseppe Brundu, Vincenzo Satta[2]

Introducción

La vegetación mediterránea se ha estudiado de un modo global (Di Castri, Goodall, Specht, 1981) en relación con los problemas de monitoreo (White, 1985). En el marco de Medalus, se han realizado varios estudios de la vegetación en relación con los procesos de degradación y de desertización relacionados con la actividad humana. En la zona de Santa Lucía las obras de Arrigoni (1968), Camarda et al. (1993, 1995) y Camarda & Satta (1995) proporcionan una visión general del entorno del terreno de Is Olias Santa Lucia.

En la cuenca mediterránea, la maquia, junto con otras comunidades relacionadas con la degradación de la misma, (garriga, phyrgana, batha), es uno de los tipos de vegetación más comunes. Existen distintas versiones dependiendo del clima, de las especies botánicas que entren en su composición, de su historia y de las actividades humanas, del exceso de pastoreo y los incidentes catastróficos como los incendios, en los que las causas naturales y la actividad humana están claramente interrelacionados.

La flora y la vegetación son las primeras que se ven afectadas por los procesos de degradación y desertización. La disminución de la producción primaria y los cambios en la composición florística son a veces los signos más fácilmente detectables en el paisaje.

El terreno de campo de Santa Lucia

En el área de Santa Lucia, una parte considerable del monitoreo de las parcelas experimentales se ocupaba de la evolución de la vegetación en distintas situaciones medioambientales. Estas parcelas son representativas de suelo agrícola abandonado, suelo quemado y suelo reforestado con eucaliptos, tanto en Cerdeña como en la cuenca mediterránea. Se han realizado relevamientos o relevés de la vegetación en los terrenos y en zonas próximas. Presentamos aquí los análisis realizados, así como las consideraciones que se desprenden de los mismos.

---

[1] Una versión abreviada de este póster se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación, y economía de los programas contra los incendios forestales: una visión global, 19–22, 2004, Córdoba, España.

[2] Dipartimento di Botanica ed Ecologia vegetale, Via Muroni 25 - University of Sassari, Italy. Email: camarda@uniss.it.

Maquia mediterránea quemada

La maquia mediterránea es un ecosistema forestal compuesto principalmente de esclerófilas fanerófitas siempreverdes que se han desarrollado en matas debido a los incendios recurrentes, al recorte y a la influencia de los animales domésticos que se alimentan de ellas. Se trata así de un ecosistema de origen secundario que se rejuvenece cíclicamente y con una biodiversidad, formas biológicas y fenología de las distintas especies de gran complejidad. En Is Olias, concretamente, la maquia es termoxerófila y se caracteriza por la fuerte presencia de la *Ceratonia siliqua,* cuya diseminación depende también del hecho que de que esta especie se cultivaba antiguamente en los alrededores.

Tabla 1--*Relevamiento de la vegetación espontánea tras incendio*

Superficie de relevamiento: 80 m^2
Cubierta total: 100%
Recubrimiento del estrato arbustivo alto: 45%
Altura media: 2 m (1. 6-3. 10 m)

Composición:	
Ceralonia siliqua	2
Quercus ilex	2
Arbutus unedo	*1*
Phillyrea latifolia	2
Lavatera olbia	+
Pistacia lentiscus	*1*
Rhammis alaternus	+

Recubrimiento del estrato arbustivo bajo: 55%
Altura media: 1.6 m (1.4-1.8 m)

Cistus monspeliensis	3
Cistus incanus	3
Euphorbia dendroides	+
Smilax aspera	+
Asparagus acutifolius	+
Pistacia lentiscus (pl.)	+

Recubrimiento del estrato herbáceo: 10%

Pipthatherum miliaceum	*1*
Trifolium sp. pl.	+
Medicago sp. pl.	+

El relevamiento de la tabla 1 muestra que tras el incendio de 1991, la cubierta del suelo ha sido totalmente restaurada por la vegetación natural en seis años. La destrucción total por el fuego de esa parte de las plantas leñosas por encima del suelo, aunque por una parte expone el suelo a la erosión y mineraliza la materia orgánica en la capa vegetal, por otra parte promueve el crecimiento de la cubierta herbácea compuesta de muchas especies distintas.

La maquia mediterránea existente antes del incendio, que consistía en la *Pistacia lentiscus,* el *Arbutus unedo,* la *Ceratonia siliqua,* el *Quercus ilex,* la *Erica arborea,* la *Calycotome villosa,* el *Cistus monspeliensis* y el C. *incanus,* se ha demostrado capaz de restablecer las condiciones naturales en el plazo de seis años. Únicamente la *Phillyrea latifiolia* ha sido incapaz de alcanzar la altura que tenía antes del fuego, (165 cm frente a 215 cm). Todas las especies leñosas florecen regularmente y producen una buena cantidad de semillas. Una observación final, en la fitomasa global, el componente herbáceo tiene sólo una presencia marginal.

El proceso evolutivo natural de la vegetación tras el incendio de 1991 puede dividirse en las siguientes fases:

1. Maquia mediterránea evolucionada.

2. Fuego y destrucción de la cubierta de la planta original.

3. Población de plantas herbáceas, principalmente terófitas *(*la *Vulpia sp. pl.,* el *Bromus sp. pl.,* el *Trifolium sp. pl.,* la *Medicago sp. pl.);* el florecimiento del *Asphodelus microcarpus;* la propagación por semilla del *Cistus monspeliensis, C. salvifolius, C. incanus, Euphorbia dendroides;* el desarrollo de matas de esclerófilas siempreverdes.

4. Garriga del *Cistus salvifolius*, *C. monspeliensis* e *C. incanus* y esclerófilas siempreverdes con numerosas especies herbáceas anuales y perennes (*Vulpia* sp. pl., *Bromus* sp. pl., *Trifolium* sp. pl., *Medicago* sp. pl., *Asphodelus microcarpus*, *Carlina corymbosa*, *Dactylis hispanicapanica*, *Orchis* sp.pl., *Foeni lum vulgaris*, *Piptatherum miliaceum*, *Leontodon tuberosus*).

5. Mosaico de garriga y maquia con fuerte descenso de especies herbáceas y *Cistus salvifolius.*

6. Maquia compuesta de esclerófilas siempreverdes, disminuyendo la presencia del *Cistus monspeliensis* y C. *incanus,* y mayor reducción del componente herbáceo. La *Pistacia lentiscus,* el *Quercus ilex,* la *Ceratonia siliqua,* el *Arbutus unedo* y la *Erica arborea* proporcionan la fisonomía de la vegetación, mientras que las especies estrictamente heliófitas tienen una presencia menor.

El proceso de renovación en Is Olias, sin embargo, no ha avanzado al mismo ritmo en todas partes y la zona en conjunto parece un mosaico en el que, según la microtopografía, dominan especies distintas. Concretamente, y entre las plantas que se reproducen por semilla, la *Calicotome villosa* ha demostrado ser la especie más activa tanto en lo que se refiere a la difusión como a la duración de las formaciones que se desarrollan tras el incendio. La vegetación en la zona quemada (ladera 2) ha tardado seis años en recuperar su estado inicial, mucho menos que la ladera 1 sobre suelo abandonado, y en línea con lo que sucede en muchas otras zonas cubiertas con maquia mediterránea en fase climax de esclerófilas siempreverdes que se han quemado.

Conclusiones

Tras un incendio, una parte esencial de la cubierta y protección del suelo la realizan plantas herbáceas anuales y perennes, como el *Cistus* sp.pl. y por

último por el desarrollo de brotes de esclerófilas siempreverdes.

En muchas zonas, la promoción del desarrollo de la maquia mediterránea es el modo más efectivo de restaurar la cubierta en un plazo breve, de mantener la biodiversidad y de mantener ciertas actividades económicas (apacentamiento del ganado, crecimiento de setas, caza, apicultura, productos para artesanía, madera para quemar) y de invertir los procesos de desertización.

De las especies totalmente destruidas por el fuego, la *Euphorbia dendroides,* el *Calycolonle villosa,* la *Ruta chalepensis,* el *Helichrysum microphyllum,* el *Phagnalon saxatile* se propagan en mayor medida y más deprisa por semilla, y eso depende esencialmente de la proximidad y la calidad de banco de semillas.

El *Quercus suber* sufre más con la presencia del eucalipto que con el fuego.

Las superficies quemadas pueden restaurarse en un plazo relativamente corto, especialmente sin la perturbación del apacentamiento, que dificulta el desarrollo de matas de las esclerófilas siempreverdes. El pastoreo también puede alterar la composición florística de la vegetación, ya que los animales eligen las especies más apetitosas *(*el *Arbutus unedo,* el *Cistus salvifolius,* la *Phillyrea latifolia* etc.) antes que las tóxicas *(*la *Euphorbia dendroides,* la *Anagyrisfoetida),* las que tienen pinchos *(*la *Calycotome villosa,* la *Genista corsica)* o, aquellas que por lo que sea, tienen menos demanda, (el *Cistus monspeliensis,* la *Phillyrea angustifolia,* el *Rhammis alaternus* etc.)

Referencias

Arrigoni, 1968. Fitoclimatologia delIa Sardegna. Webbia, 23(l): 1-100.

Aru, A., 1985. The soils of Sardinia and their state of conservation. Geoödynarnik, Band 6: 71-84.

Brandt, J. and Thornes, J.13. (Eds.), 1996. Mediterranean desertification and land use, Wiley and Sons, 554 pp.

Bryan, R.B. and Campbell, I.A., 1986. Runoff and sediment discharge in a semi-arid drainage basin. Z.Geomorphol., 58: 121-143.

Camarda, I., Lucchese, R, Pignatti, S., Wikus-Pignatti E., 1993. La flora di PantaleoGutturu Mannu-Punta Maxia nel Sulcis (Sardegna sud-occidentale). Webbia, 47(1), 79-120.

Carnarda, I., Lucchese, R, Pignatti E., Pignatti, S. 1995. La vegetazione di PantaleoGutturu Mannu-Punta Maxia-Monte Arcosu nel Sulcis (Sardegna sud-occidentale). Webba, 49(2):141-177.

Camarda, I. and Satta, V., 1995. Degradation of vegetation and desertification processes in Is Olias (southern Sardinia). In A. Aru, G. Enne and G. Pulina (Eds.), Land use and soil degradation, MEDALUS in Sardinia, Proceedings of the Conference, held in Sassari, Italy, 25 May 194. 201-209.

Cammeraat, L. H., 1993. MEDALUS Field Manual (with contributions from L.H. Cammeraat, S.C. Clark JJ. Collin, A.C. Imeson and J. Melia). University of Bristol, Bristol, 115 pp.

Di Castri, R, Goodall, D.W., Specht, R.L., 1981. Mediterranean type shrublands. Ecosystems of the World 11. Elsevier S.P.C. Amsterdam, Oxford, New York.

FAO, 1976. A framework for land evaluation. Soil Bullettin n. 32, FAO, Rome, 72 pp.

Incoll, L.D., 1997. Report to the third group meeting, Medalus Ill, project 1, April 1997.

Incremento de los Incendios Forestales en Bosques Naturales y Plantaciones Forestales en Chile[1]

Eduardo Peña-Fernández,[2] Luis Valenzuela-Palma[3]

Resumen

Se analizó el problema de incendios forestales que afecta el bosque natural y plantaciones forestales en Chile, caracterizando la ocurrencia y el daño que genera este fenómeno. Para la realización del estudio se utilizó la base de datos que mantiene la Corporación Nacional Forestal. Una vez que se caracterizó el problema de incendios forestales, se discutió sobre los factores que explicarían el incremento de la ocurrencia y la magnitud del daño registrado a la fecha. La información recopilada indica que la ocurrencia de incendios forestales ha incrementado casi en forma exponencial desde la temporada 1973-1974 al presente, este incremento esta estrechamente relacionado con el incremento de la superficie plantada con especies de alta inflamabilidad, el rechazo de la comunidad a este tipo de cultivo, la aplicación de una silvicultura intensiva que deja una alta carga de combustible disponible e introduce al bosque factores de riesgo de incendios y en los últimos años se agrega la interacción ciudad bosque la cual genera numerosos incendios en la interfaz urbano rural. La mayor superficie dañada de vegetación natural se explica porque este recurso no tiene suficiente protección en todo el territorio nacional. Además, una alta proporción de esta vegetación esta en lugares inaccesibles razón por la cual no hay una llegada oportuna al foco y la topografía no permite realizar un combate eficaz, de esta forma muchos de los incendios afectan una gran superficie.

Introducción

En Chile, la ocurrencia de incendios forestales ha experimentado un incremento significativo en los últimos 25 años, llegando a superar los 7500 incendios en la temporada 2002-2003 comparado a menos de 1000 incendios por temporada antes de 1972. Este incremento pareciera aún no alcanzar su punto máximo porque no se observa una declinación del número de incendios a pesar de los esfuerzos realizados por los programas de prevención desarrollados por las empresas privadas y la Corporación Nacional Forestal (CONAF) que es el organismo del estado que por ley se responsabiliza de la prevención y combate de los incendios forestales.

Tradicionalmente la ocurrencia de incendios forestales se concentraba en la zona de clima mediterráneo la cual se extiende desde la Región de Valparaíso hasta la del Bío Bío. Sin embargo, en los últimos años se observa un incremento significativo en las zonas templadas que incluye la IX y X región de Chile. A la mayor ocurrencia de incendios forestales se agrega el hecho que en las últimas temporadas, por una mayor

[1] Una versión abreviada de esta ponencia se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía de los programas de protección contra incendios forestales: una visión global, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Forestales. Victoria 631, Concepción, Chile.

[3] Corporación Nacional Forestal, Región del Bío Bio. Barros 215, Concepción, Chile.

carga de combustible y clima más seco, la intensidad del fuego es mayor y mucho de los incendios llegan a tener características catastróficas, siendo muy difíciles de controlar con consecuencias graves para la población y la seguridad de los combatientes, generando un impacto ambiental más negativo. El mejor ejemplo de ello se presentó en la temporada 1998-1999 cuando en la VIII región se quemaron más de 20000 ha en 5 días, siendo la mayoría de ellas plantaciones *de Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*, dos especies que poseen un follaje muy inflamable (aceites, resinas y ceras).

Sin duda que para cualquier organización de protección contra incendios forestales este incremento de la ocurrencia de incendios forestales debe ser su principal preocupación pero el problema se torna aún más complicado porque en el caso de Chile, al menos el 99 por ciento de los incendios, son originados por las actividades humanas que utilizan el fuego, tal como agricultura y forestería, o la utilización de este elemento en forma descuidada y negligente por el común de la población y por último la acción de pirómanos.

Dado el escenario anterior, en el presente trabajo se caracteriza el problema de incendios en las plantaciones forestales y bosque natural de Chile y se analizan los factores que estarían determinando la dinámica de este fenómeno. La información que se genera sirve para comprender el problema y se puede utilizar para establecer estrategias que permitan reducir la ocurrencia de incendios y minimizar el daño sobre la flora y fauna asociada.

Caracterización del problema de incendios forestales en Chile

Características de los incendios forestales

La acumulación de biomasa y combustible muerto en los bosques naturales y plantaciones, sumado a un ambiente físico y social que favorecen la ocurrencia de incendios forestales da origen a fuegos de características muy especiales, las cuales se resumen a continuación: a) Alta ocurrencia anual, b) Alta intensidad y propagación del fuego, generando incendios incontrolables; c) Incremento de los incendios intencionales; d) Gran ocurrencia de focos satélites; e) Alta frecuencia de incendios en el mismo sitio, en un periodo menor a 12 años, f) Interfaz urbano-rural con alta ocurrencia de incendios; g) Concentración de los incendios forestales desde la VII a la IX Región; y h) Gran impacto económico, social y ambiental

La mayoría de estas características se ajustan perfectamente a los incendios en plantaciones forestales pero en bosques naturales las características principales son el incremento de los incendios en la VIII y IX región, especialmente los intencionales, causando un impacto ambiental mayor por la diversidad de vegetación y fauna y porque estos siniestros ocurren en la alta cordillera donde la accesibilidad y el combate del fuego presenta mayores dificultades. Se debe destacar que los incendios de vegetación natural presentan una menor propagación que los incendios de plantaciones forestales pero pueden causar un gran daño porque algunos de ellos pasan a ser incendios subterráneos que transfieren una gran cantidad de calor al suelo mineral y en otros casos abarcan una gran superficie.

Otro problema importante que enfrentan los programas de protección es la frecuencia con que esta actuando el fuego en las mismas áreas y la alta intensidad que alcanzan. Se suma a esto que un gran número de ellos esta ocurriendo en la interfaz urbano rural, lo que se transforma en una gran amenaza para las ciudades de la VII, VIII y IX región donde es más frecuente que el bosque rodee la ciudad (Peña 1996). Además por la alta carga, la continuidad y homogeneidad del combustible, los incendios de las últimas temporadas muestran un comportamiento bastante catastrófico desde el punto de vista de la intensidad del fuego, de la velocidad de propagación y de la severidad del impacto económico, social y ambiental.

El comportamiento extremo de alta propagación e intensidad y gran ocurrencia de focos satélites hace muy difícil su control y pone en riesgo a la población de los sectores afectados y a los combatientes involucrados en su control. Los incendios con comportamiento extremo debieran hacerse más frecuentes en el futuro por la alta carga y continuidad del combustible en grandes extensiones que caracteriza a las plantaciones, sumándose a esto el cambio global y la mayor interacción con la población humana y sus actividades productivas (Peña 2003).

Incremento de la ocurrencia de incendios

La interacción de las características de las plantaciones, su ambiente físico y el entorno social ha dado origen a una condición de alto riesgo y peligro de incendios forestales, lo que se traduce en una alta ocurrencia anual, que en la última década 1992-2003 superó los 5.600 incendios anuales (figura 1 y tabla 1) y un promedio de más de 50.000 hectáreas quemadas en cada temporada.

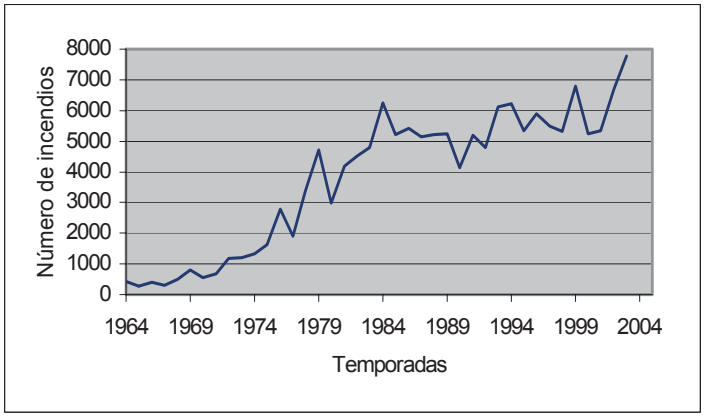


Figura 1— *Número total de incendios por temporada para Chile (cada temporada se extiende desde octubre hasta abril del siguiente año, el valor que se indica para la temporada corresponde al año en que esta terminó)*

Al analizar la ocurrencia de incendios forestales se aprecia que el número de incendios incrementó en forma exponencial desde la temporada 1971-1972 primera temporada en la cual se duplicó la ocurrencia histórica de incendios forestales, hasta alcanzar un máximo de más de 6000 incendios en la temporada 1983-1984. En los años siguientes ocurrió una disminución del número de incendios, tendencia que se revirtió en la temporada 1992-1993 cuando nuevamente se superaron los 6000 siniestros por temporada, desde esa fecha en adelante prácticamente uno de cada dos

temporadas están cercanas o superan los 6000 incendios. Esta tendencia al incremento se mantiene en el tiempo ya que en la temporada 2002-2003 se alcanzó una cifra récord de más de 7500 incendios (figura 1).

No fue posible realizar un análisis de la ocurrencia de incendios por cada tipo de vegetación, porque los registros de incendios que mantiene la CONAF no realizan este tipo de clasificación. La razón es que en cada incendio se queman diferentes tipos de vegetación y no se puede dilucidar si este se inició en bosque natural o en una plantación forestal. Esta información puede ser muy importante porque hasta la fecha hay mayor daño en el bosque natural pero este podría ser causado por unos pocos incendios y tal vez la mayoría de los incendios ocurran en plantaciones pero todos ellos afecten una pequeña superficie.

Los resultados que muestran el incremento de la ocurrencia de incendios en cada temporada permiten además plantear que las campañas de prevención establecidas a la fecha no han tenido un resultado positivo, principalmente porque se invierten pocos recursos en ellas y porque solo se han concentrado en modificar la actitud de las personas pero no se realiza manejo de combustibles como una medida de prevención. Al contrario, se continúa aplicando una política a nivel nacional de no eliminar los desechos de cosecha de bosques naturales o plantaciones con el propósito de dejar el máximo de material orgánico en beneficio de las propiedades químicas y físicas del suelo.

Otro aspecto importante a considerar en el análisis de los incendios forestales es el hecho que la ocurrencia de incendios esta incrementando notoriamente en la VIII y IX región (figura 2) ambas zonas administrativas tienen un clima templado, concentran una importante superficie de plantaciones pero lo más importante es que la IX región tiene una gran superficie cubierta con bosque natural, encontrándose en ella muchas zonas como Parques y Reservas Nacionales. Por lo anterior se considera que los incendios en la IX región tienen un impacto negativo sobre la flora y fauna más severo que cuando el fuego afecta sólo plantaciones forestales.

Los registros llevados por la CONAF indican que en los últimos años la mayor parte de la ocurrencia de incendios forestales se encuentra en la VIII y IX región (figura 2), coincidiendo esto con la distribución de las plantaciones de las cuales al menos el 50 por ciento esta establecido en dichas regiones (INFOR 2001). La explicación a esta concentración de la ocurrencia esta dada porque en estas regiones hay una alta concentración de plantaciones, buena accesibilidad a las áreas plantadas, gran concentración de población humana, el bosque rodea las ciudades y todo esto se conjuga con un clima mediterráneo lo que crea condiciones propicias para que ocurran incendios forestales. Más al norte aún cuando el clima es mediterráneo no existen plantaciones en forma continua y su crecimiento es menor (menos carga de combustible) y al sur de la IX región la temperatura es más baja y el combustible se mantiene con un mayor contenido de humedad.

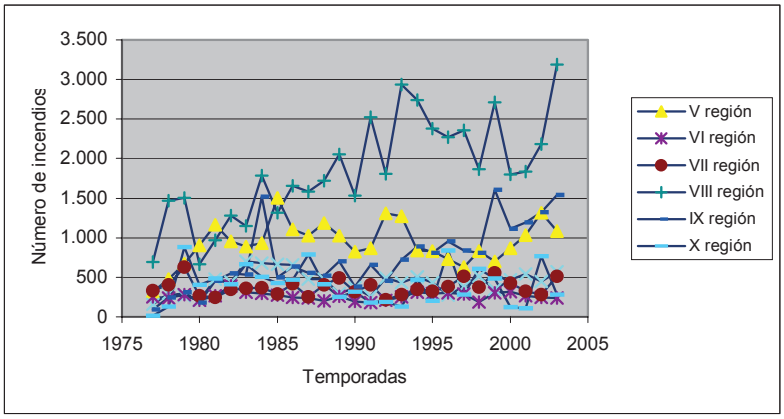


Figura 2— *Incendios por región administrativa de Chile y por temporada (no se incluyen las regiones de baja ocurrencia de incendios forestales)*

Magnitud del daño de los incendios forestales

Al analizar el daño por temporada se observa que este muestra una tendencia a oscilar entre las 40 a 50000 ha pero presenta grandes variaciones entre temporadas (figura 3). Una situación extrema de esta variación se presenta en la temporada 1998-1999 cuando se quemaron más de 100000 ha y dos años después (temporada 2000-2001) la superficie quemada alcanzó el segundo mínimo histórico de 10804 ha. Al respecto, la experiencia indica que un bajo porcentaje de los incendios, por lo general menor al 1 por ciento, derivan a grandes incendios y estos por si solo explican el gran daño acumulado en algunas temporadas, al menos el 67 por ciento (CONAF 2003).

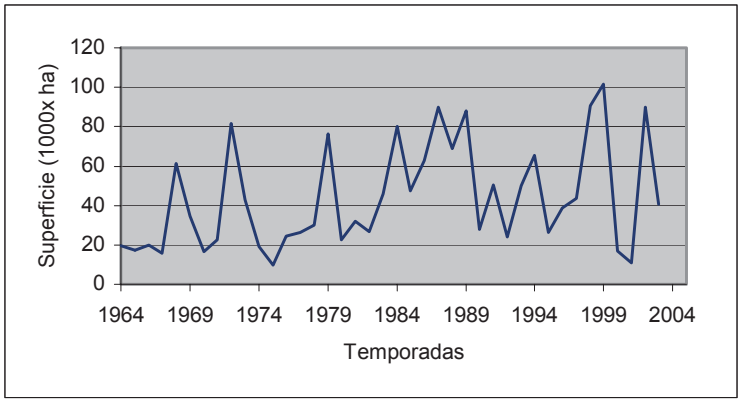


Figura 3— *Superficie total afectada por los incendios forestales por temporada en Chile*

Para que algunos incendios lleguen a dañar grandes superficies se requiere que la ocurrencia del foco coincida con años de sequías y/o días en los cuales se alcanza alta temperatura, baja humedad relativa y vientos que superen 30 km por hora. Las condiciones descritas anteriormente se dan ocasionalmente en Chile, de las 40

temporadas para las cuales existen registros de ocurrencia de incendios forestales, nueve de ellas (25 por ciento aproximadamente) muestran un daño superior a las 60000 ha.

Al comparar la ocurrencia de incendios (figura 1) con el daño por temporada (figura 3) se aprecia que por la alta variabilidad del daño no existe una relación entre el número de incendios y la superficie dañada, esto se puede explicar porque los programas de protección son cada día más eficientes en la detección y combate oportuno de cada foco, por esta razón la superficie promedio afectada por cada incendio es cada vez menor (figura 4). El daño sólo incrementa cuando hay condiciones atmosféricas favorables para una rápida propagación, como es el caso de la presencia de vientos que aceleran la velocidad de propagación y facilitan la formación de focos satélites alejados del frente principal, normalmente a 500 o más metros de distancia. Como la presencia de condiciones favorables para el fuego no es regular en el tiempo, el daño por temporada también presenta grandes variaciones.

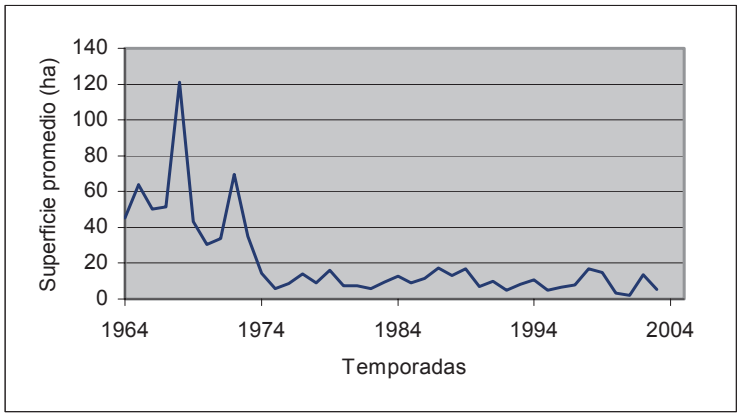


Figura 4— *Superficie promedio afectada por cada incendio forestal*

En la temporada 1973-1974 la superficie promedio dañada por cada incendio forestal se redujo a menos de 15 ha de un promedio superior a las 45 ha en el pasado, desde esa fecha en adelante se ha mantenido en promedio alrededor de las 10 ha (figura 4 y tabla 1). Los resultados de superficie promedio dañada en cada incendio indican que ya no es posible mejorar significativamente en este aspecto, confirmando la necesidad de concentrar los esfuerzos en la prevención de la ocurrencia de incendios. Esta eficiencia en el combate coincide con la época en la cual las empresas forestales asumieron el costo de protección contra incendios forestales (creando sus primeras brigadas de combate) y la CONAF profesionalizó sus brigadas al desechar los voluntarios y contratar personal mejor capacitado para realizar el combate. Simultáneamente se mejoró la infraestructura disponible para los programas de protección contra incendios forestales, especialmente la detección del foco y el combate en el menor tiempo posible.

Tabla 1— *Ocurrencia y daño de incendios forestales en Chile por quinquenio, temporadas 1965-2003*

Quinquenios	Número de incendios	Superficie promedio afectada por quinquenio (ha)	Superficie promedio afectada por incendio (ha)
1963 - 1968	383	26767	70
1968 - 1973	883	39682	45
1973 - 1978	2207	21891	10
1978 - 1983	4239	40679	10
1983 - 1988	5451	69853	13
1988 - 1993	5090	47617	9
1993 - 1998	5653	53269	9
1998 - 2003	6346	52348	8

Fuente: Soto 1995 y CONAF 2003

El análisis de la superficie total dañada desglosada para plantaciones y vegetación natural, muestra que el mayor daño ocurre en la vegetación natural que por si sola recibe más del 80 por ciento del daño. Sin embargo, se debe destacar que la superficie total dañada varia considerablemente pero para el caso del daño en plantaciones este tiende a mantenerse bastante homogéneo a lo largo de todas las temporadas, sólo 7 temporadas de un total de 27 registran un daño superior a las 10000 ha. El daño en la vegetación natural por lo general supera las 20000 ha por temporada pero sólo un tercio de este perjuicio corresponde a arbolados naturales. Aún cuando el daño sufrido por la vegetación natural no se puede asociar a un número determinado de incendios, se asume que es originado por unos pocos siniestros que se transforman en incontrolables por su inaccesibilidad y dificultades para realizar el combate.

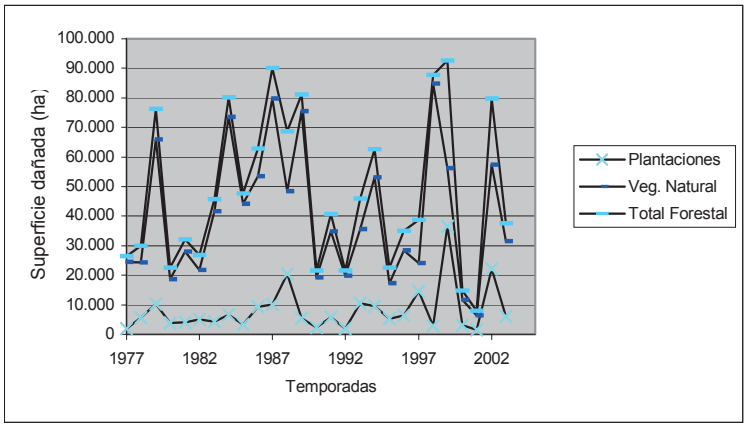


Figura 5— *Superficie total dañada de plantaciones, vegetación natural y total forestal*

La gran diferencia de daño entre la vegetación natural y las plantaciones se explica por el nivel de inversión realizado para proteger cada recurso, la vegetación

natural esta principalmente en manos de la CONAF (organismo del estado) que invierte menos de US$ 1 por hectárea comparado a la alta inversión para proteger las plantaciones realizadas por las empresas privadas que supera los US$ 7 por hectárea. Además, los bosques naturales están dispersos en todo el país y las plantaciones se concentran en la zona centro sur de Chile, facilitando su protección.

Causas de los incendios forestales

La CONAF y las empresas privadas que tienen programas de protección contra incendios forestales mantienen registros de las causas que originan estos siniestros pero en la mayoría de ellos no se ha realizado una investigación acuciosa. En las últimas temporadas, considerando la importancia de las causas en la planificación de la prevención, se han creado brigadas que determinan con mayor rigurosidad las causas que originan cada incendio.

Al mejorar la investigación se ha detectado que muchos de los incendios son de carácter intencional, esto se aprecia fácilmente al comparar las causas de incendios forestales en la VIII región entre la década 1990-2000 con las causas a nivel nacional, para la VIII región se registra un 60 por ciento de intencionalidad en comparación a un 26.2 por ciento a nivel nacional para el registro histórico de todas las temporadas (tabla 2). En los últimos 10 años a nivel nacional también se aprecia un incremento de la intencionalidad pero una buena proporción de este incremento se explica por la alta intencionalidad registrada en la VIII región.

El registro histórico a nivel nacional indica que la principal causa de incendios forestales es tránsito y transporte y en segunda posición se encuentra la causa intencional (tabla 2), tendencia que se revirtió notoriamente en los últimos años pasando la causa intencional a la primera posición. Este es un importante mensaje para las organizaciones de protección porque deben llegar a determinar cual es la motivación de esta intencionalidad y con esta información reestructurar las campañas de prevención de incendios forestales.

Tabla 2— *Distribución de la ocurrencia de incendios forestales en la VIII región y a nivel nacional según causas generales*

Causa de origen	VIII región Temporadas 1990-2000 (Porcentaje)	Nacional Última década 1994-2003	Nacional Temporadas 1977-2003 (Porcentaje)
Faenas forestales	3.7	5.5	8.8
Faenas agropecuarias	2.5	5.1	8.0
Recreación y deportes	1.3	3.4	3.0
Juegos de niños	1.1	5.5	7.8
Tránsito y transporte	19.3	28.3	27.4
Otras actividades	1.1	2.8	2.9
Intencional	60.0	37.1	26.2
Otras causas	1.5	2.1	1.5
Desconocidas	9.5	10.1	14.4
Total	100.0	100.0	100.0

Fuente: Conaf 2003.

Factores que explican el incremento de la ocurrencia de incendios forestales

Incremento de la superficie plantada y características de las plantaciones

Si se compara la curva de ocurrencia de incendios forestales (figura 1) con la curva del incremento de la superficie plantada (figura 6) se aprecia que el incremento de la ocurrencia de incendios esta estrechamente ligada al incremento explosivo de la superficie cubierta con plantaciones que se inicio a contar del año 1975. Anterior a dicha temporada, entre 1965 y 1974, se plantaba en promedio 6000 ha anuales (Lara y Veblen 1993) pero desde ese año en adelante se plantó un promedio superior a las 70000 ha anuales.

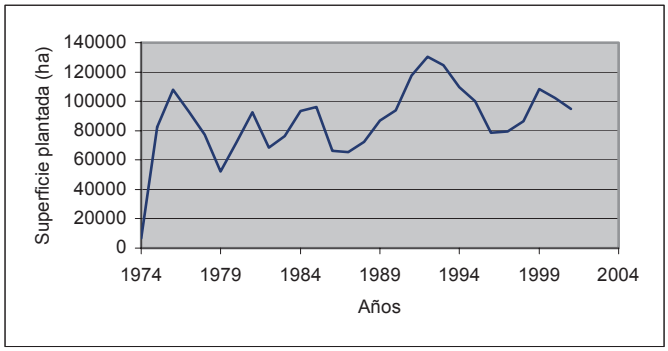


Figura 6— *Superficie plantada anualmente en Chile, temporadas 1970 - 2000*

Las principales características y condiciones de las plantaciones forestales chilenas que podrían directa o indirectamente estar relacionadas con el incremento de la ocurrencia de incendios forestales y con un comportamiento errático (alta intensidad y velocidad de propagación), son listadas a continuación: a) Masas puras (Monocultivos); b) Gran extensión de la superficie plantada; c) Continuidad espacial de las plantaciones; d) Homogeneidad de los cultivos forestales (similar composición, edad y densidad de rodales); d) Rápido crecimiento, alta biomasa y carga de combustible muerto; e) Alta densidad de rodales o sotobosque abundante; f) Follaje inflamable; g) Acumulación y lenta descomposición de los desechos forestales; y h) Ubicación de numerosas plantaciones en la interfaz urbano-rural

Las características y condiciones listadas anteriormente tienen como resultado un cambio drástico de las condiciones naturales previas al cultivo forestal, creando una mayor carga de combustible que en la mayoría de los casos es más susceptible de ser afectado por el fuego y que este tenga un comportamiento errático e impredecible. En este aspecto, la inflamabilidad del *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus* es un factor muy importante a considerar ya que en verano aún cuando el contenido de humedad de las hojas y acículas fluctúa entre un 90 a 135 por ciento (Aliaga 1999, Fernández 2001), estas arden fácilmente por su alto contenido de elementos inflamables y porque el follaje esta permanentemente bajo el contenido de humedad

de extinción del fuego para el follaje verde de especies coníferas y latifoleadas el cual varía entre 160 a 200 por ciento (Chandler y otros 1983).

Las plantaciones forestales acumulan una importante carga de combustible en un periodo de 8 a 12 años que en interacción con un constante incremento de la ocurrencia de incendios, crea una alta susceptibilidad de las plantaciones a ser afectadas por fuegos catastróficos. En dichas condiciones, cualquier incendio que ocurra será de alta intensidad, originándose lo que se conoce como una tormenta de fuego, la cual crea su propio ambiente de temperatura, humedad relativa y vientos, dándole características impredecibles al comportamiento del fuego con todos los efectos que esto tiene sobre la planificación del combate. Bajo las condiciones descritas el incendio se hace incontrolable para las brigadas forestales y solo se detendrá o podrá ser controlado cuando se acabe el combustible o cuando sale del bosque y afecta pastizales o vegetación arbustiva. Por otro lado, para facilitar las faenas de plantación los desechos se arruman o se acumulan en fajas pero cuando estas áreas llegan a arder el fuego tiene una mayor intensidad y un comportamiento más errático, además, se genera una gran cantidad de focos satélites lo que pone en riesgo la vida de los combatientes y dificulta las labores de combate del fuego.

Si lo propuesto anteriormente se cumple, queda muy claro que si en Chile no se reduce significativamente el factor de ocurrencia de incendios forestales, en algunos sectores de mayor riesgo las plantaciones podrían verse afectadas por incendios de características catastróficas cada 12 a 17 años aproximadamente (Peña 1999), aún cuando estudios recientes muestran que la frecuencia del fuego en una misma área puede ser tan corta como 9 a 11 años (Parra 2002), esto es inferior a la edad de rotación que se utiliza actualmente en el país para algunas plantaciones de *Eucalyptus* spp. De acuerdo a lo anterior y en las actuales condiciones de la organización de protección, alta eficiencia en el combate (< 10 ha/incendio, tabla 1), los programas de protección contra incendios forestales deberían poner mayor énfasis en la prevención de la ocurrencia de incendios forestales, especialmente los de tipo catastróficos, y no en el incremento de recursos para el combate ya que en una condición de tormenta de fuego, estos recursos nunca son suficientes.

Silvicultura intensiva

La silvicultura intensiva que se practica en las plantaciones chilenas es un factor que predispone a la acción de los incendios forestales. Esta actividad se caracteriza por trabajar en extensas áreas, con un número reducido de especies y en muchos casos sólo con una especie o género y realizar una serie de tratamientos silvícolas a lo largo de la rotación. Las plantaciones de *Pinus radiata*, *Eucalyptos globulus* y *Pseudotsuga menssiezii* (este último en menor escala) se encuentran bajo manejo intensivo, razón por la cual aumenta la susceptibilidad a la acción del fuego al existir combustible disponible, por la mayor presencia de maquinarias y personas al interior de los rodales.

Las especies indicadas anteriormente se caracterizan por tener gran cantidad de desechos o combustible disponible (ramas, ramillas, corteza, hojas y material en descomposición) y follaje altamente inflamable. Se suma a ello una gran continuidad del combustible (plantaciones) que en algunos casos pueden superar los 20 Km en continuidad. El efecto de la continuidad sobre el comportamiento del fuego se observó en los incendios ocurridos en febrero de 1999 en los alrededores de Concepción donde el combate fue casi imposible de ejecutar por la alta intensidad y

propagación del fuego y ocurrencia de focos satélites. Esta misma zona se había quemado en un incendio de similares características en el año 1988, ambas experiencias indican que durante una tormenta de fuego los cortafuegos, caminos y otras barreras naturales no son de utilidad para detener el avance del fuego ya que se pueden originar focos satélites tan distantes como a 2 kilómetros del foco principal. En ambos casos, la continuidad del combustible favoreció un comportamiento errático del fuego.

Por otro lado, las plantaciones al estar bajo un manejo intensivo con una serie de intervenciones silvícolas tales como control de malezas, podas y raleos las cuales se suman a los desechos de la cosecha, aportando en conjunto una gran cantidad de material seco adicional que contribuye a aumentar la carga de combustible por hectárea, afectando así el peligro de incendio y si ocurre un siniestro la liberación de energía térmica será de gran intensidad lo que se traduce en un mayor daño en la zona afectada. Además del aporte de combustible adicional, la poda deja mucho material acumulado alrededor de los fustes, lo que hace más probable que durante un incendio ocurra más daño al cambium o la mortalidad de árboles que en un rodal sin manejo. A pesar que algunas especies de corteza gruesa muestran cierta resistencia al fuego, como es el caso de *Eucalyptus globulus* que cuando tiene un espesor de corteza mayor a 1 cm los árboles sobreviven y rebrotan profusamente desde yemas que están bajo la corteza (Daroch y otros 2000, Figueroa 1997 y Morales 1998).

Los tratamientos silvícolas pueden incrementar la peligrosidad del combustible en las plantaciones pero también tiene algunos efectos benéficos como es el caso de la poda la cual corta la continuidad entre el combustible superficial y el aéreo, evitando que un incendio superficial se transforme en un incendio de copa o que ocurra coronación de árboles. Los raleos interrumpen la continuidad horizontal del combustible aéreo evitando así la propagación del fuego a través de las copas. Sin embargo, al reducir la densidad de un rodal se libera espacio de crecimiento (agua, energía luminosa y nutrientes) lo que permite un desarrollo vigoroso de sotobosque, aumentando de esta manera el combustible superficial disponible y en muchos casos se puede convertir en el combustible escalera para que el fuego alcance la copa de los árboles podados. Por otro lado, el piso forestal recibe más radiación solar alcanzándose una mayor temperatura, facilitando el secado y aumento de temperatura del combustible lo que permite que la ignición ocurra en menos tiempo (Chandler y otros 1983).

El desecho creado por las intervenciones silvícolas afecta también la efectividad de las faenas de control de incendios al influir directamente sobre la resistencia al control porque los incendios son de mayor intensidad y se generan focos satélites. De acuerdo a lo expresado por los responsables de los Programa de Protección de las empresas privadas, en los últimos años al no usar quemas para eliminar los desechos forestales, éstos al quemarse han tenido una gran influencia en un aumento de los daño. También, se indica que incluso en aquellos sectores donde se dejó el combustible en fajas, como una forma de minimizar el problema de incendios, la resistencia al control es mayor que en los sectores que tradicionalmente se trataron con quemas prescritas.

En el bosque natural, como resultado de la aplicación de raleos y/o cortas selectivas, también se observa un incremento de susceptibilidad a se afectados por incendios forestales. Las intervenciones realizadas en este tipo de vegetación están destinadas principalmente a la producción de combustibles, cosecha árboles de diámetros pequeños, dejando una gran cantidad de desechos y por el mayor ingreso de radiación solar se facilita la ignición y

propagación del fuego. Este efecto ha sido observado hasta en el bosque tropical húmedo de Brasil que tiene una baja susceptibilidad al fuego pero una vez que se interviene, al quedar combustible muerto y recibir más radiación solar, este tipo de vegetación es afectada por incendios con mayor facilidad que en condiciones naturales (Uhl y otros 1988).

Entorno físico de las plantaciones y del bosque natural

El bosque natural tiene una escasa presencia de habitantes pero durante la época estival, las actividades de recreación incrementan significativamente la presencia de seres humanos en las áreas boscosas incrementando el riesgo de ocurrencia de incendios forestales. Aún cuando la CONAF no tiene registros, se estima que esta ocurrencia es menor que la de las plantaciones pero por las dificultades de arribo y combate el daño es mayor.

Las plantaciones forestales chilenas, en una gran mayoría, se encuentran en un entorno físico que las hace altamente susceptibles de ser afectadas por el fuego y cuando estos ocurren inducen un comportamiento errático. Las principales características son su ubicación en terrenos con topografía accidentada, localización en una zona con clima mediterráneo, ubicación alrededor de las ciudades y en los últimos años se agrega el fenómeno del cambio global que incrementa la temperatura ambiente y altera los patrones de precipitación, que en muchas regiones pueden crear una condición favorable para la ocurrencia de incendios forestales (Peña 1993 y Woodward et al. 1991). También en forma cíclica se presentan los fenómenos de la Niña y el Niño pero no existe una estrecha relación con la ocurrencia de incendios forestales o un mayor daño de estos (tabla 3). Para encontrar una mejor explicación del daño, se están recopilando antecedentes para determinar si este se relaciona con los episodios de viento Puelche, que es un viento tibio y seco que procede desde la Cordillera de Los Andes.

En la década del 70, en Chile se inició el establecimiento masivo de plantaciones forestales para recuperar terrenos degradados por la actividad agropecuaria y por la tala y quema de la vegetación natural de la Cordillera de la Costa y Los Andes de la VI a la IX región. Estos terrenos, o al menos aquellos más degradados, se encontraban ubicados principalmente en la cordillera de la costa, caracterizándose por su topografía accidentada, condición que favorece la acción del fuego al tener quebradas y cañones que actúan como verdaderas chimeneas, incrementando la fuerza de la columna de convección y la propagación del fuego. Las condiciones descritas anteriormente incrementan la probabilidad de tener incendios muy difíciles de controlar y dificulta las faenas de combate al presentarse una gran resistencia al control y crea condiciones favorables para la ocurrencia de accidentes fatales durante el combate.

La mayor concentración de plantaciones, al menos un 58 por ciento del total plantado en Chile se encuentra localizado en la VII y VIII región (INFOR 2001), siendo la VIII región la última región hacia el sur que presenta clima mediterráneo, la IX región en parte de su territorio tiene clima mediterráneo pero en años de sequía toda la región llega a presentar este tipo de clima. Esta condición coincide con un buen crecimiento de las plantaciones (mayor a 20 m3 ha^{-1} $año^{-1}$) y con la aplicación de silvicultura intensiva lo que genera un incremento significativo de la biomasa y combustible muerto por unidad de superficie, generándose así un ambiente óptimo para la ocurrencia y propagación de los incendios forestales. Las estadísticas de incendios forestales, de la última década, confirman que entre la VII y la IX región

ocurre más del 60 por ciento de los siniestros que afectan las plantaciones forestales y la vegetación natural (figura 2, CONAF 2003).

La expansión de las plantaciones y el crecimiento de las ciudades crea una zona de transición muy susceptible a la ocurrencia de incendios forestales. En los últimos años, los incendios en la interfaz urbano-rural son frecuentes en la V y VIII región, al menos en esta última han causado pérdidas importantes de viviendas y una amenaza seria para la vida de las personas, como fue el caso de los incendios de febrero de 1999 que arrasaron con numerosas viviendas y amenazaron la vida de centenares de personas, se estima que esta condición será aún mas grave en el futuro (Peña 2003). A la importante presencia de población humana en la interfaz se agrega el incremento de la accesibilidad a lo largo del territorio de Chile, en especial en las zonas boscosas, poniendo en contacto al principal factor causante de incendios forestales con el recurso vegetacional. El caso más dramático lo presenta la comuna de Curanilahue en la VIII región donde el 93 por ciento de la superficie territorial de la comuna esta cubierto con plantaciones (CONAF-CONAMA-BIRF 1999), representando una dependencia de este recurso pero a su vez una gran amenaza para la población ante la probabilidad de la ocurrencia de incendios forestales.

El fenómeno del Niño induce sequías en la zona centro sur de Chile, esto podría estar influenciando positivamente la ocurrencia y daño de los incendios forestales. Al comparar las temporadas de mayor daño (más de 60000 ha quemadas) con la ocurrencia de incendios forestales (ocurrencia mayor a 500 incendio con respecto a la tendencia general) y con el fenómeno del Niño no se encontró una relación estrecha. En la tabla 1 se observa que de un total de 12 temporadas de mayor daño sólo 5 coinciden con la temporada de mayor ocurrencia, 3 temporadas coinciden con el fenómeno del Niño y otras 4 temporadas coinciden con el fenómeno de la Niña. Se consideró coincidencia cuando la temporada se iniciaba el año que ocurría cualquiera de estos dos fenómenos climáticas. Esta baja relación del daño con la ocurrencia de incendios forestales confirma que el mayor daño depende de ciertas condiciones atmosféricas, viento - alta temperatura - baja humedad relativa, que ocurren ocasionalmente en las zonas donde se concentra el recurso forestal. Se debe destacar que uno de los últimos eventos de gran magnitud de daño ocurrió en febrero del año 1999, coincidiendo con 2 años consecutivos de la Niña (tabla 1), cuando en la VIII región, en 5 días se quemaron más de 20000 ha, superando en esa temporada por primera vez las 100000 ha dañadas.

El cambio global, principalmente el efecto invernadero podría llevar a que las zonas mediterráneas presenten un clima aún más favorables para los incendios forestales y que muchas regiones templadas desarrollen un clima similar a las zonas mediterráneas porque un resultado directo de este fenómeno sería un aumento de la temperatura promedio en al menos 1.5 a 4.5 °C y una alteración de los patrones de precipitación, algunas regiones serán mas secas que en el pasado (Graham y otros 1990, Schwartz 1991 y Woodward y otros 1991), aumentando su susceptibilidad a la ocurrencia de incendios forestales. La vegetación estará mas seca y disponible para la acción del fuego y su comportamiento e intensidad serán más difíciles de predecir con los actuales modelos de propagación, afectando directamente las faenas de control, incrementándose las pérdidas (económicas, sociales y ambientales) y aumentando el riesgo de accidentes fatales en los combatientes.

Tabla 3— *Temporadas de mayor ocurrencia y daño de los incendios forestales y los eventos del fenómeno del niño y la niña en Chile*

Temporada de mayor ocurrencia	Temporada de mayor daño	Fenómeno del niño [1]	Fenómeno del niño [2]	Fenómeno de la niña [1]
				1967
	1967-1968			
1968-1969		1969		
				1970
				1971
1971-1972	1971-1972	1972	1972	
				1975
1975-1976		1976	1976	
1977-1978				
1978-1979	1978-1979			
		1982	1982	
1983-1984	1983-1984			
	1985-1986	1986	1986	
	1986-1987	1987		
	1987-1988			1988
	1988-1989			
		1991		
1992-1993			1992	
1993-1994	1993-1994			
		1997	1997	
	1997-1998			1998
1998-1999	1998-1999			1999
				2000
2001-2002	2001-2002			
2002-2003				

Fuente: [1] Agencia Meteorológica del Japón
[2] Dirección Meteorológica de Chile

La condición descrita anteriormente se puede dar en el sur de Chile, IX a XI región, donde la frecuencia de incendios es baja y solo incrementa cuando ocurren años de sequía consecutivos. En este caso el efecto invernadero dejaría esta zona en una condición de mayor susceptibilidad a la ocurrencia de incendios forestales, además como en estas regiones existe una alta carga de combustible, estarían dadas las condiciones para que ocurran incendios catastróficos, especialmente incendios subterráneos con daños severos sobre los ecosistemas de la región. Incluso podrían aumentar los incendios causados por tormentas eléctricas, esto se ha confirmado en las últimas temporadas en la Cordillera de los Andes donde se han registrado incendios forestales ocasionados por rayos lo cual no ocurría anteriormente.

El análisis anterior esta basado en la premisa que efectivamente ocurrirá un aumento de temperatura, al respecto, se debe mencionar que hay una serie de investigadores que indican que a la fecha no se ha producido el calentamiento estimado. Otros incluso consideran que hay factores diferentes a los gases invernaderos que influencian en forma negativa este fenómeno, llevando hacia un enfriamiento, y que no han sido considerados en los modelos utilizados (Levi 1990 y Schlesinger 1988).

Entorno social de las plantaciones y del bosque natural

En Chile, las estadísticas de causas de incendios forestales muestran que la mayoría de los incendios son de origen antrópico (tabla 2). Por lo tanto, se debe asumir que existe un entorno social muy especial que hace que las personas tengan una actitud descuidada o negligente hacia el recurso forestal, a pesar que directa o indirectamente proporciona el sustento de la economía nacional. Las plantaciones parecieran tener una condición mucho más compleja que el bosque nativo porque se concentran en las mismas zonas donde se congrega la población humana. A continuación se entregará un listado de algunos factores que pueden influir en esta actitud, discutiendo algunos de ellos en forma detallada.

Los principales factores son:

a) Cambio de actividad productiva pasando de la actividad agrícola y ganadera a forestal en un corto período, causando un desplazamiento del campesino tradicional dejando a muchas personas con un sentimiento de rechazo hacia las plantaciones forestales.

b) Concentración de la propiedad de la tierra en las grandes empresas forestales las cuales no permiten el acceso a sus predios a las comunidades aledañas o solo algunas de ellas dan este tipo de beneficio, perdiéndose así áreas de recreación, de pesca y caza, pastoreo, extracción de combustible u otros productos del bosque.

c) La cosecha y transporte de los productos forestales origina daño a caminos e infraestructura comunal, causa contaminación acústica y de partículas sólidas en el aire y fuentes de agua

d) Conflicto con comunidades rurales por abastecimiento de agua debido a que las plantaciones por su rápido crecimiento demandan más agua causando una disminución del caudal de vertientes y esteros

e) Litigios de propiedad de la tierra y deslindes

f) Bajos salarios y trabajo temporal y trashumante, esto crea una condición de inestabilidad económica y un cierto grado de separación del grupo familiar al trabajar alejados de su área de residencia

g) Presión de grupos ambientalistas que con razón o equivocadamente generan un ambiente negativo para las plantaciones que tiene como resultado final una actitud negligente con respecto a la protección de las plantaciones contra los incendios forestales

El primer impacto de la actividad productiva forestal basada en las plantaciones fue el desplazamiento del campesino tradicional que en muchos casos debió emigrar a las ciudades (Chile tiene un 87 por ciento de sus habitantes en el área urbana) o se vio en la obligación de capacitarse para realizar un trabajo que desconocía y de menor estabilidad que la proporcionada por la actividad agropecuaria. Junto a lo anterior la propiedad de la tierra se concentró en las grandes empresas forestales, limitando directa o indirectamente las opciones de uso e incluso de tránsito por los predios forestales.

Por otro lado, el estado no tiene áreas de recreación en las cercanías de las ciudades o estas son de mala calidad o de superficie reducida, esto crea una brecha importante con la demanda por este tipo de actividad y al no poder utilizar las áreas

con cultivos forestales el público en general siente que directamente ellas no brindan ningún beneficio, incrementándose así el sentimiento de rechazo. En los últimos años esta situación ha estado cambiando sobre la base de la política de buenos vecinos implementada por algunas empresas forestales, actividad que consiste en mantener buenas relaciones con las comunidades otorgándoles una serie de beneficios lo que ha dado como resultado una disminución significativa de los incendios forestales.

Otro elemento a considerar en este análisis, de un entorno social hostil para las plantaciones, es la condición de trabajo temporal y trashumante. La mayor parte del trabajo forestal se realiza a través de la prestación de servicios (contratistas) con los trabajadores localizados en campamentos alejados de sus residencias permanentes y de la familia. Existen algunas razones fundamentadas para ello desde el punto de vista de rendimiento y eficiencia en el trabajo, pero esto trae consigo largos períodos fuera del hogar lo que llega a afectar profundamente la vida familiar, al quedar la mayor responsabilidad de la familia sólo en manos de la mujer. Se presentan también serios problemas de estabilidad en la pareja con todas las consecuencias que trae sobre los hijos y la estructura familiar. Todo lo anterior más los bajos salarios, hacen aparecer el trabajo forestal como una oportunidad que no esta en la primera prioridad de la fuerza laboral, a pesar que esta actividad es el sustento de su familia, indirectamente, afectaría su entorno familiar. Esta condición de escasos beneficios para la comunidad se ha confirmado en algunos estudios preliminares realizados en comunas de la VIII región cuyos resultados indican que la comunidad percibe pocos beneficios de la actividad forestal o estos no pueden ser desagregados para evaluar su participación en la economía y bienestar local (Ispizúa 1999 y Riquelme 1998).

El análisis realizado en los párrafos anteriores permite visualizar que probablemente muchas comunidades, con o sin fundamentos, tienen un rechazo hacia el sector forestal y en especial hacia las plantaciones. El resultado final de esta aversión hacia el sector es que no existe ninguna motivación para proteger el recurso y se sigue teniendo una actitud descuidada y negligente en el uso del fuego, llegándose incluso a originar incendios intencionales. Los cuales han incrementado significativamente en las últimas temporadas, especialmente en la VIII región donde las estadísticas de la década 1990-2000 muestran que el 60 por ciento de las causas de los incendios es de carácter intencional comparado a un 37 por ciento en todo el país (tabla 3). Es alarmante lo que ocurre en la VIII región ya que la intencionalidad es demasiado alta para un recurso que es uno de los pilares de la economía, estas cifras dejan en evidencia que las plantaciones no tienen sustentabilidad social y confirman la necesidad de cambiar la percepción que la comunidad tiene del recurso vegetacional y en especial de las plantaciones.

Comentarios finales

La alta ocurrencia de incendios forestales y la tendencia a que sucedan eventos catastróficos desde el punto de vista de comportamiento del fuego (alta intensidad y velocidad de propagación) y magnitud del daño esta determinada por una serie de factores propios de la vegetación, del entorno físico y social en el cual este recurso se encuentra inserto. La vegetación natural tiene alta continuidad en la Cordillera de Los Andes y por su inaccesibilidad limita las acciones de combate. Las plantaciones presentan una gran extensión y continuidad de un combustible homogéneo e inflamable que facilita la acción del fuego. A lo anterior se agrega la silvicultura intensiva que interviene la vegetación en múltiple ocasiones, incrementando y

modificando el combustible aumentando así el peligro y susceptibilidad a los incendios forestales. Lo descrito anteriormente interacciona con el alto riesgo generado por la presencia de trabajadores y maquinarias en las zonas forestales y por un entorno social que aún no acepta plenamente la actividad forestal productiva, especialmente aquella actividad asociada a las plantaciones forestales, se crea así un ambiente hostil hacia el recurso forestal, y la comunidad asume una actitud negligente y descuidada que genera una gran cantidad de incendios forestales, muchos de ellos de carácter intencional. El resultado de todo este ambiente de fuego es una alta ocurrencia y daño que a pesar de todos los esfuerzos de prevención y combate, a la fecha ha sido imposible minimizar.

Para reducir efectivamente la ocurrencia y daño de los incendios forestales, como en Chile casi el 100 por ciento de los incendios son de origen antrópico, se debe realizar una mejor investigación de las causas que originan estos eventos y determinar la motivación que tienen los incendios intencionales. Esta información reforzará los programas de prevención, los cuales debieran orientarse a modificar el comportamiento del ser humano, complementándose con una silvicultura preventiva que reduzca la carga de combustible y modifique las condiciones de continuidad y homogeneidad que los caracteriza.

Referencias

Aliaga, C. 1998. **Velocidad de propagación del fuego en Pino radiata, Eucalyptus globulus y Acacia melanoxylon: Un estudio de laboratorio**. Memoria de Título. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción.

Chandler, C.; P. Cheney; P. Thomas; L. Trabaud y D. Williams. 1983**. Fire in Forestry. Volume I, Forest fire behavior and effects**. John Wiley & Sons. New York. 450 p.

Soto, L. 1995. **Estadísticas de ocurrencia y daño de incendios forestales temporadas 1964-1995**. Corporación Nacional Forestal, Gerencia Técnica. Departamento de Manejo del Fuego. Informe Estadístico Nº 44.

CONAF (Corporación Nacional Forestal). 2002. **Informes finales estadísticos de temporadas**. Programa de Manejo del Fuego. Corporación Nacional Forestal. Santiago de Chile.

CONAF (Corporación Nacional Forestal). 2003. **Informes finales estadísticos de temporadas**. Programa de Manejo del Fuego. Corporación Nacional Forestal. Santiago de Chile.

CONAF-CONAMA-BIRF. 1999. **Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile**. Comisión Nacional del Medioambiente y Corporación Nacional Forestal. Santiago de Chile.

Daroch, M.; E. Peña y M. Lineros. **Efecto del espesor de corteza viva de Eucalyptus globulus en la transferencia de calor: un estudio de laboratorio**. En Libro de Resúmenes de la IX Reunión y I Congreso Iberoamericano de Investigación y Desarrollo de Productos Forestales. 18-20 de Octubre 2000. Concepción.

Fernández, A. 2002. **Variación estacional del contenido de humedad en el follaje de Acacia melanoxylon, Eucalyptus globulus y Pinus radiata**. Memoria de Título. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción.

Figueroa, H. 1997. **Capacidad de rebrote de Eucalyptus globulus Labill afectado por un incendio forestal**. Memoria de Título. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción.

Fundación Chile. 1998. **Informe Final :Propuestas de nuevas estrategias para enfrentar los incendios forestales en Chile**. Octubre de 1998. Santiago de Chile.

Graham, R.L.; M.G. Turner y V.H. Dale. 1990. **How increasing CO_2 and climate change affects forests**. Bioscience 40(8):575-587

Haltenhoff, H. 1997. **La prevención de incendios forestales**. IX Silvotecna "Incendios Forestales". Forestal Mininco S.A. Concepción, Chile.

INFOR (Instituto Forestal). 2001. **Estadísticas forestales 2000**. Boletín Estadístico Nº 30. Santiago, Chile.

Ispizúa, M. 1999. **Impacto económico y social de las plantaciones forestales en seis comunas del secano de la VIII Región**. Memoria de Título. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción.

Lara, A. y T.T. Veblen. 1993. **Forest plantation in Chile: a successful model?,** pp. 119-139. En Afforestation: Policies, planning and progress. A. Mather (Ed.). Belhaven Press. London, UK.

Levi, B.G. 1990. **Climate modellers struggle to understand global warming**. Physics today 43(2):17-19

Morales, Juan. **Efecto del espesor de corteza en la transferencia de energía calórica en Pinus radiata D. Don. y Eucalyptus globulus Labill, en condiciones de laboratorio**. Memoria de Título. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción.

Parra, R. 2002. **Frecuencia de incendios forestales en plantaciones de Pinus radiata D. Don y Eucalyptus globulus Labill, en la Octava Región**. Memoria de Título. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción.

Peña E. 1993 **Efecto invernadero: Algunos impactos en Chile**. Revista Chile Forestal N° 201:11-12

Peña, E. 1996 **Incendios en la interfase urbana-rural: Tierra de nadie**. Revista Chile Forestal. Octubre de 1996

Peña, E. 1999. **Incendios forestales en plantaciones: ¿Un periodo de retorno del fuego de 12 a 17 años?** En Actas de las "XVI Jornadas de Evaluación del Manejo del Fuego. Agosto de 1999. Chillán.

Peña, 2003. **Incendios forestales catastróficos: ¿un fenómeno ocasional o un futuro amenazante?**. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Forestales. Boletín Forestal 1(2): 3-5

Pyne, S. 1984. **Introduction to wildland fire: Fire management in The United State**. John Willey & Sons. New York. 455 p.

Riquelme, F. 1996. **Impacto socioeconómico de las plantaciones forestales sobre cuatro comunas precordilleranas de la provincia de Bío Bío: 1984-1994**. Memoria de Título. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción.

Schwartz, M.W. 1991. **Potential effects of global climate change on the biodiversity of plants**. The Forestry Chronicle 68(4):462-470

Schlesinger, M.E. 1988. **Negative o positive cloud optical depth feedback**? Nature 335:303-304

Uhl, C.; J.B. Kauffman; y D.L. Cummings. 1988. **Fire in the Venezuelan Amazon: Enviromental conditions necessary for forest fires in the evergreen rainforest of Venezuela**. Oikos 53: 176-184

Woodward, F. I.; G.B. Thompson y I.F. McKee. 1991. **The effects of elevated concentration of carbon dioxide on individual plants, populations, communities and ecosystems**. Annal of Botany 67: 23-38

Aplicación Operativa de un Modelo Diario de Predicción de Ocurrencia de Incendios Forestales por Causas Humanas en Cataluña[1]

Cristina Vega-García,[2] Christian Ortiz Ruiz, [2] Raquel Canet Castellà,[3] Inés Sánchez Bosch,[2] Daniel Queralt Creus[2]

Resumen

En 2002 se completó un estudio orientado a definir y analizar espacial y temporalmente las condiciones meteorológicas, topográficas, sociodemográficas y de vegetación que pudieran estar relacionadas con la ocurrencia de incendios forestales causados por personas en Cataluña, España, mediante su integración en un SIG.

Como resultado del análisis se desarrollaron varios modelos de predicción diaria de incendios causados por personas, con una fiabilidad suficiente para ser utilizados operativamente en la prevención y extinción de incendios. Todos predecían ocurrencias en modo binario (sí/no) en las cuadrículas de 10x10 km2 que son habitualmente utilizadas por diversas administraciones españolas con competencias en la lucha contra incendios. El mejor modelo, un modelo de base estadística por regresión logarítmica (logit), se evaluó durante el verano de 2003 de forma operativa, después de automatizar el proceso para generar un mapa de predicciones diarias antes de las 8.00 de la mañana.

Esta comunicación expone el proceso de modelización, la validación de los modelos y las ventajas e inconvenientes de su aplicación diaria a la predicción de incendios.

Introducción

El propósito de este estudio era definir y analizar espacial y temporalmente las condiciones meteorológicas, topográficas, sociodemográficas y de vegetación que pudieran estar relacionadas con la ocurrencia de incendios forestales causados por personas en Cataluña, España, mediante su integración en un SIG.

Las variables de análisis generadas junto a los datos históricos de incendios servirían para la construcción y evaluación de un modelo diario de predicción de

---

[1] Una versión más corta de este trabajo se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía de los programas de protección contra incendios forestales: una visión global, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] Dept. d'Enginyeria Agroforestal, ETS d'Enginyeria Agraria, Universitat de Lleida, Av. Alcalde Rovira Roure, 191 25198 Lleida, Spain email: cvega@eagrof.udl.es.

[3] Secció d'Incendis Forestals. Direcció General d'Emergències i Seguretat Civil. Departament d'Interior. Generalitat de Catalunya. Ctra. de la Universitat Autònoma s/n, 08290 Cerdanyola del Vallès, Barcelona, Spain.

incendios causados por personas, que sería testado operativamente durante la campaña inmediatamente posterior. El sistema debería predecir número de incendios diarios en las cuadrículas de 10 km x10 km que son habitualmente utilizadas para la planificación de la prevención y extinción de incendios por diversas administraciones españolas como el Área de Defensa contra Incendios Forestales de la Dirección General de Conservación de la Naturaleza (DGCN), Ministerio de Medio Ambiente o la Secció d'Incendis Forestals de la Direcció General d'Emergències i Seguretat Civil (DGESC) de la Generalitat de Cataluña.

Los objetivos que se plantearon para su implantación en fase de pruebas incluían evaluar la dificultad técnica de su puesta en funcionamiento, las fuentes de información necesarias, las necesidades de personal y su cualificación técnica y valorar su utilidad práctica en la labor diaria del cuerpo de bomberos de la Generalitat de Cataluña.

Métodos

El área de estudio quedó fijada en la superficie de la Comunidad de Cataluña que disponía de cartografía de modelos de combustible (según Vélez Muñoz, 2000) al inicio del proyecto, es decir, las provincias de Barcelona y Gerona, y parte de las provincias de Tarragona y Lérida (*fig. 1*).



Figura 1—Comarcas catalanas con modelos de combustible disponibles para el proyecto.

Las capas disponibles en formato SIG para el análisis procedían del Instituto Cartográfico de Cataluña y del Departamento de Medio Ambiente de la Generalitat catalana, incluyendo redes viarias, ferrocarriles, líneas eléctricas, núcleos urbanos, urbanizaciones, espacios protegidos a escala 1:50.000, y un modelo digital del terreno con resolución de 45 m, todas digitalizadas en 1994. A partir de todas estas fuentes cartográficas se generaron capas nuevas de tipo ráster que se relacionaron con las celdas de predicción de 10 km x 10 km correspondientes (348). Las coberturas de

nueva creación generadas permitieron definir las variables geográficas del análisis, variables que se recogen en la *tabla 1*.

Tabla 1—*Variables geográficas de análisis.*

Denominación	Descripción	Unidades
Elevación	Media de elevación de la cuadrícula a partir de MDT de 50 metros	Metros
Clase-O1,O2,O3,O4,O5	Orientaciones presentes en la cuadrícula Llano Norte Este Sur Oeste	porcentaje de superficie ocupada por cada clase. En la fase de análisis se ha considerado la clase 1 (llano) como sur (clase 4)
Clase-P1,P2,P3,P4	Superficie ocupada según las siguientes clases de pendientes 0pct-5pct 5pct-15pct 15pct-30pct >30pct	porcentaje de superficie ocupada por cada clase
Vias1	Distancia media por cuadrícula a autopistas y carreteras nacionales	Metros
Vias2	Distancia media por cuadrícula a carreteras asfaltadas (sin considerar autopistas y carreteras nacionales)	Metros
Vias3	Distancia media por cuadrícula a carreteras no asfaltadas, considerando como tales las pistas y los caminos	Metros
Ferroc	Distancia media por cuadrícula a líneas férreas	Metros
Línelec	Distancia media por cuadrícula a líneas eléctricas	Metros
Urban	Distancia media por cuadrícula a urbanizaciones	Metros
Núcleos	Distancia media por cuadrícula a núcleos urbanos	Metros
P-PEIN	Superficie ocupada por área PEIN-protegida	porcentaje de superficie ocupada
Mod2,mod3,mod4,mod5,mod6, mod7,mod8,mod9,mod10	Superficie ocupada por cada modelo de combustible	porcentaje de superficie ocupada por cada modelo

Para la generación de variables meteorológicas diarias se utilizaron 84 estaciones automáticas de las gestionadas por el Servicio de Meteorología de Cataluña y la Red Agrometeorológica de Cataluña, en un periodo de 5 años, 1996-2000, no muy alejado de la fecha de digitalización de las coberturas ráster. Las variables diarias consideradas incluían parámetros meteorológicos habituales como humedad relativa, precipitación, temperatura, viento, pero también algunos índices de

peligro como la probabilidad de ignición de la DGCN[4], el Fire Weather Index canadiense (Van Wagner 1987), el índice Keetch-Byram Drought Index (Keetch y Byram, 1988), o la intensidad de la radiación solar potencial de Volk (1997), en cada celda de 10 km x 10 km. El cálculo e interpolación espacial de todas estas variables sólo se realizó para los días de la campaña de verano de cada año en el periodo, la cual, en España, va del 15 de mayo al 15 de septiembre. Estas variables se presentan en la *tabla 2*.

Tabla 2—*Variables meteorológicas de análisis.*

Denominación	Descripción	Unidades
Intensidad	Intensidad de la radiación solar potencial - Volk	mm
P24	Precipitación en 24 h, diaria	Décimas de mm
Tmedia	Temperatura media diaria	Grados centígrados
HRmedia	Humedad relativa media diaria	Porcentaje, 0-100pct
VVmedia	Velocidad del viento media del día	m/s
DVmedia	Dirección media del viento	Grados
Tmax	Temperatura máxima diaria	Grados centígrados
HRmin	Humedad relativa mínima del día	Porcentaje, 0-100pct
VVmax	Velocidad máxima del viento diaria	m/s
MV	Magnitud del viento	m/s
DS	Desviación estándar del viento	Grados
RadG	Radiación solar efectiva en la estación	mj/m^2
FWI	Fire Weather Index	Escala abierta, 0 a +100
KBDI	Keetch-Byram Drought Index	Escala 0-800
HCFM	Humedad del Combustible Fino muerto, Probabilidad de Ignición de DGCN	Porcentaje, 0-100pct

La base histórica de datos de incendios en 1996-2000 hubo de rasterizarse y relacionarse a la cuadrícula de 10 km x 10 km, que definía las unidades de predicción. De un total de 3.310 incendios disponibles con localizaciones y causas contrastadas, 1.600 fueron causados por personas en las campañas de verano de 1996-2000. Sin embargo, la eliminación de las observaciones incompletas después del cruce de todas las bases de datos, geográficas y meteorológicas, asociadas a las celdas de predicción, produjo una base de datos de análisis de 36.190 observaciones diarias en 348 cuadrículas durante el periodo de 5 años, con 43 campos (variables) asociados a cada observación, de las cuales 35.896 eran sin incendios, y sólo 294 observaciones habían sufrido ocurrencias.

El análisis del escaso número de ocurrencias en las celdas indicaba que no sería posible desarrollar modelos que predijeran número de ocurrencias en cada celda de predicción y día por falta de datos, como se pretendía inicialmente. Sólo había 10 casos de 2 incendios/día.cuadrícula y 2 casos de 4 incendios/día.cuadrícula en la base de 36.190 datos. Ello llevó a descartar incluso modelos estadísticos apropiados para sucesos raros como la distribución de Poisson e indujo a considerar modelos de respuesta binaria, como el modelo logit, ya utilizado con anterioridad en la predicción de incendios (Martell y otros 1987, Chou y otros 1993, Loftsgaarden y Andrews 1992, Vega-García y otros 1995). La evaluación de modelos logit para la

[4] Según apuntes del Curso Básico de Defensa contra Incendios Forestales organizado por el Colegio de Ingenieros de Montes de España.

predicción de incendios (sí / no en una determinada celda y día) en nuestro ámbito mediterráneo era uno de los objetivos particulares del proyecto.

El desarrollo de modelos logit se realizó según las recomendaciones de Hosmer y Lemeshow (1989) y Cox y Snell (1989), después de generar una base de datos más reducida y compensada en cuanto a la variable dependiente mediante la extracción aleatoria de 294 observaciones sin incendios, que se unieron a las 294 con incendios, de modo similar al estudio de Vega-García y otros (1995). Una de las ventajas del modelo logit es que pueden equilibrarse las proporciones de la variable dependiente (incendio sí / no) en las observaciones utilizadas para construir modelos. Así se logran modelos que predicen con una misma eficacia ocurrencias y no ocurrencias, y que pueden aplicarse después a las condiciones reales (en que las no ocurrencias son mucho más frecuentes) mediante una simple transformación en el término independiente (Maddala 1988, Prentice 1986). Las 598 observaciones se mezclaron a su vez aleatoriamente y se separaron 117 (20 por ciento) para validar los modelos que se obtuvieran.

Distintos modelos de regresión logarítmica se calcularon con el programa SAS v8.2 (SAS Institute Inc. 1999) mediante procedimientos automáticos (stepwise, backward elimination, forward selection), pero también se evaluaron modelos ajustados a subconjuntos de variables no correlacionadas para evitar introducir problemas de multicolinearidad en los modelos. En estos análisis se puso especial interés en valorar la aportación de los diferentes índices de peligro a la predicción, como herramienta de comparación entre éstos. También se procuró encontrar modelos poco complejos tanto en número de variables como en facilidad de cálculo de las variables, es decir, modelos fáciles de instrumentar para su aplicación operativa.

La selección del mejor modelo no se hizo en base a un único criterio, sino que se analizaron todos los criterios posibles de bondad de ajuste, capacidad predictiva, coeficientes y residuales.

La validación del modelo seleccionado para la prueba en condiciones reales durante el verano de 2003 se realizó con los 117 datos no utilizados en la construcción del modelo, y segregados con anterioridad de la base de datos reducida, pero también se evaluó en condiciones reales de proporcionalidad, las correspondientes a la base completa de 36.190 datos.

Para la implantación operativa del modelo se automatizó su cálculo diario mediante AML, lenguaje de programación del programa ArcInfo (ESRI 2002), encargado de realizar las operaciones necesarias de interpolación y álgebra de mapas y producir un fichero JPG disponible en una Intranet antes de las 8 h de cada día durante el periodo del 1 de agosto al 15 de septiembre de 2003. Se solicitó la evaluación del mapa de probabilidad de ocurrencia diario por parte de personal cualificado, que debía emitir valoraciones subjetivas diariamente durante este periodo, mostrando acuerdo o no con las predicciones. Posteriormente se obtuvieron los datos estadísticos de incendios ocurridos durante el periodo y se comprobó estadísticamente la capacidad predictiva del modelo mediante una tabla de clasificación análoga a la utilizada para su validación.

Resultados

Los análisis estadísticos de las 43 variables mostraron, lógicamente, altas correlaciones entre los índices de peligro y sus variables de cálculo, pero también entre diversas variables geográficas.

Los valores medios y máximos de las variables meteorológicas estaban altamente correlacionados, como era de esperar (>85 por ciento). Humedad relativa y temperatura también aunque negativamente (alrededor del valor –60 por ciento). La variable RadG mostró correlación positiva con el índice HCFM (45 por ciento), la Intensidad (30 por ciento) y Tmax (35 por ciento), y negativa con P24 (-40 por ciento), HRmin (-44 por ciento) y HRmedia (-41 por ciento).

El índice FWI canadiense mostró escasa relación lineal con el resto de variables, positiva alrededor del 20 por ciento con HCFM, KBDI, Tmax, y negativa con HRmin también en torno al 20 por ciento. Hay que tener en cuenta que las exigencias de cálculo de esta variable sumadas a la escasa continuidad de los datos meteorológicos de estaciones automáticas produjeron numerosos ceros en la base de datos.

El índice KBDI presentaba correlaciones positivas con la Tmedia y Tmax (59 por ciento y 57 por ciento), negativas con HRmedia y HRmin (-30 por ciento y -29 por ciento). Las correlaciones con otros índices eran bajas, 20 y 23 por ciento respectivamente para FWI y HCFM. Estos datos eran coherentes con su formulación en origen como índice de peligro derivado del estado de la materia orgánica del suelo, no del combustible ligero muerto como el índice de la DGCN (HCFM). El KBDI se define como un número que representa el efecto neto de la evapotranspiración y precipitación en la producción de una deficiencia acumulada de humedad en la materia orgánica profunda y horizontes superiores de un suelo.

El índice de peligro de la DGCN, HCFM, mostró una elevada asociación negativa con HRmin (-91 por ciento) y HRmedia (-81 por ciento), y positiva con la temperatura (Tmax, 60 por ciento, Tmedia 37 por ciento), que parecen indicar la mejor, o más rápida, respuesta de este índice a las condiciones diarias más extremas, como corresponde a la respuesta del combustible ligero muerto. Al tener en cuenta el grado de exposición de los combustibles y cobertura nubosa, aparecen correlaciones positivas con la Intensidad de la radiación solar potencial (24 por ciento) y RadG (45 por ciento).

Respecto a las variables geográficas, las clases de pendiente mostraban claramente los efectos de la elevación, estando las clases menores negativamente correlacionadas con ésta (-46 por ciento), y las clases mayores positivamente (68 por ciento).

Urbanizaciones, líneas eléctricas, ferrocarriles y vías de comunicación, que suelen concentrarse en determinadas localizaciones del terreno como los fondos de valle, también mostraban correlaciones positivas entre sí. El porcentaje de área protegida en los espacios PEIN mostraba correlaciones positivas con la elevación (39 por ciento) y las altas pendientes (77 por ciento) y con la distancia a núcleos habitados (47 por ciento), como corresponde a la realidad en el territorio. En cuanto a modelos de combustible, las correlaciones sugerían una relativa independencia respecto al resto de variables y entre sí. Sólo son destacables las correlaciones entre el modelo 2 de pastos y la elevación (62 por ciento), altas pendientes (54 por ciento) y PEIN (35 por ciento), y las del modelo 8 de bosques con altas pendientes(58 por ciento), PEIN (56 por ciento) y elevación (56 por ciento). Ambos modelos están

correlacionados entre sí en un 53 por ciento. La mayoría de los modelos de combustibles presentan correlaciones ligeramente negativas con las bajas pendientes y ligeramente positivas con las altas, como corresponde al hecho de que la vegetación en el área de estudio ha sido relegada a las peores localizaciones por otros usos más productivos del territorio.

La construcción de modelos por procedimientos automáticos y manuales condujo a varios modelos con buena capacidad predictiva.

El mejor modelo logit seleccionado por procedimientos automáticos incluía las variables Elevación, porcentaje de superficie con Pendiente entre 0-5 por ciento, porcentaje de superficie con Orientación a Este, Intensidad de la Radiación, RadG, FWI y KBDI. Aunque el porcentaje global que predecía correctamente era del 74.7 por ciento, no se consideró un buen modelo por varias razones. El signo negativo de la variable FWI no se ajustaba a lo que sería de esperar de acuerdo a su sentido físico, puesto que su valor crece con el peligro de incendios. Además, las variables seleccionadas exigirían cálculos diarios relativamente complicados y continuidad en la serie meteorológica, que no podía garantizarse.

La construcción de modelos relacionados con los índices de peligro mostró una capacidad predictiva del Índice de Probabilidad de Ignición de la DGCN, HCFM, aparentemente superior a la del KBDI y FWI. Modelos dependientes exclusivamente de estos índices (más una constante) predecían correctamente un 61.1 por ciento de las observaciones para HCFM, 59.7 por ciento para KBDI y sólo 50.5 por ciento para FWI. La utilización del índice HCFM con Elevación permitía predecir correctamente un 67.7 por ciento de las observaciones. Añadir distancia a líneas eléctricas (línelec) y velocidad del viento (Vvmedia) mejoraba el modelo hasta el 68.6 por ciento.

Los subconjuntos poco correlacionados seleccionados manualmente llevaron a la determinación de dos modelos interesantes. Un modelo únicamente compuesto por la Tmax y elevación media de la cuadrícula era capaz de predecir correctamente un 70.5 por ciento de las observaciones. La inclusión de modelos de combustible de matorral (modelos 4, 5 y 6) elevaba este valor a 73 por ciento, aunque ello suponía introducir 3 variables de posible difícil actualización en un entorno operativo.

La consideración de los estadísticos (significativos), su robustez y escasez de datos de entrada y la previsible actualización de mapas forestales convertibles a combustibles llevó a considerar este último modelo como el mejor. Su formulación, estadísticos y tabla de clasificación presentan en la *tabla 3*. La comprobación con datos no utilizados en la construcción del modelo resultó en que también predecía correctamente un 73.5 por ciento de las observaciones de validación.

Tabla 3—*Formulación y tabla de clasificación del mejor modelo de predicción de incendios por causas humanas.*

$P(Y=1) = \text{Exp}(Z_i) / (1 + \text{Exp}(Z_i))$, donde
$P(Y=1)$ es la probabilidad de ocurrencia de al menos un incendio en una celda y día
$Z_i = 0{,}1294 * \text{TMAX} + 0{,}0577 * \text{MOD4} + 0{,}0136 * \text{MOD5} + 0{,}0162 * \text{MOD6} - 0{,}0032 * \text{ELEVINT} - 2{,}9845$

Association of Predicted Probabilities and Observed Responses

Percent Concordant	79.3	Somers' D	0.588
Percent Discordant	20.5	Gamma	0.589
Percent Tied	0.2	Tau-a	0.294
Pairs	55448	c	0.794

Classification Table

Prob Level	Correct Event	Correct Non-Event	Incorrect Event	Incorrect Non-Event	Percentages Correct	Sensitivity	Specificity	False POS	False NEG
0.450	192	143	96	40	71.1	82.8	59.8	33.3	21.9
0.500	184	160	79	48	73.0	79.3	66.9	30.0	23.1
0.550	164	175	64	68	72.0	70.7	73.2	28.1	28.0

Analysis of Maximum Likelihood Estimates

Parameter	DF	Estimate	Standard Error	Wald Chi-Square	Pr > ChiSq
Intercept	1	-2.9845	0.7454	16.033	<.0001
ELEVINT	1	-0.00320	0.000618	26.781	<.0001
TMAX	1	0.1294	0.0255	25.721	<.0001
MOD4	1	0.0577	0.0151	14.638	0.0001
MOD5	1	0.0136	0.0160	7.233	0.0395
MOD6	1	0.0162	0.0129	15.837	0.0208

La aplicación de este modelo a datos de validación con proporciones reales de los años 1996, 1997, 1998, 1999 y 2000, es decir a todos los datos disponibles, resultaron en una precisión global de 70.3 por ciento, 72.3 por ciento, 62.2 por ciento, 67.6 por ciento y 77.5 por ciento respectivamente, aunque la predicción de incendios fue correcta en esos años en un 80.8 por ciento, 81.0 por ciento, 72.3 por ciento, 83.3 por ciento y 33.3 por ciento de las observaciones. Hay que tener en cuenta que el año 2000 los datos eran muy escasos y fragmentarios como consecuencia de problemas en la red de estaciones automáticas, constando sólo de 1.164 observaciones, de las que 3 eran incendios.

Una vez seleccionado este modelo, se ensayó su aplicación diaria en la DGESC de la Generalitat de Cataluña, en cuya sede se desarrollaron los programas necesarios para el cálculo automático diario de la cartografía de probabilidad de ocurrencia de incendios y su publicación en su intranet corporativa.

Técnicamente, y dado que el modelo elegido dependía de pocas variables, sólo era necesario utilizar los mapas digitales de: a) cuadrícula 10 km x 10 km, b) elevaciones y c) combustibles[5], ya disponibles (*fig. 2, fig. 3* y *fig. 4*). La principal dificultad procedía de la necesidad de obtener diariamente un mapa de temperaturas máximas (Tmax) previstas en el territorio para combinar con los anteriores mediante el modelo logit y generar un mapa de valores de probabilidad entre 0 y 1, traducible a una cartografía de zonas donde probablemente no haya incendio hoy ($p<0.5$), y zonas donde probablemente lo haya ($p> 0.5$). Evidentemente la fiabilidad de la predicción para el día siguiente siempre dependería de la precisión con que se pudiera predecir la variable Tmax.

[5] Cabe destacar que en el momento de la redacción del presente documento (tres años después de la construcción del modelo) ya estaban disponibles los mapas de combustibles para toda Cataluña, como se refleja en la *Fig. 4*.

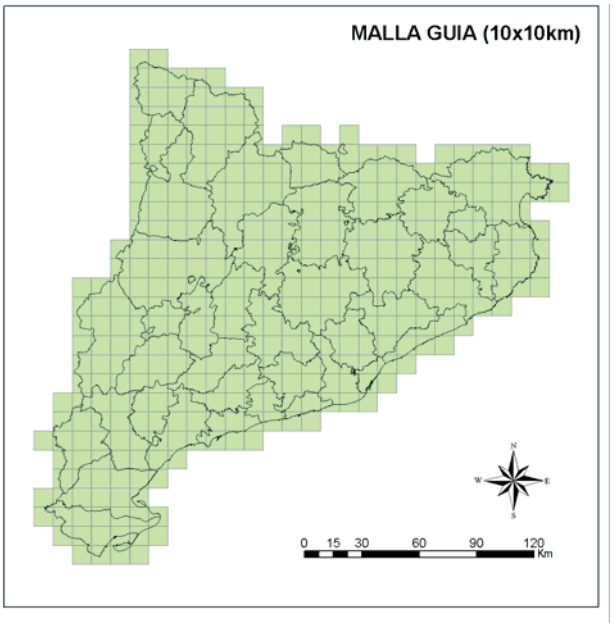


Figura 2—Malla regular de 10x10km usada de referencia para el cálculo de la probabilidad de ignición de incendios por causas humanas, con los límites de las comarcas catalanas.

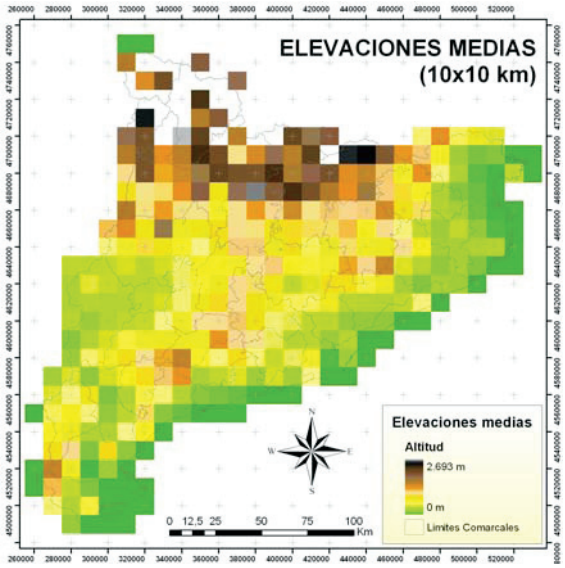


Figura 3—Mapa de elevaciones medias, en cada celda de la malla guía de 10x10 km, usado para el cálculo de la probabilidad de ignición.

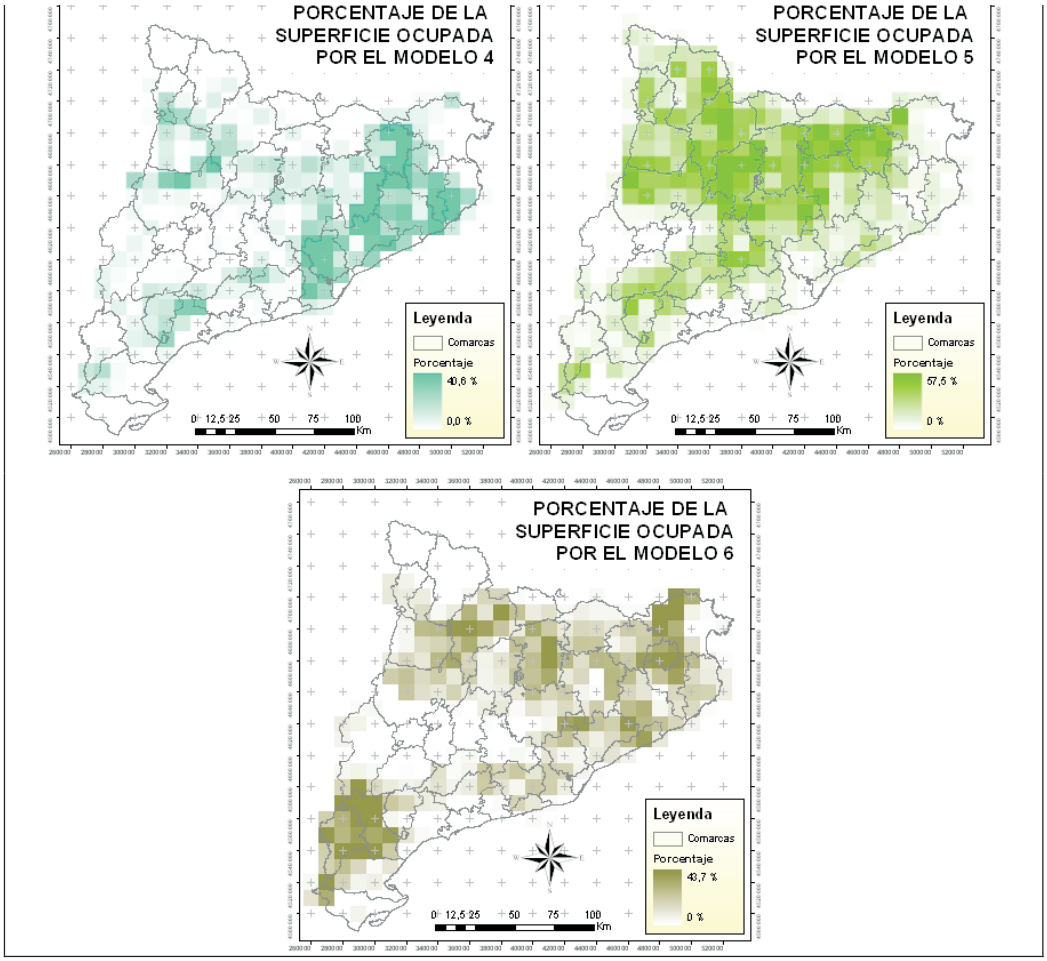


Figura 4—Mapas de porcentajes de superficie ocupada por los modelos de combustibles 4, 5 y 6 usados para el cálculo de la probabilidad de ignición.

Los datos de Tmax previstas se estimaron con el modelo MASS (*Mesoscale Atmospheric Simulation System*) calculado en la Universitat de Barcelona, y asumiendo como Tmax la temperatura prevista por este modelo para las 12h UTC. El resultado de dicho cálculo, una malla regular de puntos separados entre sí 15 km y con el correspondiente valor de Tmax prevista, se interpoló diariamente mediante el comando Spline del programa ArcInfo (ESRI 2002) para crear una superficie continua en el espacio de valores de temperaturas previstas (*fig. 5a* y *fig. 5b*).

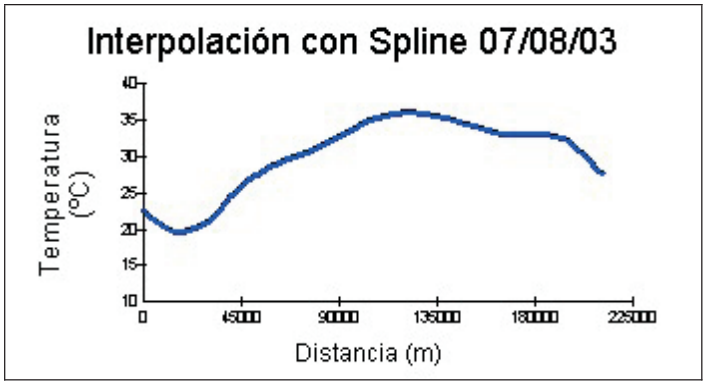


Figura 5a—Gráfica que representa la tendencia de la temperatura creada por el Spline según la línea observada en la *Fig. 5b*.

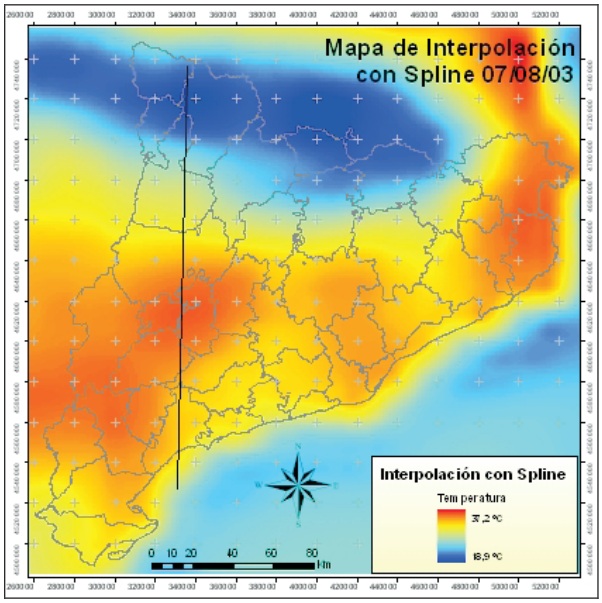


Figura 5b—Mapa resultante de aplicar la interpolación con Spline de ArcInfo (ESRI 2002).

El cálculo automático del mapa de probabilidad de ignición en ArcInfo (ESRI 2002) y su publicación en la intranet corporativa se resolvió en apenas unos días (*fig. 6*). Sin embargo, la colaboración solicitada para valorar si el modelo tenía utilidad práctica para el personal técnico implicado en la planificación de la extinción de incendios forestales sufrió un retraso considerable. El motivo principal de ese retraso fue la burocracia, ya que los tres técnicos evaluadores pertenecían a un departamento de la DGESC diferente al que automatizó el cálculo del modelo.

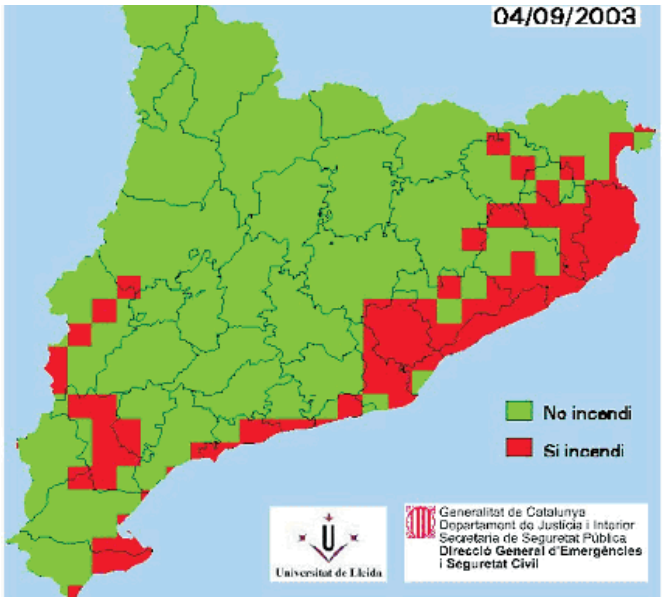


Figura 6—Ejemplo del mapa publicado diariamente en la Intranet de la DGESC para su consulta.

La valoración debía consistir en la consulta diaria, a primera hora de la mañana, del resultado ofrecido por el modelo y en su contraste con la percepción del riesgo para el día en cuestión que los técnicos evaluadores se habían formado "a priori" en base a su propia experiencia operativa. De los informes recibidos de los técnicos evaluadores se desprende que no se expuso con suficiente claridad el tipo de evaluación solicitada, ya que dichos técnicos coinciden en remarcar que sí parece existir una estrecha correlación entre la predicción del modelo y el número de salidas realizadas durante el mismo período de tiempo por el cuerpo de bomberos de la Generalitat de Catalunya a causa de incendios de vegetación. Pero, por el contrario, no hacen ninguna referencia a la correlación entre el modelo y sus propias expectativas personales en relación al riesgo de ignición.

La comprobación del comportamiento del modelo, tres años después del periodo de obtención de los datos para la construcción del modelo, arrojó los resultados de las *tablas 4* y *5*. Lo primero que cabe destacar es el hecho de que el número de igniciones totales sucedidas reflejados en ambas tablas no coincide (212 en la tabla para predicción de temperaturas contra 200 en la tabla de temperaturas máximas reales). Ello es debido a fallos en las estaciones meteorológicas que impidieron obtener los valores de Tmax y, por lo tanto, de probabilidad de ignición para algunos de los incendios. El fichero de predicción de las temperaturas máximas, en cambio, se obtuvo con regularidad durante todo el período de prueba.

Por otro lado, y como era lógico esperar, la efectividad del modelo resultó mejor usando las temperaturas reales, con un 77,5 por ciento de aciertos sobre las igniciones sucedidas, que al usar la predicción de temperaturas, donde el porcentaje de aciertos, aunque mantuvo niveles muy aceptables, disminuyó hasta el 70,7 por ciento. Se prevé disminuir esta diferencia en la efectividad analizando fuentes alternativas para la predicción de temperaturas máximas y otros métodos de interpolación de las mismas.

Tabla 4—*Comparación del número de igniciones predichas por el modelo, calculado con las predicciones de temperaturas máximas del modelo MASS, y las igniciones sucedidas realmente en el mismo intervalo de tiempo.*

Predicción \ Igniciones	Sí	No	Suma
Sí	150	5.958	6.108
No	62	8.446	8.508
Suma	212	14.404	14.616

Tabla 5—*Comparación del número de igniciones predichas por el modelo, calculado con las temperaturas reales, y las igniciones sucedidas realmente en el mismo intervalo de tiempo.*

Predicción \ Igniciones	Sí	No	Suma
Sí	155	6.414	6.569
No	45	6.842	6.887
Suma	200	13.256	13.456

El dato más negativo resultó ser el elevado número de falsas alarmas que ofreció el modelo, es decir, las igniciones predichas que no llegaron a suceder en la realidad. En este caso el porcentaje fue prácticamente el mismo independientemente de los valores de temperatura usados. Se espera, no obstante, poder reducir significativamente este porcentaje con pequeños reajustes a realizar en sucesivas campañas forestales.

Discusión e implicaciones para la gestión

En este trabajo se han hecho evidentes los problemas relacionados con la falta de datos de origen, tanto geográficos como meteorológicos, mencionados en tantos trabajos de ocurrencia de incendios, ya que partiendo de 1.600 incendios se terminó con 294 observaciones utilizables para construir modelos de predicción. Esta falta de datos se hizo notar, no sólo al construir el modelo, sino también al evaluar su funcionamiento tras el verano del 2003, cuando la escasez de datos meteorológicos obligó a eliminar del análisis un 5,6 por ciento de las igniciones sucedidas.

Durante la construcción del modelo, variables relacionadas con la topografía, existencia de zonas protegidas, combustibles, líneas eléctricas, urbanizaciones, temperatura máxima diaria, radiación solar, e índices de peligro aparecieron asociadas en distinto grado a la ocurrencia de incendios en el área de estudio.

La aplicación de técnicas de regresión logarítmica a la predicción de incendios en las comarcas catalanas con mapas de modelos de combustibles permite predecir correctamente la ocurrencia de al menos un incendio en cuadrículas de 10 km x 10 km diariamente con probabilidades de, como mínimo, el 70 por ciento.

Los resultados sugieren también que las falsas alarmas pueden ser un problema en la utilización operativa de este modelo, si no se explica adecuadamente a los usuarios el modo correcto de interpretar las predicciones.

En relación a esta interpretación, la clasificación de la probabilidad en un mapa de sólo dos clases (sí incendio / no incendio) reduce la información disponible sobre el riesgo en el territorio, siendo aconsejable la publicación de un mapa con mayor número de clases de probabilidad, preferentemente diez.

Tras la implantación de este modelo estadístico en la DGESC durante el verano del 2003, se confirma su utilidad en entorno mediterráneo, aunque hay lugar para su mejora mediante el análisis de diferentes métodos de interpolación de las variables meteorológicas y de fuentes alternativas para la obtención de las mismas.

Bibliografía

Chow, Y.H., R.A. Minnich y R.A. Chase. 1993. **Mapping Probability of Fire Occurrence in San Jacinto Mountains, California, USA**. Environmental Management 17(1): 129-140.

Cox, D.R. y E.J. Snell. 1989. **Analysis of binary data**. Second edition. Chapman & Hall, New York, New York, USA.

ESRI. **ArcInfo** [Programa informático]. 2002. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, Inc. Disponible en: 380 New York Street, Redlands, CA 92373-8100, USA.

Hosmer, D.W.Jr. y S. Lemeshow. 1989. **Applied logistic regression**. John Wiley & Sons, New York, New York, USA.

Keetch, J. J. y Byram, G. M. 1988. **A drought index for forest fire control**. Res. Paper SE-38. Asheville, North Carolina. Southeastern Forest Experiment Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture; 36 p.

Loftsgaarden, D.O. y P.L. Andrews. 1992. **Constructing and testing logistic regression models for binary data: Aplications to the National Fire Danger Rating System**. USDA Forest Service, Intermountain Research Station, General Technical Report INT-286. 36 p.

Maddala, G.S. 1988. **Introduction to econometrics**. Macmillan Publishing Co., New York, USA.

Martell, D. L., S. Otukol y B.J.Stocks. 1987. **A logistic model for predicting daily people-caused forest fire occurrence in Ontario**. Canadian Journal of Forest Research, 17: 394-401.

Martell, D.L., E. Bevilacqua y B.J. Stocks. 1989. **Modeling seasonal variation in daily people-caused forest fire occurrence**. Canadian Journal of Forest Research 19: 1555-1563.

Prentice, R.L. 1986. **A case-cohort design for epidemiologic cohort studies and disease prevention trials**. Biometrika 73: 1-11.

SAS Institute Inc. 1999. **SAS** Online Doc. Version Eight. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

Van Wagner, C.E. 1987. **Development and structure of the Canadian Forest Fire Weather Index System**. Government of Canada, Canadian Forestry Service, Ottawa, Ontario, Canada. Forestry Technical Report n. 35.

Vega-García, C., P.M. Woodard, S.J. Titus, W.L. Adamowicz y B.S. Lee. 1995. **A logit model for predicting the daily ocurrence of human caused forest fires**. International Journal of Wildland Fire 5(2): 101-111.

Vélez Muñoz, R. 2000. **El concepto de combustibilidad**. Pág. 7-1 a 7-16 en: Vélez Muñoz, R. (Coord.). 2000. La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y Experiencias. McGraw-Hill, Madrid.

Volk, G. **RADIATION** [Programa informático]. 1997. Universitaet fuer Bodenkultur, Centre for Geo-Informatics, Daenenstrasse 6, A1190 Wien, AUSTRIA. Disponible en: http://bzgserver.boku.ac.at/volk/.

Evaluación Técnico-Económica de la Actuación de Medios Aéreos en la Defensa contra Incendios Forestales[1]

J.C. Mérida,[2] J. J. Gallar,[3] E. Garcia,[3] E. Primo[3]

Resumen

En España, la utilización de aeronaves en las operaciones de extinción de incendios forestales ha sido creciente en los últimos años. Los medios aéreos unen a sus grandes utilidades en el combate del fuego unos altos costes de adquisición, contratación y operación. Desde 1992, la DGCN cuenta con una base de datos que recoge las características de cada actuación de los medios aéreos. Se muestran algunas utilidades del empleo de esta base de datos para determinar los rendimientos, mejoras de aspectos logísticos e infraestructuras y eficiencia de operación de los medios aéreos utilizados en España.

Introducción

La utilización en España de medios aéreos en la extinción de incendios forestales comenzó en el año 1969 con el uso en la Sierra de Guadarrama de avionetas Boeing Stearman que cargaban 600 litros de agua mezclada con bentonita. Ese mismo año se contrató, para cubrir la zona de Galicia durante el mes de agosto, un avión Canadair CL-215. Este anfibio fue el primer avión de este tipo que llegaba a Europa y posteriormente lo adquirió Francia.

A partir de estas fechas el empleo de medios aéreos es creciente. Después de probar en Pontevedra el avión Twin Otter (2.500 litros) durante el verano de 1970, se decidió adquirir dos aviones Canadair CL-215, que llegan a España en la primavera de 1971. Durante la década de los setenta se adquirieron otros siete CL-215 (aunque uno de ellos se perdió en un accidente en 1976) al tiempo que se amplió el uso de aviones de fumigación agrícola tales como Piper Pawnee, Piper Brave, Trush Commander, etc.

La década de los ochenta fue la de la expansión de los medios aéreos en la extinción. Se incrementó la flota estatal de aviones anfibios CL-215 hasta llegar a 14 aviones en servicio. En el año 1984 se utilizan por primera vez los helicópteros para el transporte de brigadas y en 1988 se inicia el uso de los helicópteros bombarderos con un Bell 212 con tanque ventral, tipo Conair, de 1.300 litros. En 1989 se firmó un contrato para la renovación total de los aviones anfibios CL-215 con motores de pistón convirtiéndolos en aviones CL-215T con motores turbohélice.

---

[1] Una versión abreviada de este trabajo se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía en la defensa contra incendios forestales: una visión global, 19–22 Abril 2004, Córdoba, España.

[2] Jefe de servicio, Área de Defensa contra Incendios Forestales, Ministerio Medio Ambiente, DGCN, Gran vía San Francisco 4, 28005 Madrid, adcif@mma.es.

[3] Técnicos, Área de Defensa contra Incendios Forestales, Ministerio Medio Ambiente, DGCN, Gran vía San Francisco 4, 28005 Madrid, adcif@mma.es.

1983 y 1985, obligando a la Administración del Estado a diferenciar su papel evolucionando hacia aeronaves de grandes prestaciones capaces de actuar en todo el territorio nacional. Es frecuente el uso de aeronaves procedentes de países del este de Europa tales como helicópteros Mi-8, Mi-2, Sokol PZL y KAMOV. En 1992 se crean las Brigadas Especiales de Refuerzo en Incendios Forestales (BRIF) a las que se asocia para su transporte helicópteros Mi-8 del Ejército Ruso. A finales de década eran 20 los aviones anfibios en servicio (15 CL-215T y 5 CL-215). Durante este período caen en desuso aeronaves tales como CANSO PBY, Trush Commander y Grumman.

En el año 2003, el número de medios aéreos utilizados durante la campaña de verano fue de 206 aeronaves, de las cuales 48 pertenecían a la Administración del Estado, operadas desde 157 bases. El conjunto de aeronaves supone una capacidad de depósito de 396.000 litros (236.000 litros las CCAA y 160.000 l la DGCN) y de transporte de 845 personas (704 personas las CCAA y 141 la DGCN) y un coste de contratación y operación de aproximadamente 65,5 millones de euros (39,7 millones por parte de las CCAA y 25,8 millones por la DGCN).

Tabla 1-- *Despliegue de Aeronaves en España durante el 2003.*

Administración	Aviones				Helicópteros					Avión de Coordinación
	CL-215 CL-215T	C-130	ACT 3100 l.	ACT 2100 l.	HB 4500 l.	HT 2500 l.	HT 1500 l.	H 1200 l.	H 500 l.	
Andalusia	0	0	5	0	2	0	0	16	0	2
Aragon	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
Asturias	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0
Balearics	0	0	2	1	0	0	0	1	2	1
Canaries	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Cantabria	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Castilla La Mancha	0	0	0	8	0	0	0	6	0	0
Castilla León	0	0	3	0	0	0	0	20	0	0
Catalonia	0	0	3	0	0	0	0	11	5	1
Extremadura	0	0	0	0	0	0	0	2	4	0
Galicia	0	0	1	7	0	0	12	0	0	2
La Rioja	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Madrid	0	0	0	0	0	0	0	6	0	1
Murcia	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Navarre	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Basque Country	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C. Valenciana	0	0	3	4	0	0	0	7	0	1
DGNC	14	1	10	3	4	3	10	0	0	4
TOTAL	**14**	**1**	**27**	**25**	**6**	**3**	**23**	**75**	**19**	**13**

Actualmente en España la tendencia está más orientada a la mejora de las prestaciones de las aeronaves que al aumento de las disponibles y del volumen de contratación. Las cifras manejadas hacen que la utilización de medios aéreos en la extinción de incendios forestales no pueda ser ajena a un análisis económico que cuantifique su rendimiento y eficiencia.

Base de datos de Medios aéreos de la DGCN

La Dirección General de Conservación de la Naturaleza (DGCN) del Ministerio de Medio Ambiente recoge desde el año 1992, sobre un formulario normalizado, las características de la actuación de los medios aéreos que de ella dependen. Sobre este formulario se toman los datos de todos los vuelos ya sean de extinción, falsa alarma, reconocimiento u otras misiones. La organización de estos formularios en base de datos permite su grabación informática y explotación. Para ello existe el programa RMAIF, elaborado en Visual Basic como lenguaje de programación y ACCESS como base de datos relacional que facilita el tratamiento de formularios y la obtención de informes predefinidos. Con los datos completos del año 2003 la base contiene 19.860 registros.

El uso de este programa ha permitido en los últimos años, la elaboración de las curvas de rendimiento de los distintos tipos de aeronaves, la mejora de la logística aplicable a la actuación de los medios aéreos, la simulación de alternativas de despliegue y utilización, la evaluación económica del coste del litro de agua arrojado sobre el incendio, la elección de los modelos de mayor rendimiento y una ayuda en el análisis del funcionamiento de las bases de medios aéreos y las empresas contratistas. Todas estas utilidades han sido consideradas para definir, dentro de las posibilidades presupuestarias y las ofertadas por el mercado, el despliegue y la actuación de los medios aéreos dependientes del Ministerio de Medio Ambiente en España.

Aunque existen muchas otras, se repasan tres utilidades:

Elaboración de rendimientos de los distintos tipos de aeronaves:

Los datos disponibles en el banco de datos han permitido determinar las curvas de rendimiento de los distintos tipos de aeronaves en función de la distancia del incendio al punto de carga de agua.

Los mejores ajustes se han obtenido con curvas semilogarítmicas del tipo $y = k - a \ln x$ con las que se han conseguido coeficientes de correlación superiores a $r^2 = 0{,}60$ siendo y = núm. de descargas por hora, k y a constantes dependientes del tipo de aeronave y x la distancia entre el incendio y el punto de carga de la aeronave.

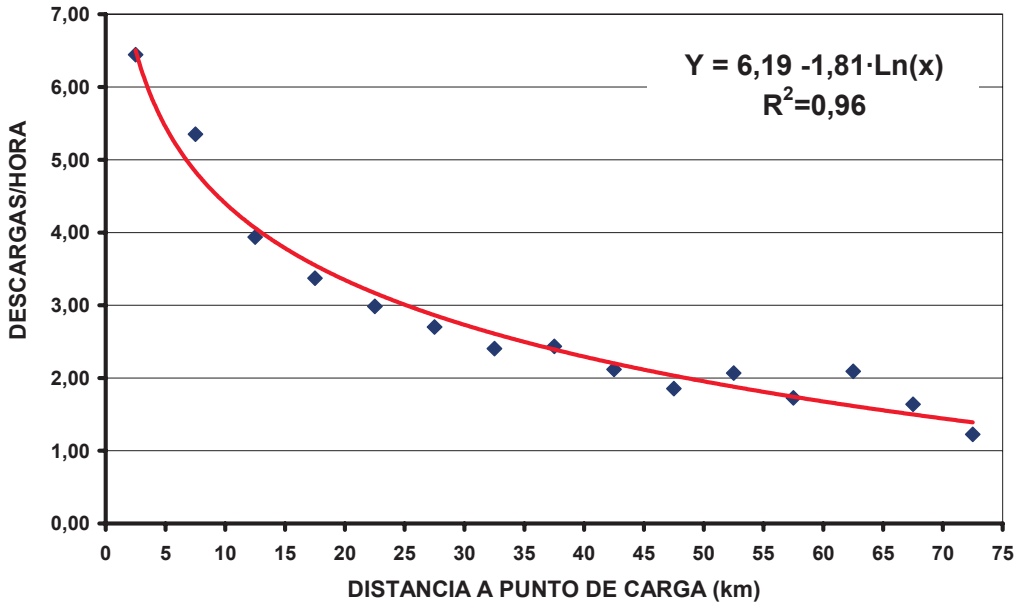


Gráfico 2-- "Rendimiento del Airtractor 802"

Operando como datos de entrada con intervalos de clase de 5 km. en distancia y rendimiento medio de los casos dentro de cada intervalo, se obtienen con el mismo tipo de curva correlaciones superiores al 90 %.

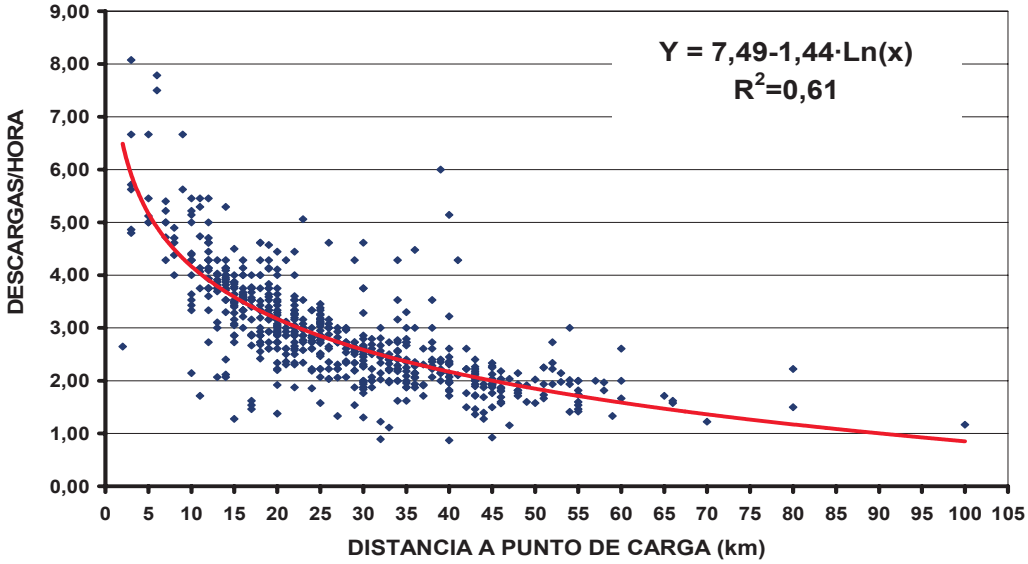


Gráfico 1-- "Rendimiento del Airtractor 802".

Las curvas semilogarítmicas son asintóticas al eje x, de forma que, según aumenta la distancia de actuación, el rendimiento de la aeronave es decreciente tendiendo a cero para distancias muy grandes. Estas curvas, por su dificultad de manejo al incluir logaritmos, por parte del personal de campo, se han simplificado transformándolas en rectas que únicamente cubren los intervalos de distancia de 0-50 km. para el caso de los aviones y de 0-25 Km. para los helicópteros bombarderos.

Para mayores distancias no se considera adecuado el uso de aeronaves por su alto coste económico en relación con el volumen de líquido que pueden aportar. Así el personal de extinción cuenta con expresiones simplificadas del tipo $y = a - b\,x$, fácilmente memorizables y operables, que ofrecen información sobre cual es el rendimiento esperado de la aeronave en su actuación en incendio.

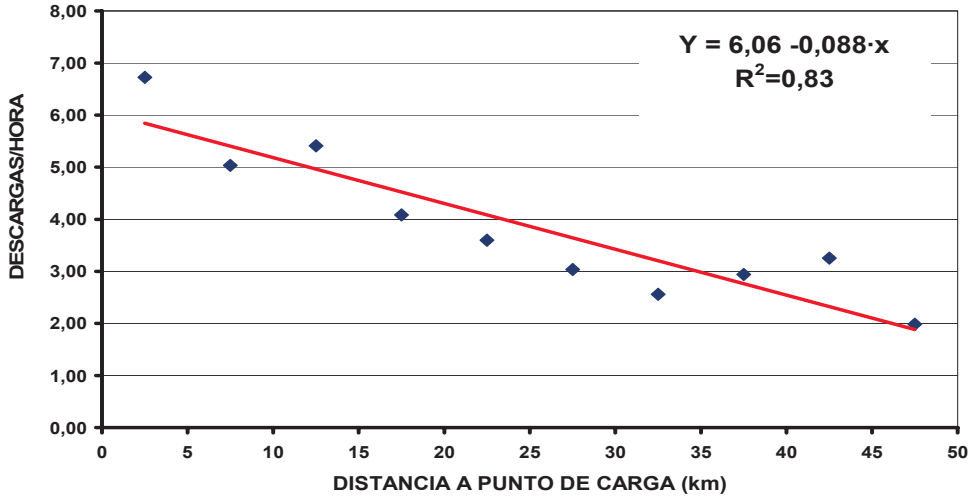


Gráfico 3--"Rendimiento del Canadair Cl215"

Expresiones tales, como nº descargas/hora = 6 menos 0,88 descargas/hora por cada 10 km. de distancia entre el punto de carga y el incendio para un avión CL-215 ($y = 6 - 0{,}88\,x$), son de manejo habitual por parte de los Directores de Extinción.

Mejora de la logística e infraestructura aplicable a la actuación de medios aéreos

La explotación de la base de datos permite el conocimiento de las características y el trabajo efectivo realizado por cada aeronave ayudando en la detección de problemas o poniendo de manifiesto aspectos susceptibles de mejora.

Se citan dos ejemplos:

1º)Comparación de la actividad y rendimiento de dos helicópteros Sokol PZL con cuadrilla helitransportada y helibalde de 1.500 litros de capacidad.

Durante el año 2000 dentro de los análisis habituales que se realizan después del verano del rendimiento de las aeronaves de todas las bases aéreas, llamó la atención la diferencia de rendimiento de dos helicópteros Sokol PZL, uno situado en Becerreá

(Lugo) y el otro en Tineo (Asturias), que habían volado un tiempo muy similar en extinción y eran operados por la misma empresa. Las bases distan entre sí menos de 60 Km.. y están situadas en el mismo sistema montañoso por lo que el relieve del terreno donde actuaron es muy similar y de forma que no debería haberse producido diferencias significativas de rendimiento.

Tabla 2— *Comparación de la actividad y rendimiento de dos helicópteros Sokol PZL con cuadrilla helitransportada y helibalde de 1.500 litros de capacidad.*

Parámetro	Becerreá			Tineo		
	2000	2001	2002	2000	2001	2002
Nº misiones de extinción	101	44	78	77	52	25
Nº incendios atendidos	95	39	77	63	49	19
Horas de vuelo en incendio	214:37	86:35	125:27	217:28	92:38	55:10
Personas transportadas	970	461	710	815	510	246
Descargas de helibalde	1,331	567	904	931	439	436
Ratio Personas/hora	4.52	5.32	5.66	3.75	5.51	4.46
Ratio Descargas/hora	6.20	6.55	7.21	4.28	4.74	7.90

Analizando los datos se vio que el único parámetro significativo que explicase la diferencia era la "distancia punto de carga-incendio" muy superior en el caso de Tineo. A partir del contacto con los responsables de extinción en Asturias, se acometió un programa de construcción de puntos de agua durante los años 2001 y 2002 que permitió elevar el rendimiento del Sokol PZL de Tineo desde las 4,28 descargas/hora en el año 2000 a valores de 4,74 y 7,90 descargas/hora respectivamente durante los dos años siguientes.

2º) Mejora de la logística de abastecimiento de combustible de helicópteros.

Entre los profesionales de la extinción de incendios forestales existe casi total unanimidad a la hora de definir al helicóptero como "la máquina que se le acaba el combustible cuando más falta hace". En efecto, los helicópteros pesados unen a sus grandes rendimientos en el lanzamiento de agua unos grandes consumos de combustible y menor autonomía que los aviones. En numerosas ocasiones estos helicópteros son desplazados para operar en incendios situados a grandes distancias de su base habitual. El abastecimiento de combustible en las proximidades del incendio debe estar previsto ya que, en caso contrario, obliga a la aeronave a realizar largos desplazamientos en ferry reduciendo el tiempo efectivo de presencia en el incendio. El acompañamiento de una cuba móvil de combustible que se sitúe en las proximidades del siniestro es una buena opción.

En el cuadro adjunto se muestran los datos de operación del primer helicóptero KAMOV con helibalde de 4.500 litros utilizado en España en el año 1994. No disponía de cuba móvil asociada. Se realiza una simulación considerando lo que hubiera ocurrido de existir dicha cuba suponiendo que ésta se sitúa a 10 Km. del incendio y que es utilizada a partir del 3er repostaje en los incendios de larga duración distantes más de 75 Km. de la base principal.

Tabla 3—Datos de operación del primer helicóptero *KAMOV usado en España en el 1994 equipado con un helbalde bambi de 4,500 litros.*

		DATOS REALES			SIMULACIÓN
		Caso A	Caso B	Caso C	Caso D
PARÁMETRO	Nº de intervenciones	26	19	7	26
	Tiempo de vuelo (min)	6,300	4,195	2,105	6,300
	Tiempo de ferry (min)	2,405	1,935	470	690
	% ferry	38.20	46.10	22.30	11.00
	nº de descargas	440	245	195	827
	descargas/hora	4.19	3.50	5.56	7.88
	coste contrato (millones pta.)	49.50			53.00
	coste/litro (pta./l)	28.10			16.00

Caso A: Todas las salidas a incendio son consideradas

Caso B: Sólo se consideran los casos con repostaje en base

Caso C: Sólo se consideran aquéllos vuelos con repostaje en otra base

Caso D**:** Cálculo teórico considerando todos los vuelos y con repostaje con cuba de combustible a 10 Km. del incendio cuando la distancia a base por repostaje ≥ 75 Km. y a partir del repostaje 3º

Hay una reducción del porcentaje del tiempo de vuelo en ferry del 38,20 al 11,00 %. El rendimiento de la aeronave aumenta de 4,19 a 7,88 descargas por hora de vuelo.

En el siguiente ejemplo, se muestran los datos de actuación de dos helicópteros, un KAMOV K32A y un SOKOL PZL, arrendados por la DGCN, en el incendio de Buendía (Cuenca) del año 2003. En este incendio la bomba de la cuba móvil de combustible resultó estar averiada sin que hubiese posibilidad de sustitución por lo que las aeronaves tuvieron que repostar en bases alejadas del incendio (Buenache y Villares). Se compara la actuación real de las aeronaves con la simulada de abastecimiento de combustible con la cuba durante el segundo y tercer día del siniestro. La diferencia entre haber podido utilizar o no el repostaje en las cercanías del incendio equivale al lanzamiento de 32 descargas (168.000 litros) de avión anfibio CL-215T.

Tabla 4—*Comparación de la actuación de dos helicópteros del DGCN en el incendio Buendía.*

	KAMOV		SOKOL	
	Datos reales	Datos simulados	Datos reales	Datos simulados
Nº días actuación	1	1	4	4
Horas de vuelo	7:15	7:15	22:42	22:42
Tiempo en incendio	4:15	6:07	12:42	16:30
Tiempo en ferry	3:00	1:08	10:00	6:12
% ferry	41.38	15.63	44.05	27.31
Distancia Buenache	75	75	-	-
Distancia Villares	-	-	81	81
Distancia a cuba	-	5	-	5
Descargas	75	108	96	125
Volumen agua	300,00	432,000	120,000	156,250
Rdto. Desc./hora	0	15.00	4.23	5.51
Rdto. Litros/hora	10.34	60,000	5,286	6,883
Coste euros/litro	41,380	0.054	0.447	0.343
	0.078			

Coste del litro de agua lanzado sobre incendio (CBL)

Como indicador que combina el rendimiento de las aeronaves con su coste económico se está utilizando en la DGCN el coste básico del litro de agua (CBL) lanzado sobre el incendio. Para poder establecer comparaciones entre distintas aeronaves, este coste está calculado considerando únicamente como horas de vuelo las realizadas en misiones de extinción eliminando falsas alarmas, regresos sin actuación por estar el incendio controlado, etc. El valor unitario de la hora de vuelo se determina como cociente entre el importe de contratación de la aeronave y el número de horas contratadas. El volumen de agua es calculado como producto del volumen de la descarga media (considerando que solo arroja agua) por el número de descargas. El indicador así obtenido es independiente del número de horas del vuelo de cada aeronave y de la utilización de productos retardantes.

Además de este indicador, se obtiene también el coste real del litro arrojado que incluye los costes de personal, gastos de infraestructura de la base, coste de productos retardantes utilizados, horas reales de vuelo, etc. No obstante, la variabilidad de estos datos no permite utilizar el coste real como indicador que permita comparaciones entre modelos de aeronaves y bases.

Los resultados del año 2003 de las aeronaves propias o contratadas por la DGCN son los siguientes:

Tabla 5—*Coste del litro de agua lanzada en el 2003 por los aviones rentados o propiedad del DGNC.*

	BCL (€/litro)				
Modelo de aeronave	Mínimo		**Medio**	Máximo	
	€/l.	Base		€/l.	Base
Aviones anfibios CL-215T	0.132	Pollensa	**0.224**	0.398	Torrejón (pre-temp.)
Aviones anfibios CL-215	0.335	Talavera	**0.353**	0.559	Matacán (pre-temp.)
Avión Hércules C-130	-	-	**2.168**	-	-
Aviones AT-802	0.172	Son Bonet	**0.244**	0.275	Manises
Aviones Dromader PZL	0.112	Rosinos	**0.134**	0.141	Tafalla
Helicópteros KAMOV K-32A	0.094	Caravaca	**0.114**	0.201	Los Rodeos

Aunque el valor de este indicador no es el único criterio para decidir el empleo dentro del dispositivo de un modelo de aeronave, su utilización ha sido una razón significativa para prescindir de aquéllos cuyos datos de eficiencia eran menos favorables.

Así fueron retirados de la contratación en 1995 los aviones CANSO PBY al presentar valores de CBL= 85,8 ptas/litro frente a valores de CBL = 22,3 ptas/litro obtenidos por los CL-215T y CBL = 26,7 ptas/litro por aviones Dromader PZL durante el año 1994.

De igual forma, en el año 1995 se usó por primera vez en España el helicóptero Mi-17 para lanzamiento de agua. Al presentar un valor de CBL= 42´5 ptas/litro frente a un CBL_{medio}=15´62 ptas/litro de los KAMOV no ha vuelto a ser contratado.

Esta página se deja en blanco intencionadamente.

Un Método Rápido para Calcular los Tiempos de Respuesta de Emergencia Utilizando Superficies de Resistencia al Viaje[1]

David C. Hatfield,[2] Marc R. Wiitala,[3] Andrew E. Wilson,[4] Eric J. Levy[5]

Resumen

Se describe un algoritmo que calcula rápidamente los tiempos mínimos de viaje entre lugares para unidades de extinción de incendios forestales de respuesta inicial. El algoritmo se desarrolló para integración en modelos de simulación de planificación de incendios incontrolados para identificar rápidamente las unidades de extinción de incendios con la respuesta más rápida a un incendio durante una simulación. Aunque en general son bastante rápidos, los algoritmos de minimización de rutas basados en red, no son adecuados para el problema de incendios incontrolados ya que dichos incendios están situadas con frecuencia lejos de características existentes de la red, tales como carreteras y pistas forestales. Por otra parte, los algoritmos tradicionales de la ruta del menor coste basados en retícula pueden tardar minutos, cuando no horas, para calcular el tiempo de viaje de cada recurso, lo que resulta demasiado lento para ser efectivos dentro de un modelo de simulación. El algoritmo presentado en esta ponencia mejora la tecnología basada en retícula proporcionando un planteamiento multirresolución. Nuestros resultados de prueba demuestran que el nuevo algoritmo aumenta espectacularmente la velocidad de los cálculos con una pérdida de precisión muy limitada.

Introducción

Un problema molesto al que tiene que hacer frente al diseño de modelos realistas de simulación para la planificación del ataque inicial de incendios incontrolados es la estimación exacta de los tiempos de viaje de los recursos de extinción en tierra de un lugar a otro. Desde el punto de vista de la creación del modelo de simulación de ataque inicial, se necesita algo más que estimaciones exactas de los tiempos de viaje, ya que también es necesario, dentro del modelo de simulación, hacer rápidamente

---

[1] Una versión abreviada de esta ponencia se presentó en el segundo simposio internacional sobre economía, política y planificación de incendios: una visión global, 19–22 de Abril de 2004, Córdoba, España.

[2] GIS Developer, Digital Visions Enterprise Unit, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, 333 SW 1st Ave, Portland, OR, 97204.

[3] Operations Research Analyst, Forestry Sciences Laboratory, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, 620 SW Main Street, Suite 400, Portland, OR 97205.

[4] Resource Information Specialist, Forestry Sciences Laboratory, Pacific Southwest Research Station, U.S. Department of Agriculture, 620 SW Main Street, Suite 400, Portland, OR 97205.

[5] GIS Analyst, Digital Visions Enterprise Unit, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, 1230 NE Third St., Suite A-262, Bend, OR 97701.

estos cálculos para conseguir así mantener unos tiempos de ejecución de la simulación razonables.

En esta ponencia, describimos un eficiente algoritmo de la ruta más corta basado en ordenador para el cálculo de los tiempos de viaje dentro de un modelo de simulación de ataque inicial a incendios incontrolados. Este algoritmo, COSTPATHSQ (Q por rápida), se desarrolló para satisfacer las necesidades del Wildfire Initial Response Assessment System (WIRAS) (sistema de evaluación de la respuesta inicial a incendios incontrolados), que es una amplia herramienta de planificación de ataque inicial a incendios incontrolados (Wiitala y Wilson, en estas actas).

WIRAS simula la efectividad de una organización de extinción terrestre y aérea en la lucha contra incendios forestales incontrolados. Durante una simulación, WIRAS tiene que evaluar las oportunidades para enviar hasta 100 recursos de extinción a numerosos lugares de incendio. Esta necesidad de evaluación puede presentarse muchas veces durante una sola simulación, lo que conduce a decenas de miles de estimaciones de tiempos de viaje. Para ser efectivo, el modelo de simulación WIRAS requiere que los cálculos se realicen en una fracción de segundo, proporcionando al mismo tiempo una pérdida de precisión limitada en las estimaciones del tiempo de viaje. Para alcanzar ese objetivo, exploramos en primer lugar la posibilidad de calcular los tiempos de viaje a través de una red utilizando el algoritmo de la ruta más corta de Dijkstra (Dijkstra, 1959). Aunque se han introducido numerosas mejoras a lo largo de los años en el algoritmo de Dijkstra (Zahn 1997), para nuestro problema concreto, las pruebas realizadas utilizando el algoritmo de Dijkstra de acuerdo con su implantación en ArcInfo (ESRI 2001) demostraron ser demasiado lentas. Por tanto, decidimos desarrollar COSTPATHSQ, una nueva variante de la implantación del algoritmo de Dijkstra que podría aprovechar la naturaleza especial de nuestro problema de tiempos de viaje y satisfacer los requisitos de cálculo para el modelo de simulación WIRAS.

Métodos

En COSTPATHSQ se utiliza el algoritmo de Dijkstra para estimar la ruta del menor coste, entendiendo en este caso por coste el tiempo de viaje. En nuestro modelo, el viaje se realiza en una superficie de costes reticulada o retícula en lugar de realizarse en una red vectorial debido a que los incendios incontrolados no se producen necesariamente en características de la red, como carreteras y pistas forestales. Se podría construir una red a través de todo el paisaje, pero el tamaño del archivo sería excesivo y creemos que el tiempo de procesamiento sería prohibitivamente lento. Una superficie de costes reticulada se puede considerar como una red de triángulos regulares con un nodo de red en el centro de cada celda de la retícula y enlaces de red radiando desde cada nodo a cada uno de los ocho nodos adyacentes en horizontal, vertical y diagonal. La principal mejora respecto al algoritmo de Dijkstra descrita en esta ponencia, es la construcción y empleo de una superficie de costes multirresolución o pirámide de costes. La pirámide de costes permite que COSTPATHSQ se mueva inicialmente de forma rápida a través de una superficie de resolución basta. El algoritmo utiliza superficies de resolución más finas para localizar con más precisión los puntos finales (figura 1). Dependiendo de la tolerancia de los cálculos y de las necesidades de precisión, el usuario de COSTPATHSQ determina el número de niveles sucesivos de resolución deseados.

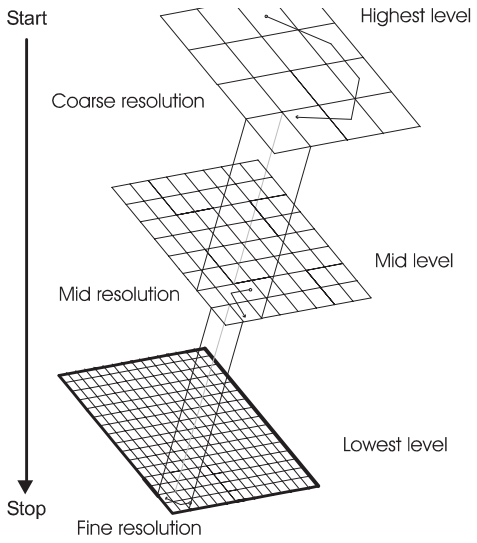


Figura 1— Manera de construir rutas del menor coste utilizando una pirámide de costes.

Pirámide de costes

El algoritmo COSTPATHSQ determina para una superficie de costes la ruta del menor coste entre puntos utilizando el algoritmo de Dijkstra de forma similar a como se utiliza en su implantación en ArcInfo (ESRI 2001). Cómo se ha mencionado anteriormente, COSTPATHSQ mejora el algoritmo de Dijkstra mediante el uso de una superficie de costes multirresolución o pirámide de costes. La pirámide de costes se construye agregando sucesivamente bloques de cuatro celdas en progresión ascendente a través de las superficies (figura 1). El primer nivel o nivel inferior de la pirámide se construye a partir de celdas originales de la superficie de costes. Estas celdas se agrupan de cuatro en cuatro para formar nuevas celdas en el segundo nivel de la pirámide Dentro de cada celda del segundo nivel, la celda del primer nivel que se considera que es la mejor ruta se selecciona como el centro o núcleo de la celda del segundo nivel El coste de viajar entre celdas adyacentes del segundo nivel se calcula entre los núcleos de las celdas utilizando el algoritmo de Dijkstra para viajar en el primer nivel de la pirámide. Estos ocho costes de viaje se almacenan en cada una de las celdas del segundo nivel de la pirámide. A continuación, las celdas del segundo nivel se agrupan de cuatro en cuatro para formar celdas del tercer nivel de la pirámide (el nivel más alto en la figura 1). Dentro de cada celda del tercer nivel, la celda del segundo nivel que se considera que es la mejor ruta se selecciona como el núcleo y el coste entre celdas del tercer nivel se calcula utilizando el algoritmo de Dijkstra para viajar por el segundo nivel de la pirámide. Este proceso se repite hasta que sólo quedan dos filas y/o columnas de celdas. El resultado son superficies de costes cada vez más generalizadas que conservan una gran parte de la precisión de los datos de origen. Este sistema de superficies de costes permite que COSTPATHSQ estime la ruta del menor coste entre puntos en una fracción de segundo y con una pérdida de precisión limitada.

Rutas

La determinación de las celdas que constituyen la mejor ruta se hace antes de construir la pirámide y está basada en la red de transporte subyacente. Esto se logra

seleccionando la celda de toda la retícula a la que corresponde el menor coste y recorriendo la ruta del menor coste hasta esta celda de origen desde cada una de las demás celdas de la superficie de costes. Si el menor coste corresponde a más de una celda, se selecciona aleatoriamente una de estas celdas para que sea la celda de origen. El resultado de este procesamiento previo es una retícula de rutas. El valor de cada celda de la retícula de rutas es el número de veces que se cruza la celda cuando se viaja desde cada una de las celdas de la retícula hasta la celda de origen. Las celdas que reciben los valores más altos se considera que son las rutas mejores. De esa manera, cuando se agrupan cuatro celdas del primer nivel para formar una celda del segundo nivel, la celda del primer nivel con el valor más alto en la retícula de rutas se selecciona como el núcleo de la celda del segundo nivel. Este valor máximo se asigna a la celda del segundo nivel y se utiliza durante la determinación de los núcleos en el tercer nivel de la pirámide, etc.

Ruta del menor coste

Una vez construida la pirámide de costes, se puede utilizar para estimar rápidamente la ruta del menor coste entre dos puntos. El usuario selecciona el nivel de la pirámide de costes que desea utilizar para el análisis. El viaje a niveles más altos es más rápido pero menos exacto. Trabajando en un nivel seleccionado, la ruta del menor coste entre los puntos de origen y destino se determina utilizando el algoritmo de Dijkstra. Sin embargo, la ruta se interrumpe una celda antes de los puntos de origen y destino (figura 1). Esto es necesario porque los puntos destino no pueden caer en el núcleo de la celda y el viaje hasta el núcleo de la celda puede dar por resultado un retroceso y por consiguiente una sobreestimación del coste. En lugar de eso, se realiza un análisis de la ruta del menor coste entre esos puntos extremos y los núcleos de las celdas siguientes hasta la última de la ruta en el siguiente nivel más bajo de la pirámide, interrumpieron o de nuevo el viaje una celda antes del destino. Este proceso se repite en sentido descendente hasta llegar al nivel más bajo de la pirámide. Finalmente, el coste, y opcionalmente la ruta real, se envía a un archivo.

Procedimientos de prueba

El bosque nacional Umatilla situado en la zona oriental de Oregón y Washington en el noroeste de Estados Unidos se seleccionó como el lugar para probar la velocidad y precisión del algoritmo COSTPATHSQ. En ese lugar, se construyó una superficie de costes de tiempos de viaje en la que el valor de cada celda de la retícula se hizo igual a la fracción de minuto que tardarían los recursos de extinción de incendios en viajar un metro dentro de la celda. La superficie de costes se construyó sobre la base de velocidades de viaje en carretera y fuera de la carretera (Wilson y Wiitala 2003). El lado de cada celda tenía 30 metros. En la retícula completa había más de 8.000 filas y columnas de celdas.

Realizamos nuestra prueba primaria en un subconjunto de la retícula que contenía 2.169 filas y 2.235 columnas y cubría aproximadamente una superficie de 4.400 kilómetros cuadrados Para determinar hasta qué punto sería aceptable el comportamiento del algoritmo COSTPATHSQ en conjuntos de datos menores y mayores, también realizamos pruebas en retículas de 655 por 677 y 7.177 por 7.375—superficies aproximadas de 390 y 46.600 kilómetros cuadrados, respectivamente.

Dentro de cada uno de los tres conjuntos de datos de Umatilla, se seleccionaron aleatoriamente diez puntos de origen (que representaban recursos de extinción) y 32 puntos destino (que representaban incendios incontrolados). En cada prueba, esto exigió determinar 320 tiempos de viaje entre los conjuntos de puntos.

Los tiempos de viaje se calcularon también utilizando el algoritmo estándar de Dijkstra a partir del módulo de retícula de ArcInfo 8.1 para obtener una línea de base con la cual se pudieran comparar los resultados de COSTPATHSQ. Se realizaron pruebas en un ordenador con un procesador a 1,0 GHz, 512 MB de RAM y un sistema operativo Windows 2000.

Resultados

Informamos sobre los resultados concretos de la prueba solamente para el conjunto de datos de tamaño medio (tabla 1) y comentamos brevemente el comportamiento en los conjuntos de datos menores y mayores Como referencia para comparaciones de comportamiento, el algoritmo de Dijkstra, que proporciona resultados óptimos, tardó 2.500 para calcular las rutas de tiempos de viaje mínimo para las 320 combinaciones de puntos de origen y destino. Por contraste, ejecutando el algoritmo COSTPATHSQ al nivel nueve de la pirámide, el nivel de resolución más basta, sólo se tardaron 16 segundos (0,05 segundos por ruta) y fue 160 veces más rápido que el de Dijkstra. Sin embargo, a este nivel de resolución, se produjo una sobreestimación media del 15% de los tiempos de viaje respecto a los obtenidos con el algoritmo de Dijkstra. Ejecutando COSTPATHSQ a niveles cada vez más bajos de la pirámide (resoluciones de la retícula más finas) se mejora la precisión, pero sólo a expensas de tiempos de cálculo más largos. Al nivel cinco de la pirámide, la precisión se multiplicó casi por 5, duplicando solamente el tiempo de ejecución (tabla 1). Por debajo del nivel cinco, se obtuvieron mejoras de la precisión a expensas de tiempos de ejecución cada vez más largos En ese caso, COSTPATHSQ no proporcionó resultados a los niveles 1 y 2 de la pirámide porque el ordenador utilizado para realizar las pruebas no tenía memoria suficiente.

Tabla 1-- *Una comparación de los resultados de las pruebas de COSTPATHSQ y Dijkstra.*

	Dijkstra	Construcción de la pirámide	COSTPATHSQ								
			Nivel de la pirámide								
			9	8	7	6	5	4	3	2	1
Tiempo de ejecución (s)	2,500	2,200	16	18	19	21	32	84	490	-	-
Velocidad relativa[1]	1.0		160	140	130	120	78	30	5.1	-	-
Precisión[2]	.00		15	11	8.6	4.8	3.1	1.5	.67	-	-

[1] *Veces más rápido que el algoritmo básico de Dijkstra.*
[2] *Porcentaje de sobreestimación del tiempo de viaje.*

Antes de abandonar estos resultados deseamos señalar que hay un coste informático inicial en el uso del algoritmo COSTPATHSQ. En esta prueba, se tardaron 2.200 segundos en construir la pirámide de costes, casi tanto como el tiempo de ejecución del algoritmo de Dijkstra (tabla 1). Sin embargo, después de construir la pirámide, COSTPATHSQ consigue enormes mejoras de rendimiento respecto al algoritmo estándar de Dijkstra. Nuestras pruebas con los conjuntos de datos menores y mayores permite hacer algunas observaciones interesantes. La ventaja relativa en prestaciones de COSTPATHSQ aumenta con el tamaño del conjunto de datos. Por ejemplo, si se considera aceptable sobreestimar el menor coste en un cinco por ciento, nuestras pruebas con el conjunto de datos más pequeño mostraron que COSTPATHSQ sólo es aproximadamente 12 veces más rápido que Dijkstra. Con el conjunto de datos de tamaño medio, COSTPATHSQ resultó ser 120 veces más rápido. Además, nuestras pruebas con el conjunto de datos grande demostraron que COSTPATHSQ es aproximadamente 1.500 veces más rápido que Dijkstra. Nuestros experimentos demostraron también que las prestaciones de COSTPATHSQ respecto a Dijkstra aumentan cuando es mayor el número de puntos de origen y destino.

Conclusiones

COSTPATHSQ ha abierto con éxito la puerta a la posibilidad de hacer cálculos más realistas y más rápidos de los tiempos de viaje, mejorando así los modelos de simulación de ataque inicial de incendios forestales. Este algoritmo, en la mayoría de los casos, es mucho más rápido que el algoritmo estándar de Dijkstra en el cálculo de los tiempos de viaje de respuesta de recursos de extinción en el entorno de incendios forestales incontrolados. Utilizando un planteamiento multirresolución, los resultados de nuestras pruebas demuestran que COSTPATHSQ proporciona resultados con mayor rapidez y con una pérdida de precisión limitada. También hemos encontrado que la ventaja de utilizar COSTPATHSQ se hace mayor cuando se manejan conjuntos de datos más grandes. Además, permite al usuario seleccionar la resolución del análisis, lo que hace posible encontrar un equilibrio aceptable entre velocidad y precisión.

Reconocimientos

El planteamiento multirresolución del análisis de la ruta del menor coste ha sido inspirado por Alan Ager, Pacific Northwest Research Station, USDA Forest Service, La Grande, Oregon.

Bibliografía

Dijkstra, E. W. 1959. **A Note on Two Problems on Connection with Graphs**. Numeriche Mathematik, 1:269:271.

Environmental Systems Research Institute. 2001. **Cell-based Modeling with GRID - Weighted Distance Functions**.

Wilson, Andrew E., and Marc R. Wiitala. 2003. **Estimating Travel Times to Forest-Fires Using Resistance Surfaces**. Twenty-Third Annual ESRI International User Conference Proceedings, 7-11 July 2003, San Diego, California: Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, California; unpaginated CD-ROM.

Zahn, F. Benjamin. 1997. **Three Fastest Shortest Path Algorithms on Real Road Networks: Data Structures and Procedures**. Journal of Geographic Information and Decision Analysis 1(1):69-82.

Desarrollo Preliminar de un Modelo de Probabilidades, para Establecer la Gravedad de los Incendios en los Bosques de California[1]

John W. Benoit,[2] Haiganoush K. Preisler[3]

Resumen

En este estudio en progreso, examinamos datos históricos sobre incendios, climatología y condiciones del combustible en los bosques nacionales de California. Construimos modelos de regresión logística para determinar las probabilidades de episodios ígneos y las de que éstos se conviertan en grandes incendios. Utilizamos la misma metodología que la que desarrollamos previamente en un estudio en el que se utilizaron datos del Estado de Oregón. Nuestro objetivo es seguir desarrollando este proceso de evaluación de riesgos para que sirva de herramienta a responsables de gestión y a planificadores.

Introducción

Las autoridades responsables de gestionar los incendios en California confían en una serie de factores para determinar la gravedad de un incendio y poder adoptar decisiones referentes a la asignación de recursos y a las tácticas de extinción. Debido a la gran diversidad medioambiental de California hay que utilizar una serie de variables para describir las condiciones metereológicas, el grado de humedad del combustible y el comportamiento del fuego. Un indicador del potencial de un incendio en una zona puede no resultar eficaz en otra. Cada experto local puede por lo tanto elegir una serie de indicadores que le resulten útiles, pero ello puede causar dificultades a la hora de comparar la gravedad de los incendios en diferentes regiones.

En los EE.UU. el Sistema Nacional de Cálculo de Peligro de Incendios (NFDRS por sus siglas en inglés) es un proceso que permite obtener una serie de indicios para cualquier región del país, dadas ciertas condiciones metereológicas y de combustible. Estos indicios proporcionan una idea sobre el potencial de un incendio y sobre el comportamiento de éste en una zona dada. Los expertos los utilizan para establecer en qué momento hay que efectuar una quema controlada, para evaluar la necesidad de utilizar recursos de extinción y para adoptar decisiones tácticas en cuanto a ésta. Aunque estos indicios son considerados confiables, su relación con los incendios no ha sido examinada con suficiente detenimiento.

En un estudio previo recogimos el historial de incendios, los datos observados en una estación metereológica, los valores del índice NFDRS así como otras capas geográficas correspondientes al Estado de Oregón (Preisler et al. 2004). Después construimos ecuaciones de regresión logística para estimar, en un día y en un lugar de Oregón, 1) las probabilidades de ignición y 2) las probabilidades de que una ignición

[1] Una versión abreviada de esta ponencia se presentó en el segundo simposio internacional sobre economía, política y planificación de incendios: una visión global, 19–22 de Abril de 2004, Córdoba, España.

[2] Especialista en Informática, USDA Forest Service, Riverside, California.

[3] Estadístico, USDA Forest Service, Albany, California.

se transforme en un gran incendio (de más de 100 acres, o aproximadamente 45 hectáreas). Las probabilidades de que se produzca un gran incendio pueden luego calcularse sobre estas dos probabilidades.

En el presente estudio hemos querido aplicar y adaptar esta metodología a California. Existen algunas diferencias entre ambos estudios, sobre todo relacionadas con los datos observados recabamos. Por ejemplo, en California, podemos obtener una mayor cantidad de capas GIS, más actualizadas y de mayor resolución que las que obtuvimos en el estudio de Oregón. California tiene también una mayor diversidad geográfica y climatológica. Sin embargo, estos factores no deberían influir en nuestra metodología, ya que los modelos que construimos tienen en cuenta estas diferencias mediante variables aclaratorias, y son robustos en cualquier punto geográfico.

Datos

El Sistema de Evaluación de Incendios Forestales (WFAS) es una recopilación de datos observados y productos de previsión para establecer la gravedad de los incendios en el interior de los EE.UU. Desde enero del 2000 el WFAS publica online los datos brutos (tabulares) observados en el catálogo de las estaciones pertenecientes al Sistema de Gestión de Información Metereológica (WIMS). Nosotros trabajamos con los datos correspondientes a cada día y a cada estación entre 2000 y 2002 incluido. En el informe diario de cada estación consta la temperatura, la humedad relativa, la velocidad del viento, la precipitación, el componente de liberación de energía (índice NFDRS), el componente de propagación (índice NFDRS), el índice de sequía Keetch-Byram y los valores de humedad del combustible a las diez, cien y mil horas. Resultó ser una gran ventaja que estos datos incluyeran información del NFDRS además de la información sobre las condiciones metereológicas y sobre el combustible, ya que generar índices NFDRS a partir de datos históricos es un proceso complicado. Antes del 2000, los índices históricos del NFDRS no se archivaban ni tampoco eran fácilmente accesibles algunas de las variables del sistema. Por ejemplo, la temperatura observada del combustible –un dato clave- era rara vez registrada en las estaciones del WIMS.4

Nosotros obtuvimos los datos observados correspondientes a todos los incendios que se declararon en los bosques nacionales de California entre 2000 y 2002. Los datos recabados provenían de la base de datos NIFMID (National Interagency Fire Management Integrated Database).5 Incluían la fecha del incendio, el lugar, la causa sospechada y su tamaño. Como este conjunto de datos no se refiere solamente a los incendios forestales sino también a aquellos que supusieron una amenaza para los bosques (p.e. incendios que se declararon en terrenos adyacentes), utilizamos los límites de los bosques nacionales de California como una máscara para asegurarnos de disponer de una lista de incendios cuyo punto de ignición realmente se produjo dentro del bosque. Además, sólo incluimos incendios que consumieron más de 0.1 acres y que habían sido clasificados como incendios forestales. 746 incendios respondieron a estos criterios durante el período de estudio (Figura 1).

[4] En nuestro estudio sobre Oregon utilizamos los índices NFDRS de 1989 hasta 1996 generados por un proceso diferente que el que usamos para crear los índices de las estaciones WIMS de la WFAS. En el proceso de desarrollar nuestro procedimiento para California, no quisimos combinar estos dos tipos de conjuntos de datos diferentes hasta que pudiéramos verificar que sus características generales son similares.

[5] Consultar http://famweb.nwcg.gov/kcfast/html/ocmenu.htm.

Los datos de altitud de los bosques nacionales se obtuvieron por kilómetro. Como pretendemos que el procedimiento que estamos desarrollando pueda aplicarse en regiones de gran extensión, un espaciado de valores de un kilómetro nos pareció lo más adecuado.

Y por último, tomamos una capa del modelo de combustible de California del Programa del Departamento de Bosques, Protección contra Incendios y Evaluación de Recursos de California (FRAP),6 un mapa en el que se clasifica la vegetación por su forma de ignición. Se hicieron nuevas muestras con los datos del modelo de combustible para obtener un tamaño de celda de un kilómetro.

Todas las capas de datos fueron georegistradas (alineadas en el espacio) lado a lado. Convertimos todas las coordenadas a la proyección geográfica acimutal de Lambert, para colocar los puntos geográficos en un plano cartesiano. Esta metodología resulta conveniente para estimar el número esperado de igniciones o de grandes incendios en un día concreto.

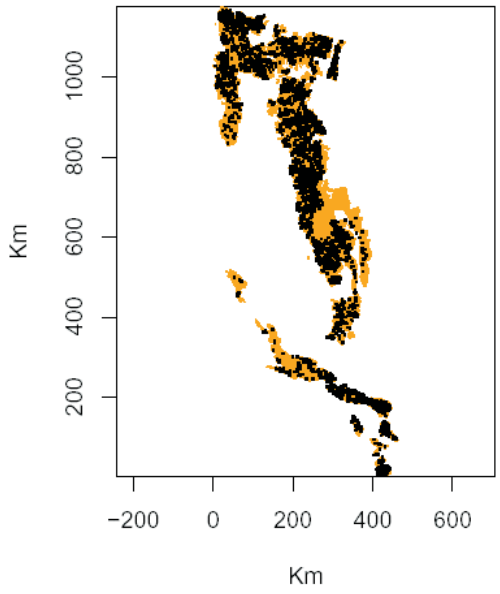


Figura 1—*Incendios federales en California 2000-2003. La zona sombreada representa los bosques nacionales del estado de California. Los puntos negros representan el punto de origen de los incendios.*

Metodología

En el estudio, los datos observados se representaron en una rejilla cartesiana por medio de una unidad espacial de un kilómetro y temporal de un día. La unidad básica que utilizamos en la muestra fue de un solo kilómetro cuadrado por día. Esta unidad fue denominada voxel. Los datos sobre bosques nacionales de California en los años 2000- 2002, contenían 117.438.750 voxels, en 5.317 de los cuales se produjo al menos una ignición. Como la proporción de voxels con incendio y voxels sin incendio es extremadamente baja, se implantó una técnica de muestreo en dos fases (Brillinger 2003) la cual requería definir un conjunto con todos los voxels con incendio y una

[6] Consultar http://frap.cdf.ca.gov/.

pequeña muestra de voxels sin incendio[7]. A continuación, se puede realizar una estimación de los parámetros utilizando el conjunto más pequeño de voxels en vez de toda la población de datos del estudio.

Cada día, la meteorología observada, así como la humedad del combustible y los valores NFDRS registrados en las estaciones específicas son interpolados a partir de los valores de las estaciones WFAS a los voxels individuales. Puede utilizarse una interpolación ponderada inversa a la distancia para llegar a estimar los valores de las celdas de un kilómetro en un día dado. Alternativamente, otros métodos de interpolación, como el de loess o el de acanalamientos de placas delgadas, proporcionarán probablemente valores más exactos. Las rejillas con los valores interpolados se guardan para más tarde.

Consideremos ahora una variable indicativa como:

$N_{x, y, t} = 1$ si ha habido por lo menos una ignición en el voxel del punto (x, y) en el día t, y

$N_{x, y, t} = 0$ si no ha habido igniciones en el voxel

A continuación podemos definir la probabilidad p_1 en la que la ignición se da en el voxel (x,y,t) mediante el modelo logístico:

$$\boldsymbol{p}_{1,x,y,t} = \text{Prob}(\boldsymbol{N}_{x,y,t} = 1 \mid \boldsymbol{U}_{x,y,t}) = \frac{e^{\theta_{x,y,t}}}{1 + e^{\theta_{x,y,t}}}$$

en el que $\boldsymbol{U}_{x,y,t}$ representa los valores históricos de las variables aclaratorias del voxel ($\boldsymbol{x,y,t}$) y $\boldsymbol{\theta}_{x,y,t}$ representa el conjunto de parámetros que queremos calcular. El *logit* de $\boldsymbol{p}_{1,x,y,t}$ se define como:

$$\mathit{logit}(\boldsymbol{p}_{1,x,y,t}) = \log\left(\frac{p_{1,x,y,t}}{1 - p_{1,x,y,t}}\right) \tag{2}$$

A partir de (1) y (2), tenemos

$$\mathit{logit}(\boldsymbol{p}_{1,x,y,t}) = \boldsymbol{\theta}_{x,y,t} = \boldsymbol{\beta}_{0,x,y,t} + \boldsymbol{\beta}_{1,x,y,t}\boldsymbol{x}_{1,x,y,t} + \ldots + \boldsymbol{\beta}_{n,x,y,t}\boldsymbol{x}_{n,x,y,t} \tag{3}$$

en el que $\boldsymbol{n}$ es el número de variables independientes del modelo. El valor de $\mathit{logit}(\boldsymbol{p}_{1,x,y,t})$ puede variar entre $(-\infty,\infty)$. Asumiendo la independencia de los voxels, podemos utilizar técnicas de regresión para obtener las estimaciones de los coeficientes de (3).[8] Su utilizamos el modelo aditivo generalizado (GAM) podríamos deducir las relaciones no-lineares que existen entre las variables aclaratorias:

$$\begin{aligned}\mathit{logit}(\boldsymbol{p}_{1,x,y,t}) = {} & g_1(\boldsymbol{x,y}) + g_2(\boldsymbol{t}) + g_3(\boldsymbol{Elev}_{x,y,t}) + g_4(\boldsymbol{FM}_{x,y,t}) + g_4(\boldsymbol{BI}_{x,y,t}) \\ & + g_5(\boldsymbol{ERC}_{x,y,t}) + g_6(\boldsymbol{KB}_{x,y,t}) + g_7(\boldsymbol{TH}_{x,y,t}) + g_8(\boldsymbol{WS}_{x,y,t}) \\ & + g_9(\boldsymbol{RH}_{x,y,t}) + g_{10}(\boldsymbol{Temp}_{x,y,t})\end{aligned} \tag{4}$$

[7] El tamaño de la muestra de voxels sin fuego se determina eligiendo una pequeña proporción (p.e. ~0.15%). Después se realiza una muestra aleatoria a este nivel con todos los voxels sin fuego.

[8] Naturalmente, no podemos asumir fácilmente que los datos son temporal y espacialmente independientes. Por ejemplo, cuando después de un incendio se ha quemado una zona (un conjunto de voxels), no existen muchas probabilidades de que se vuelva a producir otro incendio en el mismo lugar durante cierto tiempo. Esperamos que algunas de estas relaciones sean tenidas en cuenta por las variables aclaratorias dentro de cada voxel –una zona recientemente incendiada puede presentar un cambio del grado de humedad del combustible, lo cual afectaría a la posibilidad de que se produzca otro incendio en el mismo lugar poco tiempo después.

Aquí, $\boldsymbol{Elev}_{x,y,t}$ representa la elevación; $\boldsymbol{FM}_{x,y,t}$ el modelo de combustible; $\boldsymbol{BI}_{x,y,t}$ el índice de combustión; $\boldsymbol{ERC}_{x,y,t}$ el componente de liberación de energía; $\boldsymbol{KB}_{x,yt,}$ el índice de sequía de Keetch Byram; $\boldsymbol{TH}_{x,y,t}$ el nivel de humedad del combustible a las mil horas; $\boldsymbol{WS}_{x,y,t}$ la velocidad del viento; $\boldsymbol{RH}_{x,y,t}$ la humedad relativa y $\boldsymbol{Temp}_{x,y,t}$ la temperatura del voxel ($\boldsymbol{x},\boldsymbol{y},\boldsymbol{t}$). Las funciones $g(\bullet)$ son igualadores no-paramétricos calculados simultáneamente con el GAM. $g_1(\boldsymbol{x},\boldsymbol{y})$ representa el efecto de la localización y $g_2(\boldsymbol{t})$ es el efecto temporal del modelo.

La probabilidad condicional $\boldsymbol{p}_{2,x,y,t}$ de que ocurra un gran incendio (de más de 100 acres) debido a una ignición puede ser modelada utilizando la misma técnica que nos permitió calcular $\boldsymbol{p}_{1,x,y,t}$. Pueden usarse lo mismos coeficientes u otros similares. En el caso de $\boldsymbol{p}_{2,x,y,t}$, sin embargo, los coeficientes se calculan utilizando solamente el conjunto de voxels en el cual *sí* hubo incendios.

Finalmente, dados $\boldsymbol{p}_{1,x,y,t}$ y $\boldsymbol{p}_{2,x,y,t}$, podemos ahora calcular fácilmente la probabilidad incondicional de que se produzca un gran incendio, ya que

$$\boldsymbol{p}_{3,x,y,t} = \mathrm{P}(\mathbf{A} \cap \mathbf{B}) = \mathrm{P}(\mathbf{A}) \cdot \mathrm{P}(\mathbf{B} \mid \mathbf{A}) = \boldsymbol{p}_{1,x,y,t} \cdot \boldsymbol{p}_{2,x,y,t} \qquad (5)$$

donde

A = episodio de ignición, y

B = episodio de ignición convertida en gran incendio.

Una de las ventajas características de los voxels como unidad básica para calcular las probabilidades es que se puede obtener rápidamente el número esperado de incidencias de fuego de un día dado. Por ejemplo, el número esperado de incendios dentro del área de estudio o en un subconjunto de ésta en un día específico es la suma de los valores de $\boldsymbol{p}_{1,x,y,t}$ en cada kilómetro en el área deseada para ese día. El número esperado de igniciones que se pueden transformar en grandes incendios por día puede calcularse de la misma forma, utilizando $\boldsymbol{p}_{2,x,y,t}$ y $\boldsymbol{p}_{3,x,y,t}$, respectivamente. Adicionalmente, los intervalos de seguridadcz pueden derivarse de estas tres posibilidades (cft.Preisler et al.2004).

Trabajos Adicionales

Este estudio sobre California es un estudio en progreso. Aquí presentamos los resultados obtenidos hasta ahora, así como el procedimiento que pretendemos utilizar (gran parte del cual ha sido realizado para nuestro trabajo sobre Oregón). Existen algunas opciones que deseamos investigar. Nos gustaría trabajar con un período más extenso que el de los años 2000-2002. Nuestro principal obstáculo ha sido lograr obtener los valores históricos de los índices NFDRS para establecer relaciones con los casos de incendio. Actualmente, estamos investigando otros métodos posibles para generar valores históricos NFDRS.

Nuestro procedimiento nos permite testar diferentes métodos de interpolación espacial sobre los datos diarios de las estaciones. La interpolación de distancia inversa ponderada es uno de los enfoques sencillos que se pueden utilizar (se utiliza comúnmente en los productos WFAS), pero se pueden obtener resultados más exactos con métodos localmente ponderados, como las técnicas de loess o la de acanalamiento de placas delgadas.

El trabajo aquí esbozado se basa en datos observados. Sin embargo, nuestra intención es utilizar las ecuaciones de regresión logística que hemos desarrollado para

producir datos de predicción y mapas de probabilidades para calcular la gravedad de una incidencia (Figura 2). Testar los resultados de los diferentes modelos metereológicos será de gran interés. Por lo tanto, deseamos eventualmente integrar diferentes modelos como el RSM (Roads 2000 & 2002) o el MM5, en nuestro procedimiento.

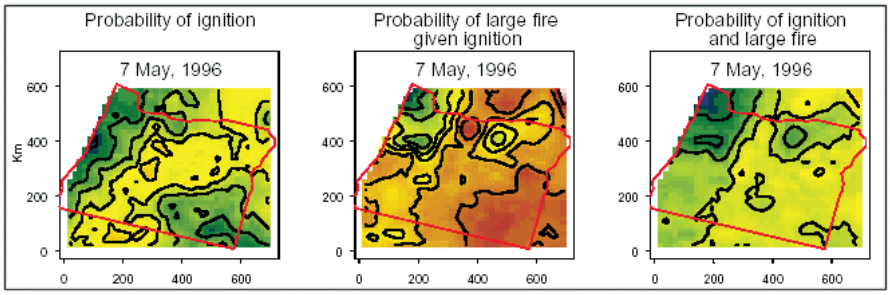


Figura 2—*Mapas de probabilidad de que se produzca una ignición, un gran incendio después de una ignición y de una ignición seguida de un gran incendio en Oregón. Los colores van desde el azul/verde oscuro (baja probabilidad) hasta el marrón rojizo (alta probabilidad). Hemos creado mapas similares para California.*

Con este trabajo pretendemos eventualmente crear un producto para predecir y calcular la gravedad de un incendio, basándonos en la tecnología y en las herramientas utilizadas actualmente por los profesionales. Esperamos que este sea escalable, y que pueda utilizarse tanto a nivel nacional como a nivel de distrito. Ya por último, tiene que ser sencillo de usar y de comprender. Este enfoque basado en el cálculo de probabilidades está demostrando grandes posibilidades en este sentido.

Bibliografía

Bradshaw, Larry S.; Deeming, John E.; Burgan, Robert E.; Cohen, Jack D., compiladores. 1984. **The 1978 National Fire-Danger Rating System: technical documentation.** Gen. Tech. Rep. INT-169. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. 44 pp.

Brillinger, D.R.; Preisler, H.K.; Benoit, J. W. 2003. **Risk assessment: a forest fire example.** In: Goldstein, Darlene R., editor. Institute of Mathematical Statistics Lecture Notes – Monograph Series 40: 177-196.

Preisler, H.K.; Brillinger, David R.; Burgan, Robert E.; Benoit, J.W. 2004. [In press]. **Probability based models for estimation of wildfire.** International Journal of Wildland Fire.

Roads, J.O; Chen, S.-C.; Kanamitsu, M. 2002. **US regional climate simulations and seasonal forecasts.** Journal of Geophysical Research-Atmospheres.

Roads, J.O.; Fujioka, F.; Burgan, R. 2000. **Development of a seasonal fire weather forecast for the contiguous United States.** Preprints. Third symposium on fire and forest meteorology, Long Beach, CA. Amer. Meteor. Soc.; 99-102.

S-PLUS 2000 guide to statistics, vol 1. Data Analysis Products Division, MathSoft, Seattle, WA; 638 p.

Un Sistema Integrado para Evaluación Estática y Dinámica de Riesgos a Nivel Nacional[1]

Paolo Fiorucci,[2] Francesco Gaetani,[2] Riccardo Minciardi [2,3]

Resumen

En esta ponencia, se presenta un planteamiento integrado para la evaluación del riesgo de incendios forestales en una extensa zona geográfica. Dicha evaluación tiene por objeto apoyar decisiones relativas a la planificación a largo plazo y a las fases preoperativas. La evaluación de riesgos se realiza tanto en situaciones estáticas como dinámicas. La información utilizada para la evaluación de riesgos es pertinente para el peligro y para la vulnerabilidad y el coste de los elementos expuestos. La evaluación de riesgos se realiza, en el caso dinámico, mediante el uso de una cascada de dos modelos, haciendo el primero el seguimiento del contenido de humedad de la materia combustible fina muerta disponible y proporcionando el segundo una estimación de la propagación potencial y de la intensidad lineal de un incendio posiblemente iniciado en la celda. Los dos modelos se basan en información meteorológica (tiempo real y previsión) y en información territorial almacenada en una base de datos GIS. Por el contrario, en el caso estático, la evaluación de riesgos está basada en un profundo análisis de los incendios ocurridos históricamente en cada celda.

Introducción

Desde la más remota antigüedad un gran número de incendios incontrolados han quemado el bosque mediterráneo. De hecho, a lo largo de los siglos, la necesidad de sostener a la población creciente ha alterado el equilibrio original del hábitat natural. Una gran cantidad de zonas boscosas fueron destruidas con el ánimo de crear espacio para nuevos asentamientos, pastos y cultivos agrícolas. Más adelante, en la era industrial y los consiguientes asentamientos urbanos de grandes dimensiones transformaron el territorio de forma espectacular. A este respecto, las zonas boscosas eran los lugares donde las poblaciones mediterráneas encontraban los materiales y la energía (leña, madera y lignito) que necesitaba la industria. Actualmente, en plena era del petróleo, los bosques han perdido su importancia, pero como consecuencia del crecimiento urbano, la población que vive dentro o cerca de zonas con vegetación o bosques ha aumentado. En contrapartida, la población rural ha disminuido y,

[1] Una versión abreviada de este trabajo se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación, y economía de los programas de protección contra incendios forestales: una visión global, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] Centro di Ricerca Interuniversitario in Monitoraggio Ambientale, Universidad de Génova. Via Cadorna, 7- 17100 Savona, Italia.

[3] Dipartimento di Informatica, Sistemistica e Telematica, Universidad de Génova. Via Opera Pia, 13 - 16145 Genova, Italia.

actualmente, una población creciente sin ningún conocimiento un rural o agrícola vive en zonas boscosas y las visita percibiéndolas únicamente como zonas de descanso y placer.

A este respecto, la presencia procede de dos usos distintos de la tierra, separados por una frontera, que separa los entornos naturales de los asentamientos humanos. Por tanto, no debería sorprender la constatación de que la máxima frecuencia de declaración de incendios forestales se produzca a lo largo de esa frontera, es decir, en las llamadas interfaces urbanas con tierras sin cultivar (Wildland Urban Interfaces - WUI). De hecho, donde las zonas urbanas periféricas entran en contacto con zonas agrícolas productivas o zonas abandonadas, surge una situación de serio peligro, por ejemplo relacionada con las prácticas agrícolas que requieren generalmente la provocación de incendios en la proximidad de zonas ricas en biomasa y cerca de zonas habitadas. Realmente, en algunas regiones, la frecuencia de incendios y los efectos que tienen sobre el hábitat natural y las actividades humanas hacen que los incendios incontrolados representen el riesgo natural más notable, agravado por la complejidad de la organización necesaria para controlar dicho riesgo y luchar con eficacia contra un incendio forestal activo.

Se pueden hacer algunas observaciones preliminares relativas a terminología, ya que, de hecho, los términos *riesgo* y *peligro* en la literatura se consideran casi equivalentes. Por el contrario, en esta ponencia se utilizará el término peligro para designar la distribución física de las condiciones que favorecen una declaración de incendio potencial, independientemente de la presencia en el territorio de un *elemento expuesto*. El primer término se utilizará para designar el conjunto de entidades que pueden ser víctimas de una fuerza externa (en este caso un incendio) y sufrir daños. Naturalmente, los elementos expuestos están relacionados con vidas humanas, asentamientos, actividades industriales, infraestructura y también zonas pobladas de fauna. Para analizar el impacto de una fuerza externa sobre un elemento expuesto, es necesario tener en cuenta la *vulnerabilidad* del elemento. Entonces, el riesgo al que está sometido un elemento expuesto se puede evaluar sobre la base del peligro existente, de la vulnerabilidad del elemento y de cierta medida del valor del propio elemento.

Al menos en las zonas mediterráneas, la declaración de un incendio en una zona con vegetación es imputable en la práctica totalidad de los casos a actividades humanas (bien como una acción voluntaria o como una consecuencia involuntaria de las actividades humanas) y, por tanto, no reconocible propiamente como un suceso natural. Sin embargo, la propagación de un incendio declarado resulta muy influenciada por las características (topográficas, de vegetación, etc.) del territorio afectado, así como por las condiciones meteorológicas y las condiciones de la materia combustible (especialmente por lo que se refiere al contenido de humedad). Realmente, está claro que es incorrecto pensar en términos de prever las declaraciones de incendios y que por el contrario parece sensato evaluar y prever el peligro de que un incendio iniciado (de alguna manera) pueda encontrar condiciones favorables para su propagación y, por tanto, las consecuencias de dicha incendio sobre el sistema territorial (elementos expuestos).

El objeto de esta ponencia es proporcionar un primer desarrollo de un sistema integrado para apoyar decisiones relativas a la planificación a largo plazo y a las fases preoperativas dirigidas a reducir el impacto de los incendios incontrolados sobre el territorio. Con este fin, se considera en primer lugar la evaluación del peligro tanto desde el punto de vista estático como desde el dinámico. Luego, se presenta una

posible manera de evaluar el riesgo correspondiente a una sola unidad territorial y, sobre esta base, se definen los problemas de optimización con objeto de formalizar el proceso de toma de decisiones mencionado anteriormente.

La evaluación del peligro

Igual que ocurre en relación con otras clases de riesgos naturales, la evaluación del peligro de incendios forestales se puede hacer comenzando dentro de tres estructuras conceptuales distintas. En la primera, que se puede denominar evaluación *estática del peligro*, la evaluación y la distribución del peligro sobre el territorio se realiza sobre la base de información topográfica y de uso de la tierra (incluida la capa de vegetación), clima, posiblemente considerado para las distintas estaciones, y condiciones medias de la materia combustible (es decir, vegetación), de nuevo referidas a las diversas estaciones. La evaluación estática del peligro también se tiene que basar en el análisis de los datos disponibles de series históricas correspondientes a incendios forestales ocurridos en la región considerada.

El objeto de dicha evaluación podría ser proteger el bosque contra los incendios y planificar las dimensiones y la posición de las distintas clases de recursos (hombres, camiones, motores, aviones, infraestructuras, etc.) necesarios para gestionar el riesgo de incendios en un amplio territorio. Otro objetivo de dicho análisis podría ser obtener indicaciones sobre el uso de la tierra y la planificación urbana en una zona regional pequeña o media Realmente, el diseño y la asignación en zonas protegidas o naturales de infraestructuras dedicadas a emergencias de incendios forestales constituye un grave problema debido a la necesidad de limitar el impacto sobre la fauna así como a los costes de construcción y mantenimiento. La gestión de las operaciones de extinción en tierra requiere una amplia gama de instalaciones y una perfecta coordinación entre los elementos que intervienen en la fase de emergencia. Además, es necesario asegurar una acción continua de los recursos de emergencia y por tanto es fundamental diseñar un sistema global capaz de proporcionar un suministro continuo de agua cuando y donde es necesaria.

Dentro de la segunda estructura, que denominaremos evaluación *dinámica del peligro*, se supone que hay disponible información en tiempo real y que la evaluación del peligro se realiza en relación con un cierto período de tiempo (por ejemplo dos o tres días) para el cual hay disponibles previsiones meteorológicas fiables. Junto con la información de previsiones, la información en tiempo real utilizada para la evaluación dinámica del peligro puede proceder de distintas fuentes. condiciones meteorológicas presentes, datos medidos al nivel del terreno relativos a las condiciones de la vegetación, datos procedentes de satélites o sensores atmosféricos (de nuevo referidos principalmente a la condiciones de la vegetación). Con un ligero abuso de terminología, en lo que sigue el término "información en tiempo real" incluirá también las previsiones meteorológicas para el breve período de tiempo durante el cual se evalúa el peligro de incendio forestal.

La principal ventaja de una evaluación dinámica del peligro es la identificación, dentro del territorio considerado, de las zonas expuestas al peligro más alto y los intervalos de tiempo dentro del período de tiempo considerado en el que este peligro tiene lugar. El objeto de la evaluación dinámica del peligro es conseguir información fiable y útil para emprender cierto número de acciones preoperativas diversas capaces de reducir el impacto de un incendio declarado sobre el territorio considerado, dentro

del período de tiempo considerado. Dichas acciones pueden incluir, por ejemplo, cambiar de posición de los recursos disponibles sobre el territorio, poner en servicio recursos en período de descanso, alertar a las autoridades locales o responsables de situaciones de emergencia, establecer prohibiciones de algunas prácticas agrícolas peligrosas (como la quema de rastrojos) y patrullar las zonas afectadas por el peligro más alto.

Finalmente, la tercera estructura es la correspondiente a una situación en la cual se han detectado algunos incendios activos, existiendo el problema de seleccionar las mejores acciones para combatir dichos incendios, teniendo en cuenta la información correspondiente a la distribución de peligros sobre el territorio considerado. En este caso, se tiene que realizar una evaluación del peligro que sea pertinente para cada incendio detectado. Sobre esta base, se puede aplicar un procedimiento de toma de decisiones operativas con objeto de apoyar a los responsables de la toma de decisiones para tomar las correspondientes a las acciones a emprender con objeto de contrastar efectivamente o extinguir los incendios detectados.

Resumiendo, para cualquiera de las tres estructuras mencionadas anteriormente, es necesario considerar una fase de procesamiento cuyo objeto es realizar alguna evaluación del peligro, seguida de una fase orientada a la toma de decisiones cuyo objetivo es la selección de las mejores acciones a emprender sobre la base de la información disponible. Lo que distingue las tres estructuras, que se pueden llamar niveles de procesamiento de información/toma de decisiones, es el período de tiempo que caracteriza su operatividad y la información disponible. Evidentemente, la información generada a cualquiera de los niveles se pasa al nivel subsiguiente.

Para completar el cuadro, se puede añadir un cuarto nivel al esquema conceptual resumido anteriormente, relativo al procesamiento de información y a la toma de decisiones, después de haber extinguido un incendio. Realmente, las acciones correspondientes a dicho nivel tienen una importancia considerable en la gestión del riesgo de incendios forestales, pero en conjunto, su examen está más allá del alcance de la presente ponencia.

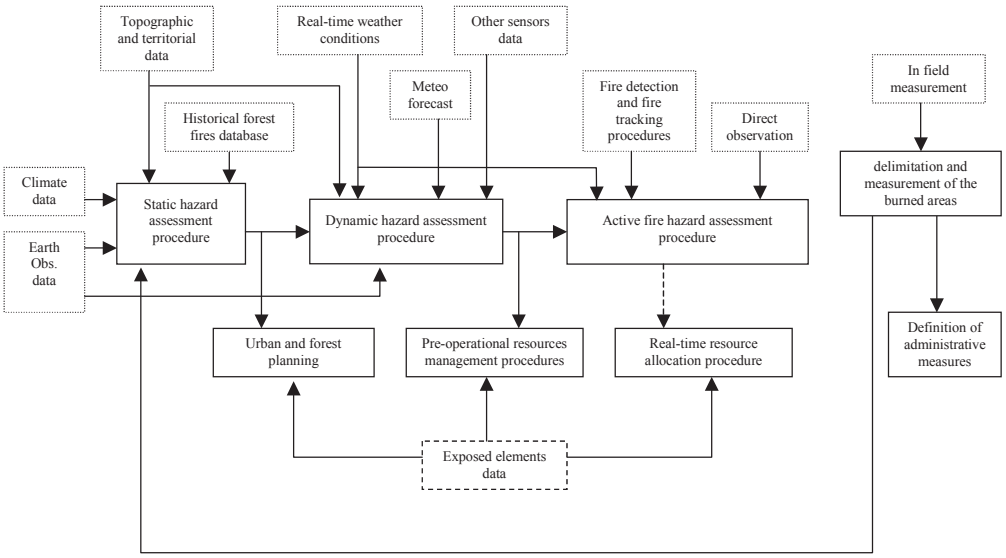


Figura 1—Esquema conceptual de la evaluación del peligro de incendios incontrolados Cada bloque de líneas continuas representa un procedimiento (o módulo del sistema), mientras que los bloques de líneas de puntos representan una información de entrada o salida y las líneas representan flujo de la información (incluida naturalmente la información correspondiente a las acciones que se tienen que emprender)

En esta ponencia sólo se consideran las dos primeras estructuras, mientras que la evaluación del peligro en tiempo real y la fase posterior al suceso no se consideran. Esto significa que se explican los procedimientos de evaluación estática y dinámica de peligros para las fases de planificación y preoperativa, además de los problemas y políticas pertinentes para mitigación del riesgo esperado o previsto, para una zona determinada, y para un conjunto determinado de elementos expuestos.

La evaluación dinámica del peligro

Para facilitar la presentación, es conveniente presentar este módulo antes que el módulo de evaluación estática de peligros. La estructura del módulo considerado se puede representar como en la figura 2. La estructura ilustrada en esta figura muestra que el módulo global se puede descomponer en dos modelos, es decir el modelo de humedad de la materia combustible y el modelo de propagación potencial del incendio. La función del modelo de humedad de la materia combustible es representar el comportamiento dinámico de la distribución sobre el territorio, de la variable que expresa el contenido de agua de la materia combustible que es más afectada por el proceso de combustión. El segundo modelo se utiliza para describir cuantitativamente el comportamiento de un incendio iniciado, sin tener en cuenta cualquier posible acción de extinción. Dicho modelo no se utiliza para obtener una previsión del proceso de propagación de un incendio dado, sino sólo para evaluar el riesgo potencial después de una posible iniciación.

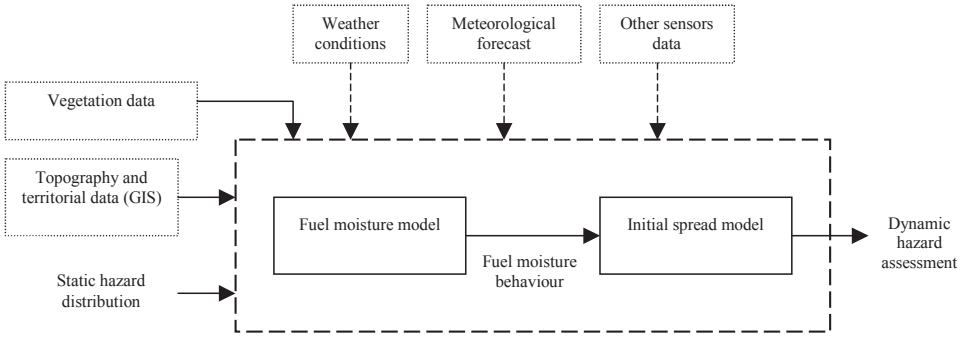


Figura 2 - Una representación esquemática de la estructura del módulo de evaluación dinámica del peligro de incendio forestal.

La información que pueden utilizar los dos submodelos representados en la figura 2 es parcialmente estática y parcialmente dinámica. Es decir, la información estática corresponde a datos topográficos y territoriales (orografía, uso de la tierra, red vial, etc.), que se puede obtener mediante un sistema de información geográfica (GIS) y a la capa de vegetación de las zonas consideradas. El último tipo de información se puede considerar estática, incluso en relación con la densidad de la biomasa. De hecho, la dinámica estacional de la biomasa es mucho más lenta que la dinámica de los dos submodelos ilustrados en la figura 2, de modo que se puede pensar razonablemente en considerar la carga media de vegetación para cada estación de interés.

Por otra parte, la información dinámica puede ser de distintos tipos. En primer lugar, puede haber una red de sensores de tierra (pluviómetros, anemómetros, sensores de radiación solar, etc.) capaces de proporcionar medidas en tiempo real de las variables cuya importancia es evidente para la evaluación del peligro de incendio forestal. Para adquirir información relacionada con la humedad del combustible, se pueden utilizar otros sensores. Finalmente, otra fuente de información dinámica la proporcionan también las salidas de un modelo meteorológico, suponiendo que las previsiones a lo largo de un período de tiempo de duración adecuada (por ejemplo, 48-72 horas) se pueden considerar suficientemente fiables.

Las funciones anteriores son discretas en el tiempo y en el espacio. Realmente, es razonable elegir el intervalo de división del tiempo y la retícula de división del espacio en correspondencia con los resultados del modelo meteorológico. Las variables que se determinan para evaluar el peligro de incendio forestal en cada celda de la retícula del espacio son la velocidad de propagación y la intensidad lineal que puede adquirir un incendio (en el caso de que prenda el incendio). La velocidad de propagación se obtiene mediante la aplicación de un modelo, quien no se utiliza para evaluar la dinámica de un incendio dado sino para evaluar las características físicas que puede alcanzar un incendio, en cada celda, sobre la base de las variables locales y la posibilidad de que el incendio prenda y se propague.

En este momento, ya se ha realizado una primera implantación del sistema, que esta basado únicamente en la información proporcionada por las salidas de un modelo de área limitada (LAM) meteorológico y en una base de datos GIS. En cuanto a la LAM, la información utilizada consiste en: la precipitación acumulada [m] en cada intervalo de tiempo de tres horas, la temperatura del aire [K], la temperatura del punto de rocío [K], la velocidad del viento [m.s-1] y la dirección del viento [rad]. Además,

se ha utilizado un modelo de evaluación digital (DEM) para definir el valor medio del ángulo de orientación [°], la pendiente [%] y la altitud [m] de cada celda de la retícula.

La información de vegetación disponible para el sistema está organizada en un mapa vectorial de toda la zona. Los datos morfológicos están almacenados en una base de datos GI y son: las cargas de combustible [kg m^{-2}], la altura media de las plantas [m] y la altura de la cresta [m]. Además, las características fisiológicas de las materias combustibles, que son el contenido medio de humedad del tejido estacional [%] de la materia combustible viva está incluido en la base de datos GIS, así como el poder prolífico superior (HHV) estacional medio [kJ kg^{-1}], tanto para las materias combustibles muertas como para las vivas.

El modelo de humedad de la materia combustible

La estructura básica del modelo de humedad de la materia combustible propuesto se parece mucho al que corresponde a la ecuación de Byram (Byram, 1963). Sin embargo, la justificación de la estructura es algo distinta y, lo que es más importante, la dependencia de los parámetros del modelo de variables meteorológicas está representada de una forma efectiva y operativa. Es decir, dicha dependencia se estructurará sobre la base de algunas consideraciones sencillas semifísicas, haciendo uso de un conjunto de parámetros de calibración que es posible determinar, con objeto de adaptar los resultados del modelo a las observaciones experimentales. Es necesario hacer una primera observación en relación con el modelo de humedad de la materia combustible propuesto que es que sólo se modela la dinámica de la materia combustible fina muerta. Por el contrario, la humedad de la materia combustible viva se considera prácticamente como independiente del tiempo y proporcionada por valores correspondientes a la capa de vegetación específica y a la estación considerada.

La dinámica de la humedad de la materia combustible fina muerta se representa utilizando, para cada celda k sobre la zona considerada, un modelo específico que no interactuar con los modelos de las demás celdas, ya que no se representa la propagación del incendio.

Por tanto, si $u_k^o(t)$ representa la humedad de la materia combustible fina muerta en la celda k, en el instante t, se supone que la evolución de la cantidad anterior se rige por la ecuación diferencial

$$\frac{du_k^o(t)}{dt} = K_1\ \text{step}(t) - K_2\ u_k^o(t) \qquad (1)$$

donde el paso (t) es la función de paso unitario [4]. De hecho, la solución de (1) tiene un comportamiento asintótico determinado únicamente por la relación (K1/K2), es decir

$$u_k^o(t) = \frac{K_2\ u_k^o(0) - K_1}{K_2}\ e^{-K_2 t}\ \text{step}(t) + \frac{K_1}{K_2}\ \text{step}(t) \qquad (2)$$

[4] La función paso[x] se define como igual a 1 si x = 0 e igual a 0 en caso contrario.

Naturalmente, el valor a asintótico (K1/K2) es independiente del estado inicial $u_k(0)$, y el comportamiento transitorio disminuye (aumenta) si $u_k\ (0) > (K1/K2)$ ($u_k\ (0) < (K1/K2)$). Obsérvese que la "constante de tiempo" que caracteriza la velocidad a la cual desaparece el término transitorio en la r.h.s. de (2), viene dada por 1/K2.

Realmente, debe tenerse en cuenta que la solución (2) de la ecuación (1) sólo es correcta en la hipótesis de la invariancia respecto al tiempo de los coeficientes K1 y K2, que sin embargo, como se explicará más adelante, se tiene que considerar variable en función del tiempo, ya que sus valores dependen de un conjunto de variables meteorológicas. Por consiguiente, el uso de la solución (2) sólo es correcto cuando la dinámica del modelo (1) (que se caracteriza por la constante de tiempo ($1/K_2$)) es considerablemente más lenta que la dinámica meteorológica (que determina la variación de K_1 y K_2). Sin embargo, el tratamiento discreto de (2) es admisible en cualquier caso, incluso si K_1 y K_2 varían significativamente en función del tiempo. Por esta razón, la dependencia del tiempo (y de la celda k) de dichos coeficientes se recordará en lo sucesivo explícitamente mediante la notación.

Se supone que los coeficientes $K_{1,k}(t)$ y $K_{2,k}(t)$ son funciones de las variables meteorológicas $p_k(t)$, $w_k(t)$, $\rho_k(t)$, $\tau_k(t)$, es decir, de la precipitación acumulada $p_k(t)$ [m], la intensidad del viento $w_k(t)$ [ms^{-1}, rad], la humedad relativa $\rho_k(t)$ [%], y la temperatura del aire τ_k [K], respectivamente. En el modelo propuesto, en lugar de tratar de modelar dicha dependencia mediante consideraciones termodinámicas, se supone una estructura semifísica expresando el valor asintótico ($K_{1,k}(t)/K_{2,k}(t)$) como una función de las variables meteorológicas de la manera siguiente:

$$\frac{K_{1,k}(t)}{K_{2,k}(t)} = e^{\frac{\rho_k(t)+\alpha_1}{\alpha_2+\alpha_3\tau_k(t)}} \text{ si } p_k(t)\le p^* \qquad (3)$$

$$\frac{K_{1,k}(t)}{K_{2,k}(t)} = \beta_1 \quad \text{si} \quad p_k(t)>p^* \qquad (4)$$

donde α_i (i=1,..,3), β_1 son constantes que tienen dimensiones adecuadas y p^*[m] es un valor de umbral para la precipitación acumulada. Obsérvese que (3) se cumple en ausencia de una precipitación importante (en el último intervalo de tiempo) mientras que (4) se cumple siempre que no se puede despreciar dicha precipitación. Naturalmente, los valores constantes se tienen que seleccionar de manera que

$$\beta_1 > e^{\frac{\rho_k(t)+\alpha_1}{\alpha_2+\alpha_3\tau_k(t)}} \qquad (5)$$

para cualquier valor posible de $\rho_k(t)$ y $\tau_k(t)$. Obsérvese que la dependencia del r.h.s. de (4) de $\rho_k(t)$ se puede justificar observando que cuanto mayor es el valor de $\rho_k(t)$, mayor es el valor asintótico de $u_k^o(t)$. Además, el hecho de que el r.h.s. de (4) sea independiente de $p_k(t)$, se puede justificar por la hipótesis de que los valores asintótico de la humedad de la materia combustible son independientes de la intensidad de la precipitación (siempre que dicha intensidad supere un determinado umbral). Finalmente, la humedad de la materia combustible no guarda correlación con la temperatura y la humedad en caso de precipitación, ya que ésta lleva las condiciones de humedad del combustible al punto de saturación de las fibras que es superior al 35% (Cheney, 1981). Los valores supuestos para los parámetros β_1 y α_i (i = 1,..,3), se muestran en la tabla 1.

Respecto a la dependencia de $K_{2,k}(t)$ de variables meteorológicas, recordando que $1/K_{2,k}(t)$ es una constante de tiempo que (en condiciones meteorológicas invariantes respecto al tiempo) caracteriza el comportamiento transitorio representado en (2), se puede proponer la estructura siguiente

$$K_{2,k}(t) = \alpha_4 e^{\operatorname{sign}\left[u_k^0(t) - e^{\frac{\rho_k(t)+\alpha_1}{\alpha_2+\alpha_3\tau_k(t)}}\right][\alpha_5\tau_k(t)+\alpha_6 w_k(t)]} \operatorname{step}\left[p^* - p_k(t)\right] + \max\left\{p_k(t) - p^*, 0\right\}\beta_2 \quad (6)$$

donde se han introducido otras constantes que tienen dimensiones adecuadas. Por simplicidad, sólo se considera el caso de ser $\tau_k > 0$. La estructura del r.h.s. de (6) se puede justificar como sigue. En primer lugar, debe tenerse en cuenta que $(1/K_{2,k}(t))$ representa la constante de tiempo del término transitorio de (2). Luego se debe observar que el primer término del r.h.s. de (6) es aplicable en ausencia de precipitaciones importantes y por tanto $K_{2,k}(t)$ representa la velocidad del proceso de secado (o humedecimiento) cuando $u_k^0(t) > e^{\frac{\rho_k(t)+\alpha_1}{\alpha_2+\alpha_3\tau_k(t)}}$ (o $u_k^0(t) < e^{\frac{\rho_k(t)+\alpha_1}{\alpha_2+\alpha_3\tau_k(t)}}$). Evidentemente, la dependencia propuesta en (6) hace que, en ausencia de precipitaciones importantes, altos valores de la temperatura e intensidad del viento favorecen el secado y dificultan el humedecimiento. Por el contrario, el segundo término del r.h.s de (6) tiene aplicación en presencia de precipitaciones importantes y adquiere una dependencia lineal de la velocidad de humedecimiento respecto a la intensidad de las precipitaciones. Naturalmente, de (3) y (4) resulta que

$$K_{1,k}(t) = K_{2,k}(t)\left\{\operatorname{step}\left[p^* - p_k(t)\right]e^{\frac{\rho_k(t)+\alpha_1}{\alpha_2+\alpha_3\tau_k(t)}} + \left(1 - \operatorname{step}\left[p^* - p_k(t)\right]\right)\beta_1\right\} \quad (7)$$

Al llegar a este punto, después de haber explicado el modelo (1), también en relación con la dependencia de los coeficientes que aparecen en (1) de las variables meteorológicas, vale la pena proporcionar explícitamente la versión para partes discretas del modelo, que está realmente implantada en el sistema desarrollado, es decir

$$u_k^0(t+1) = u_k^0(t)\left[1 - T\,K_{2,k}(t)\right] + T\,K_{1,k}(t) \quad (8)$$

donde T es la duración de los intervalos discretos (3 horas) y la variable tiempo t es (ahora) un número entero..

Tabla 1—*Lista de valores de los parámetros para el modelo de humedad de la materia combustible*

Parámetro de humedad de la materia combustible						
Parámetro del modelo	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6
Valor	24.210	34.940	0.100	0.2317	7.5×10^{-3}	$17{,}5 \times 10^{-6}$
Parámetro del modelo	β_1	β_2	p^*			
Valor	40.000	0.100	0.001			

Evidentemente, el comportamiento del modelo de humedad de la materia combustible se ve profundamente afectado por el valor de los parámetros α_i (i = 1,..,6), and β_i (i = 1, 2) y p^*. De hecho, una calibración preliminar de dichos parámetros, para un caso de estudio pertinente para todo el territorio italiano y para la estación de verano, es lo que ha conducido a los valores indicados en la tabla 1.

Esencialmente, dicha calibración se ha realizado sobre la base de pruebas empíricas extraídas de un amplio conjunto de casos de prueba (correspondientes a incendios detectados realmente).

El modelo de propagación potencial

El objeto de este modelo es proporcionar una medida del peligro para que la celda de la zona considerada. La información dinámica que utiliza dicho modelo es la pertinente para las variables meteorológicas previstas y las proporcionadas por el modelo de humedad de la materia combustible. Al mismo tiempo, el modelo de propagación hace uso de información topográfica y de información relacionada con la vegetación (clase y densidad por m^2), una vez más referida a las celdas consideradas. La información relativa a densidad y tipo, para cada celda, de materia combustible viva y muerta, se considera estática, ya que sólo se consideran variaciones estacionales tomando simplemente distintos valores de los parámetros pertinentes para las distintas estaciones.

El desarrollo del modelo de propagación potencial seguirá las mismas líneas básicas propuestas por primera vez por Drouet (1974), en relación con la definición de un modelo de propagación de incendio forestal, pero introduciendo algunas novedades importantes relacionadas con los procedimientos para evaluar el peligro de incendio forestal.

Es conveniente recordar una vez más que, en esta ponencia, no estamos realmente interesados en un modelo de propagación del incendio, sino que estamos más bien interesados en determinar una evolución cuantitativa de la peligrosidad, a través de toda la región considerada. Dicha peligrosidad está relacionada con el comportamiento de un incendio potencial después de haber sido provocado de manera accidental o deliberada. La primera información sobre la que está construido el modelo de propagación potencial está representada por la *velocidad nominal de propagación* $v_{0,k}$, que es una cantidad referida a condiciones estándar por lo que se refiere a la temperatura y a la humedad media de la materia combustible viva, en ausencia de viento, en un terreno totalmente llano y con materia combustible muerta totalmente seca. Evidentemente, $v_{0,k}$ depende del índice de la celda k, ya que depende de la clase de materia combustible (es decir, tamaño de partículas, densidad aparente, humedad y composición química de la materia combustible) y de la densidad de vegetación (biomasa por metro cuadrado) de materia combustible viva y muerta. Además, dicho valor se tiene que especificar en relación con las distintas condiciones estacionales, ya que éstas determinan la humedad media de la materia combustible viva. Evidentemente, la determinación de $v_{0,k}$ requiere una gran cantidad de ensayos experimentales y un profundo conocimiento de la vegetación que cubre el territorio. Sobre esta base, la *velocidad de propagación potencial*, que tiene en cuenta la influencia de las variables meteorológicas, se puede definir y determinar de la manera siguiente

$$v_k(t) = v_{0,k}\, Z_k(t) \frac{W_k(t)}{N_k(t)}\, S_k\, D_k(t) \qquad (9)$$

donde

$Z_k(t)$ es una corrección (multiplicativa) [adimensional] para tener en cuenta la temperatura del aire, en el instante t y en la celda k, respecto a la temperatura estándar (0°C) supuesta como la referencia uno;

$W_k(t)$ es una corrección (multiplicativa) [adimensional] para tener en cuenta la velocidad del viento en terreno llano, en el instante t y en la celda k;

$N_k(t)$ es un término de normalización [adimensional] que tiene en cuenta la influencia de la topografía en el coeficiente $W_k(t)$;

S_k es una corrección (multiplicativa) [adimensional] para tener en cuenta la pendiente en la celda k;

$D_k(t)$ es una corrección (multiplicativa) [adimensional] para tener en cuenta la humedad de la materia combustible fina muerta, en el instante t y en la celda k;

La dependencia de dichos términos de la información en tiempo real se puede modelar de la manera siguiente El término $Z_k(t)$ de (13) se puede suponer que viene dado por (Drouet, 1974)

$$Z_k(t) = e^{\gamma_1 \tau_k(t)\,(1+\frac{(1-\chi_k(t))}{\gamma_2})} \qquad (10)$$

donde γ_1, γ_2, son parámetros que tienen dimensiones adecuadas y $\chi_k(t)$ es la cobertura total de nubes (adimensional) de la celda k en el instante t, ($\chi_k(t) \in [0, 1]$), que se puede medir directamente o prever mediante modelos meteorológicos.

En relación con el término $W_k(t)$, se puede utilizar la expresión siguiente (Drouet, 1974)

$$W_k(t) = \left\{1 + \delta_1\left[\delta_2 + \tanh\left(\frac{w_k(t)}{\delta_3} - \delta_4\right)\right]\right\}\left[1 - \frac{w_k(t)}{\delta_5}\right] \qquad (11)$$

donde los parámetros δ_i (i=1,..5) tienen dimensiones adecuadas y están fijados como en la tabla 2.

La velocidad del viento tiene una influencia muy notable en el comportamiento del incendio cuando el ángulo $\theta_k(t)$ entre la dirección del viento y la orientación de la celda es nulo. Evidentemente, en caso de terreno llano o con débil pendiente, la influencia de la velocidad del viento sobre la velocidad de propagación depende de la orientación de la celda. Por otra parte, en caso de pendientes importantes, el ángulo entre la dirección del viento y la orientación de la celda tiene una gran influencia sobre el comportamiento (potencial) del incendio, ya que, cuando $\theta_k(t)$ es aproximadamente π, la influencia de la velocidad del viento sobre la velocidad de propagación del incendio tiene que ser despreciable. Entonces, con objeto de representar la influencia de la topografía sobre el efecto de la velocidad del viento (representado por medio del factor de corrección $W_k(t)$), se ha introducido el término $N_k(t)$ en la ecuación (9), dada por

$$N_k(t) = 1 + \frac{2\,\mathrm{arctg}\,s_k}{\pi}\left(W_k(t) - 1\right)^{\frac{2\,\mathrm{arctg}\,s_k}{\pi}} e^{-\frac{(\theta_k(t)-\pi)^2}{2\varepsilon^2}} \qquad (12)$$

donde:

ε es un parámetro que tiene dimensiones adecuadas y cuyo valor se indica en la tabla 2, se ha elegido expresamente con objeto de permitir una dependencia de $\theta_k(t)$ como la que se describirá en lo que sigue;

s_k es la pendiente [adimensional].

Es importante observar que la pendiente tiene un doble efecto sobre la propagación del incendio. De hecho, además de condicionar el efecto del viento sobre la propagación, como se ha explicado anteriormente, la pendiente tiene también un efecto directo, ya que las llamas de un incendio que se propaga cuesta arriba están situadas más cerca de la materia combustible se encuentra delante del incendio. Esto seca y precalienta la materia combustible a una velocidad mayor que en un incendio en terreno llano. Por tanto, es necesario introducir el término S_k en la ecuación (9), que representa la contribución de la pendiente a la velocidad de propagación, y estructurarla de la manera siguiente

$$S_k = 1 + \lambda_1 \left(\frac{2 \operatorname{arctg} s_k}{\pi} \right) \qquad (13)$$

donde λ_1 es un parámetro adimensional. En la tabla 2 se indica el valor seleccionado para dicho parámetro.

Como ya se ha mencionado, sólo se tiene en cuenta la dinámica de la humedad de la materia combustible fina muerta, mientras que la humedad de la materia combustible viva se determina solamente (como un parámetro estático) sobre la base de los valores medios estacionales para el tipo de vegetación característico de la celda considerada. Esto es tanto como decir, que mientras la humedad de la materia combustible fina muerta se representa por medio de una variable $u_k^0(t)$, la humedad de la materia combustible viva se representa por medio de una constante u_k^1.

Luego se puede tener en cuenta la influencia de la humedad de la materia combustible fina muerta mediante la introducción en (9) del término adimensional $D_k(t)$ definido como

$$D_k(t) = e^{-\left(\frac{u_k^0(t)}{\phi} \right)^2} \qquad (14)$$

donde ϕ es un parámetro adimensional (cuyo valor se ha fijado como se indica en la tabla 2).

Tabla 2—*Lista de valores de los parámetros para el modelo de propagación potencial del incendio*

Parámetro de propagación potencial					
Parámetro del modelo	ε	γ_1	γ_2	ϕ	λ_1
Valor	0.500	0.001	1.400	24.040	1.000
Parámetro del modelo	δ_1	δ_2	δ_3	δ_4	δ_5
Valor	1.500	0.848	16×10^3	1.250	25×10^4

Habiendo aclarado la manera de calcular la velocidad de propagación potencial $v_k(t)$, que proporciona una cuantificación de la rapidez que caracteriza la propagación (potencial) de un incendio, es necesario cuantificar también la intensidad del fenómeno, que es la medida definitiva del peligro. Con este fin, se puede utilizar la

ecuación de Byram (1959) para determinar el peligro (potencial) $H_k(t)$, que es la intensidad lineal del incendio [kWm^{-1}], es decir

$$H_k(t) = v_k(t) \sum_{i=0}^{1} LHV_k^i \; d_k^i \qquad (15)$$

donde

d_k^0 , (d_k^1) [$kg\ m^{-2}$] es la densidad de la materia combustible muerta (viva), para la estación considerada en la celda k;

$LHV_k^0(t)$, (LHV_k^1) es el poder prolífico inferior [$kJ\ kg^{-1}$] de la materia combustible fina muerta (viva) en la celda k y en el instante t, dado por:

$$LHV_k^0(t) = HHV_k^0 \left[1 - \frac{u_k^0(t)}{100}\right] - Q\,\frac{u_k^0(t)}{100} \qquad (16)$$

$$LHV_k^1 = HHV_k^1 \left[1 - \frac{u_k^1}{100}\right] - Q\,\frac{u_k^1}{100} \qquad (17)$$

donde

HHV_k^0 , (HHV_k^1) es el poder prolífico superior [$kJ\ kg^{-1}$] de la materia combustible fina muerta (viva) basado en la composición prevalente de las especies presentes en la celda k, mientras que Q es el poder prolífico latente [$kJ\ kg^{-1}$].

La evaluación estática del peligro

Cómo se ha señalado en la introducción, la iniciación de un incendio incontrolado en las regiones mediterráneas es imputable prácticamente en todos los casos a la intervención humana, bien como una acción voluntaria o bien como una consecuencia involuntaria de alguna actividad. Por tanto, aunque un alto peligro potencial puede afectar de manera importante a partes del territorio, no todas las zonas caracterizadas por un alto peligro arden realmente.

Por tanto es esencial, con objeto de evaluar el peligro estático a través de un territorio considerado, tener acceso a información relacionada con una gran cantidad de incendios producidos sobre una zona extensa (por ejemplo, todo el territorio nacional italiano) y durante un período de tiempo suficientemente largo para que sea estadísticamente representativo de las condiciones climáticas medias para las regiones consideradas (por ejemplo, 10 años) y hacer uso de ella.

Por ejemplo, en relación con el territorio italiano y de acuerdo con *Forest Service's Daily Journal of Detected Fires* (Corpo Forestale dello Stato, 2002), se ha recogido un conjunto de datos pertinentes para Y años. Para cada incendio, hay disponible la información siguiente:

las coordenadas geográficas del punto de iniciación;

la zona quemada (bosques y zonas sin árboles);

el número y tipo de medios utilizados en la intervención;

la duración de la intervención;

las condiciones meteorológicas locales existentes durante el período de tiempo de la intervención;

la topografía y la vegetación de la zona del caso de estudio.

Luego, para cada incendio ocurrido, se define un índice de peligro de la manera siguiente:

$$\tilde{h} = \left(\kappa_1 \, A_1 + \kappa_2 \, A_2 \right) \frac{\sum_{m=1}^{M} \lambda_m \, x_m \, \tau_m}{\tau_{tot}} \qquad (18)$$

donde:

$\tilde{h}$ [m^2] es el índice de peligro;

κ_1, κ_2 [adimensionales] son coeficientes de ponderación;

A_1, A_2 [m^2] son, según el informe, la superficie de bosque y las tierras no pobladas de árboles quemadas respectivamente;

λ_m, m=1,..,M, [adimensional] es un coeficiente correspondiente a cada tipología distinta de medios perteneciente a la clase m (camiones, motores, aviones, helicópteros) cuyo valor representa una medida de la efectividad de esta clase de medios en relación con la acción de extinción;

x_m, m=1,..,M, [adimensional] es el número de medios pertenecientes a la clase m, que tomaron parte en las acciones de extinción;

τ_m, m=1,..,M, [s] es la duración de la intervención, referida a los medios pertenecientes a la clase m.

τ_{tot} [s] es la duración total de la intervención.

El significado de $\tilde{h}$ es evidente, ya que se trata de un índice útil para medir el peligro de los incendios detectados, que tiene en cuenta el tipo de incendio incontrolado y también el número y tipología de las acciones que pueden intervenir en la acción de extinción..

Luego, se puede definir una clase de peligro σ =1,..,Σ introduciendo valores de umbral adecuados para el índice $\tilde{h}$. Sobre esa base, para cada celda k =1,..,K, se puede definir el peligro estático H_k como una función del número de casos de incendios incontrolados de diversas clases, en la celda k, dentro del período de tiempo considerado Y.

$$H_k = \sum_{y=1}^{Y} \sum_{\sigma=1}^{\Sigma} \psi_\sigma \, N_{ky}^{\sigma} \qquad (19)$$

donde:

H_k [adimensional] es el peligro estático correspondiente a la celda k;

ψ_σ [adimensional] es un coeficiente de ponderación correspondiente a los incendios incontrolados de clase σ;

N_{ky}^{σ} [adimensional] representa el número de incendios incontrolados de clase σ ocurridos en la celda k durante el año y.

La evaluación del riesgo

La evaluación del riesgo de incendio forestal y la subsiguiente mitigación está estrictamente relacionada con la tipología de los elementos expuestos considerados. Dichos elementos se definen tanto por sus características físicas como por sus funciones dentro de un sistema territorial más complejo.

En la metodología propuesta, se supone que el sistema territorial está descrito y modelado utilizando un número limitado de clases de elementos expuestos, que, a distinta escala espacial y temporal, tiene que preservar y proteger la comunidad de un incendio forestal potencial, con objeto de evitar su pérdida, daños o indisponibilidad temporal. Por tanto, se pueden definir y almacenar en una base de datos GIS datos relativos a uso de la tierra, infraestructuras y zonas urbanas y se puede definir cierto número n de clases de objetos, con objeto de representar las diversas clases de elementos expuestos en cada celda k.

El gran número de elementos expuestos identificables en el territorio y la heterogeneidad de sus características físicas y de su uso, imponen una simplificación radical del sistema con objeto de hacer una clasificación dentro de clases homogéneas del gran número de elementos, sin que se produzca una gran pérdida de información. Con este fin, se han definido siete clases generales de elementos expuestos de zonas y lineales, como se muestra en la tabla 3. Además, considerando los asentamientos urbanos, es posible observar que en estas zonas la carga de material combustible es en general despreciable y por tanto las celdas ocupadas totalmente por tales elementos expuestos se caracterizan por un peligro nulo. Por esa razón, con objeto de obtener una evaluación con sentido del riesgo que afecta a dichos asentamientos, se tiene que definir una zona de amortiguación, cuya profundidad es una función de la tipología o clase del asentamiento. La presencia de un incendio en una de dichas zonas de amortiguación puede determinar una pérdida potencial de funcionalidad del asentamiento o, en el peor de los casos, puede convertirse en una amenaza física real.

Tabla 3— *Las siete tipologías principales de elementos expuestos consideradas por el sistema.*

n	Tipología	Descripción de la clase	Profundidad de la zona de amortiguación [m]
1	Superficial	Asentamientos urbanos	500
2	Superficial	Asentamientos de producción	500
3	Superficial	Zonas cultivadas	200
4	Superficial/lineal	Red de autopistas y zonas de servicio	300
5	Lineal	Red de tráfico	300
6	Superficial/lineal	Red de ferrocarriles y zonas accesorias	300
7	Superficial/lineal	Red eléctrica y zonas accesorias	300

En los asentamientos urbanos, las actividades residenciales y comerciales están concentradas y la presencia de un incendio incontrolado en estas zonas o en sus proximidades supone un suceso extremadamente peligroso. Los asentamientos industriales se caracterizan por la presencia prevalente de instalaciones industriales de fabricación o por la presencia de centros comerciales de grandes dimensiones. Están situados generalmente en las zonas periféricas de los centros habitados y en ocasiones en contacto directo con zonas pobladas de árboles o con matorrales o cultivos. Las zonas cultivadas y las zonas próximas son las zonas en las que es más frecuente la iniciación de un incendio que con frecuencia puede degenerar en un grave incendio forestal. Las redes de carreteras y ferrocarriles constituyen un importante elemento lineal de discontinuidad. Esta redes se ven afectadas con frecuencia por el fenómeno de los incendios forestales que, entre las diversas catástrofes naturales, es una de las que con más frecuencia afectan a su funcionamiento normal. Además, la producción de electricidad se ve interrumpida con frecuencia por incendios incontrolados y la ineficiencia es grave si los incendios son extensos, prolongados y afectan a líneas eléctricas principales. Las interrupciones de líneas de alta tensión pueden tener graves consecuencias sobre el suministro regular de energía eléctrica o sobre la funcionalidad de la red (sobrecargas). Además, la interrupción de líneas de alta tensión es necesaria para garantizar la seguridad de los operadores que intervienen en las fases de extinción, especialmente cuando se utilizan aviones.

El "*valor*" o coste de la celda k, C_k, se puede definir de la forma siguiente

$$C_k = \sum_{n=1}^{7} \xi_{nk}\ c_n \qquad (20)$$

donde

C_k [€] coste estimado de la celda k;

$\xi_{nk} \in \{0,1\}$ es un coeficiente que expresa la ausencia/presencia de objetos de clase n dentro de la celda k;

c_n [€] es el coste del elemento expuesto n (expresado en euros), tomado como una medida del valor de los objetos existentes, es decir, el gasto económico necesario para reconstruir o restaurar el elemento considerado.

Además, se tiene que introducir una función de vulnerabilidad con objeto de modelar la relación entre el peligro y la característica física/funcional de la celda k (es decir, implícitamente, de los elementos presentes que están expuestos en la celda k). El análisis de la dinámica de propagación del incendio es crucial por lo que se refiere a la evaluación de la vulnerabilidad En primer lugar, es evidente que la vulnerabilidad a incendios incontrolados no se puede definir simplemente como una relación entre las solicitación de fuerzas y los efectos sobre el elemento expuesto. De hecho, la dinámica de los incendios forestales es comparable a la dinámica de su extinción y por tanto la vulnerabilidad física de los elementos se tiene que considerar principalmente como una función de los recursos de extinción disponibles. Por tanto, se asume que la vulnerabilidad es una función de la eficiencia de la intervención, definida en términos de recursos disponibles (ponderados por su distancia a la celda considerada) que pueden hacer frente a un incendio en caso de emergencia o, en la fase preoperativa, pueden patrullar la celda con objeto de evitar la iniciación de un incendio. Además, la vulnerabilidad de una celda k depende normalmente de las características físicas (geográficas) de la celda y de las relaciones funcionales entre las instalaciones o

estructuras existentes que, en caso de una fuerza externa de una magnitud dada, pueden intervenir en dicha celda.

Los recursos se pueden dividir en dos conjuntos; el primero incluye los recursos móviles que están asignados a una determinada zona durante un largo periodo de tiempo (estación). Esos recursos son generalmente escasos pero su dinámica, más lenta que la dinámica de un incendio activo, y los elevados costes necesarios para su desplazamiento, sugieren un movimiento/cambio de posición limitado (al menos estacional) en la zona afectada por el valor de riesgo más alto. Por otra parte, el otro conjunto de recursos corresponde a las infraestructuras (fijas) que deben utilizarse en caso de emergencia y este conjunto incluye los puntos de suministro de agua y las estaciones contra incendios del servicio forestal, donde están situados los recursos móviles durante períodos de tiempo entre medios y largos.

Específicamente, se supone que la vulnerabilidad se puede definir como el producto de dos términos independientes. El primero, $\tilde{V}_k$, que es la vulnerabilidad *nominal* de la celda k, se supone como un parámetro (dado) cuyo valor es una función de las características físicas de la celda k, y las infraestructuras existentes capaces de servir a la celda k, es decir

$$\tilde{V}_k = 1 + \left(\chi_1\, d_k + \chi_2\, s_k + \chi_3\, o_k + \chi_4 e_k\right) \quad (21)$$

donde

$\tilde{V}_k \in (0, 1)$ [adimensional] es la vulnerabilidad *nominal* de la celda k ;

d_k [m^{-1}] accesibilidad de la celda k para intervención de fuerzas de tierra, expresada en términos de red de carreteras por m^2 de celda;

s_k [m] distancia entre la celda k y el punto de suministro de agua disponible más cercano;

o_k [m] índice de *desigualdad* de la celda expresado de manera siguiente

$$o_k = b_k\, \Delta z_k \qquad k=1,..,K \qquad (22)$$

donde b_k representa el número de afluentes del río principal (valle) en la celda k, y Δz_k representa la pendiente media [%] de la celda k;

$e_k \in [0, 1]$ es = 1 si en la celda k hay señalado al menos un obstáculo para la navegación aérea (redes eléctricas, tendidos de cables, etc.);

χ_i i=1,..,4 son parámetros adecuados.

Finalmente, el valor de V_k, que es la vulnerabilidad *real* de la celda k, viene dado por el producto de la vulnerabilidad nominal de la celda k, $\tilde{V}_k$, por un término introducido con objeto de ponderar la prontitud de los recursos disponibles m_h situados en la celda h y preparados para intervenir en la celda k

$$V_k = \tilde{V}_k \frac{1}{1 + \vartheta\, e^{-z_k}} \qquad (23)$$

donde

$V_k \in (0, 1)$ [adimensional] es la vulnerabilidad de la celda k ;

$z_k = \min_h \{m_h\ d_{kh}\}$ [m] es un término que tiene en cuenta el número de recursos más próximos m_h situados en la celda h y que distan d_{kh} de la celda k;

θ es un parámetro adecuado.

Una vez definidos y evaluados la vulnerabilidad, el coste y el peligro (tanto estático como dinámico), una manera adecuada de definir el riesgo asociado con una celda dada consiste en tomar simplemente el producto de esas cantidades.

$$R_k = H_k\ C_k\ V_k \qquad (24)$$

Mitigación del riesgo de incendio forestal mediante un planteamiento de programación matemático

La fase de planificación

De la sección anterior, se desprende que la planificación territorial tiene que tener por objeto no la total eliminación del riesgo, sino su mitigación. La mitigación del riesgo en un sistema territorial se puede conseguir de acuerdo con dos planteamientos distintos:

a) reducción del peligro H_k, con intervención directa de las características físicas de la materia combustible disponible en la celda k, es decir, con acciones de planificación forestal con vistas a reducir el poder prolífico disponible en la celda considerada, o mantener valores suficientes número de la materia combustible mediante el uso de técnicas oportunas capaces de irrigar la zona considerada;

b) reducción de la vulnerabilidad V_k, por medio de intervenciones estructurales funcionales sobre los elementos expuestos, es decir, mediante la construcción de nuevas infraestructuras de suministro de agua, barracones de bomberos, etc.

Ambos planteamientos requieren generalmente una inversión económica considerable. En esta ponencia, sólo se considera el segundo tipo de intervención. Por consiguiente, el problema se formaliza en términos de asignar óptimamente lo recursos totales disponibles (monetarios) entre la totalidad de las células, con el objetivo de crear nuevas infraestructuras o reasignar las existentes, con objeto de minimizar los daños (potenciales) sufridos por el sistema territorial. El problema se formaliza con el objetivo de minimizar el riesgo máximo para el conjunto de celdas consideradas. Además, se tienen que tener en cuenta los costes de construcción de cada nuevo recurso, así como la necesidad de penalizar la asignación nominal de recursos de extinción situados en una determinada celda j a una celda k situada demasiado lejos de la primera.

Entonces, se puede formalizar el problema como

min y

s.t.

$y \geq I_k\ V_k\ C_k \qquad k = 1,..,K \qquad (25)$

(20)÷(24)

$$\sum_{j=1}^{J} c_j \, m_j \leq \widetilde{C} \qquad (26)$$

donde

y es la función de coste;

c_j es el coste de construcción de una nueva infraestructura en la celda j;

m_j es el número de recursos disponibles en la celda j;

$\widetilde{C}$ es la cantidad total de recursos (económicos) disponibles para la fase de planificación de la totalidad de la zona tomada como objetivo.

La fase preoperativa

En una fase preoperativa, el problema a resolver es la distribución óptima de los recursos móviles totales disponibles (es decir, aviones, equipos de ataque inicial, etc.) entre el conjunto de celdas (por ejemplo, Z celdas) teniendo $R_k > 0$. Dicho problema se tiene que formalizar teniendo en cuenta el objetivo de minimizar la suma ponderada de las diferencias entre los recursos necesarios (hipotéticos) y los recursos asignados reales para cada celda de interés. Además, es necesario tener en cuenta los costes de transportes desde una celda j hasta otra h, así como el objetivo de penalizar la asignación de recursos situados en una determinada celda j a otras celda k demasiado alejadas de la primera.

El problema se modela suponiendo que los recursos son continuos, por ejemplo representados por la cantidad de energía disponible para extinguir incendios forestales, es decir, m^3/s de agua disponible en el frente del incendio considerando el tiempo necesario para repostar, la extracción y la misión entre el incendio y la zona de suministro de agua. Además, se debe proporcionar la cantidad actual disponible de potencia en todas los celdas j, $\widetilde{U}_j$, para la formalización del problema.

Por otra parte, la demanda de servicio D_k [kW] se representa por la suma a lo largo de todo el período de tiempo de la intensidad lineal (prevista) $H_k(t)$ [kW m^{-1}] multiplicada por la longitud del lado de la celda k, Δ_k [m]

$$D_k = \sum_{t=0}^{T-1} H_k(t) \, \Delta_k \qquad (27)$$

Las variables de decisión del problema son

q_{jh} [kW] recursos situados en la celda j que debe ser trasladados a la celda h, j=1,..,K; h=1,..,K; j≠h;

u_{jk} [kW] recursos situados en la celda j, asignados para satisfacer la demanda prevista de la celda k, j=1,..,K; k=1,...,K;

el problema se puede definir como

$$\min \sum_{k=1}^{K} \left\{ \sum_{n=1}^{N} \xi_{nk} \, c_n \, V_k \, \max\left(D_k - \sum_{j=1}^{J} u_{jk}, 0 \right) \right\} + \alpha \sum_{j=1}^{J} \sum_{\substack{h=1 \\ j \neq h}}^{J} d_{jh} q_{jh} + \beta \sum_{j=1}^{J} \sum_{k=1}^{K} d_{jk} u_{jk} \qquad (28)$$

donde

α, β son parámetros de ponderación adecuados

s.t.

$$\sum_{k=1}^{K} u_{jk} = \tilde{U}_j + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq h}}^{J} q_{jh} - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq h}}^{J} q_{hj} \qquad (29)$$

que representa la limitación de conservación de recursos

Naturalmente, una vez encontrada la solución óptima de dicho problema, es necesario convertir esta solución en los términos de los recursos reales, que sin duda son discretos.

Conclusiones y futuras direcciones de la investigación

Se ha presentado en esta ponencia un planteamiento para el diseño estructural y operativo de un sistema de apoyo a la toma de decisiones pensado para la gestión del riesgo de incendios forestales. Se han considerado tanto los peligros estáticos como los dinámicos y la evaluación del riesgo está basada en la estimación de dichos peligros, así como en la evaluación de la vulnerabilidad y en los costes asociados con cada celda. Sobre la base de la distribución del riesgo estimada sobre el territorio considerado, se han formalizado dos problemas. El primero está relacionado con la planificación de la asignación de recursos monetarios con objeto de reducir la vulnerabilidad global del territorio. El segundo tiene por fin reasignar de manera óptima los recursos disponibles de extinción en todo el territorio, en una frase preoperativa, es decir, si se prevé la aparición de una situación de elevado riesgo de incendio.

La actividad de investigación actual está orientada hacia una definición más correcta de las vulnerabilidad y el riesgo de una celda, así como una definición más adecuada del peligro estático de una celda individual. Se están llevando a cabo actualmente implantaciones experimentales de los dos procedimientos de toma de decisiones presentadas en la sección anterior.

Reconocimiento

Las actividades de las que se informa en esta ponencia se están realizando actualmente con referencia al caso de estudio correspondiente al organismo italiano de protección civil y han sido financiadas por el Gruppo Nazionale per la Difesa dalle catastrofi Idrogeologiche GNDCI, U. O. nº 3.28, proyecto especial nº 4, diseño estructural y operativo de un sistema de apoyo a la toma de decisiones basado en un sistema nacional de información geográfica y teniendo como objetivo la gestión de riesgos de incendios forestales.

Bibliografía

Byram GM (1959) Combustion of forest fuels. In Forest Fire: Control and Use. Editor Davis KP, McGraw-Hill, NY, pp. 113-126.

Byram GM (1963) An analysis of the drying process in forest fuel material. Unpublished report USDA Forest Service, Fire Science Laboratory, Rocky Mountain Research Station, Missoula USA.

Cheney NP (1981) Fire behaviour. In 'Fire and the Australian biota'. Australian Academy of Science, Canberra, AUS. pp. 151-175.

Corpo Forestale dello Stato (2002) *Foglio Notizie Antincendio Boschivo*, Rome, Italy.

Drouet JC (1974) Theorie de la propagation des feux de forets. Master Thesis Universitè d'Aix- Marseille, France.

Esta página se deja en blanco intencionadamente.

Las Medidas de la Asociación Internacional del Bosque Mediterráneo para Prevenir los Incendios Forestales[1]

Asociación Internacional del Bosque Mediterráneo[2]

Resumen

El propósito de la Asociación Internacional del Bosque Mediterráneo es facilitar los intercambios de conocimientos y experiencias entre las personas preocupadas por las zonas de bosque mediterráneo.

Para alcanzar esta meta, en el año 2001 la AIBM organizó un seminario[3] en Valencia (España) sobre los riesgos que corre el bosque mediterráneo, que se presentó como parte integrante del proyecto Interreg IIC "Los Problemas del Bosque Mediterráneo". Como resultado de todo ello se han creado una serie de proyectos[4] englobados bajo el título "Estructuración de redes / servicios y medidas de cooperación en favor del bosque mediterráneo" y se invitó a socios ribereños de la Unión Europea para que se unieran a estos proyectos. El objetivo de los mismos es impulsar / fomentar una gestión continúa de los bosques y asegurarse que tienen una mayor consideración en las políticas de planificación de la explotación del suelo.

Se concretarán como intercambios entre el personal de las diferentes organizaciones que tenga a su cargo la gestión de dichos proyectos experimentales en los territorios piloto.

La mayoría de estas medidas[5] se refieren a la prevención de incendios a través de la planificación y organización de las zonas forestales.

El éxito de estos trabajos dependerá, no sólo de los proyectos regionales, en sí mismos, sino también en la energía y dedicación que se dedique a estos intercambios.

Para conseguir que las lecciones aprendidas sean aprovechadas y beneficien a la mayor cantidad de personas posible, éstas serán detalladas y analizadas por la AIBM y, luego, distribuidas ampliamente a lo largo y ancho de sus redes / servicios. Asimismo, será posible sacar provecho de todo ello a través del proyecto que actualmente está siendo preparado "El

---

[1] Una versión abreviada de esta ponencia se presentó en el segundo simposio internacional sobre economía, política y planificación de incendios: una visión global, 19–22 de Abril de 2004, Córdoba, España.

[2] Association Internationale Forêts Méditerranéennes (Asociación Internacional del Bosque Mediterráneo), 14, rue Louis Astouin, 13002 Marseille. Teléfono: +33 4 91 90 76 70. Facsímil: +33 4 91 90 71 62. Correo-e: info@aifm.org - Web: www.aifm.org - Presidente: Mohamed Laarbi CHAKROUN

[3] Cuyo resultado fue las "Conclusiones de Valencia".

[4] Como parte del proyecto comunitario Interreg IIIB. El proyecto *"Recoforme"* en la región del Médoc que cuenta con los siguientes socios: el **Parque Nacional del Vesubio** (Italia) -el jefe del proyecto-, la región de Umbría (Italia), la Generalitat Valenciana (España), la región de Murcia (España), la Dirección General de Agricultura del Algarve (Portugal), la oficina de gestión del Macizo Alpilles (Francia) y la AIBM como asesor técnico.
El proyecto "Foremed" en el área de Sudoe engloba la Asociación de propietarios forestales de Soria (España) -el jefe del proyecto-, la región de Murcia (España), la asociación AFLOPS (Portugal), FORESTIS (Portugal) y el centro regional de propietarios de bosques del Languedoc-Rosellón (Francia).

[5] Por ejemplo: experimentos en desarrollo de técnicas que utilizan la "ingeniería biológica", la planificación de la explotación del suelo que incluye técnicas para la prevención de incendios forestales, prototipos de áreas de gestión, medidas para disminuir el material inflamable como parte de los sistemas forestales contra incendios y el entrenamiento de los cuerpos de bomberos forestales.

bosque mediterráneo ante el desafío del interés mundial y las demandas regionales" que se llevará al Primer simposio sobre el bosque mediterráneo y los espacios naturales.

Presentación

La Asociación Internacional del Bosque Mediterráneo es la única asociación no-gubernamental preocupada por todos los aspectos del bosque mediterráneo y los espacios naturales. Y, por supuesto, está interesada en los riesgos que corre el bosque mediterráneo y, esencialmente, en los incendios forestales. A continuación sometemos las medidas que la AIBM ha tomado y está tomando para prevenir los incendios forestales, primordialmente a través de los proyectos que ha presentado o que tiene intención de presentar como: "El problema del bosque mediterráneo", "Estructuración de las redes / servicios y las medidas de cooperación para el bosque mediterráneo" (RECOFORME) y "El bosque mediterráneo ante el desafío del interés mundial y las demandas regionales" (FOMEMOND), y asimismo a través de los proyectos que ha iniciado como "La organización de redes /servicios y medidas de cooperación en favor del bosque mediterráneo" (FOREMED) dirigido por la Asociación de propietarios forestales de Soria.

La Interreg IIC-Medoc "El Problema del Bosque Mediterráneo" - Conclusiones de Valencia[6]

El seminario "Peligros que acechan a los bosques y a los espacios naturales y el papel de éstos en su prevención" tuvo como resultado la redacción de cierto número de conclusiones que han sido denominadas "Las conclusiones de Valencia".

En el marco del programa Interreg IIC titulado "El problema del bosque mediterráneo", en el que están involucrados las regiones de la Provenza-Costa Azul (Francia) y la Campania (Italia), un grupo de expertos en riesgos forestales se reunieron con los representantes de la Asociación Internacional del Bosque Mediterráneo en Valencia (España) los días 8 al 9 de junio de 2001, invitados por el Departamento de Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma Valenciana. La sesión se comprometió estudiar la situación de los bosques ribereños del Mediterráneo y adoptó las siguientes resoluciones:

1. El bosque mediterráneo está formado por espacios naturales que están sujetos a la meteorología del Mediterráneo. Estos bosques oscilan entre zonas enormemente deterioradas y erosionadas en sumo grado. Están sujetos a diversos riesgos, algunos naturales, otros humanos, que ponen en peligro su papel como protectores o productores, así como su labor social y cultural. No obstante, estos cometidos o roles son indispensables si la presencia del hombre en estas regiones desea conseguir su pleno desarrollo.

2. Ciertos riesgos, como los incendios, que han aumentado en las últimas décadas, y, tras los cuales, han surgido otros problemas como la erosión, el aumento de pestes y enfermedades, la disminución de las reservas de agua y el desarrollo de zonas urbanas. La interacción de todos estos riesgos con los fenómenos naturales,

[6] El Taller "Riesgos que amenazan al bosque mediterráneo y los espacios naturales y el papel de éstos en su prevención" celebrado del 8 al 9 de junio de 2001 en Valencia (España), dirigido por Ricardo Vélez Muñoz, Jefe del Servicio de Protección Contra Incendios del Servicio General de Protección de la Naturaleza español (Madrid, España).

como las sequías, aumentan la vulnerabilidad de los bosques y conllevan una amenaza para los seres humanos. De ahí la necesidad de tomar medidas preventivas para evitar el efecto acumulativo de éstos.

3. Los factores socio-económicos influyen en la evolución de los riesgos, por ejemplo: el abandono de los terrenos de cultivo en la zona norte de la ribera del Mediterráneo, la presión humana en los bosques sureños de la ribera, la gran diferencia, cada vez mayor, entre las poblaciones urbanas y rurales.

4. Los riesgos que corre el bosque mediterráneo no se entienden muy bien en aquellos países que están fuera del área mediterránea. Este hecho tiene consecuencias negativas en las decisiones sobre las políticas que llevan a cabo las organizaciones internacionales o conlleva su falta de interés en las cuestiones mediterráneas. Básicamente, se nota que en ciertas circunstancias, las ayudas de la Unión Europea a la cabaña caprina han generado un riesgo al aumentar los incendios forestales debido a un uso inapropiado, anterior a la existencia de las consultas y la cooperación entre los servicios de asesoría forestal y ganadera. Asimismo, la FAO ha reducido de modo significativo la actividad que solía fomentar a través de la comisión Silva Mediterránea. Esta situación contrasta notablemente con la necesidad de contraatacar el abandono de las zonas rurales por sus habitantes, lo que comporta un riesgo eminente para amplias zonas montañosas próximas o limítrofes con el Mediterráneo.

5. Se consideró vital acercar a la sociedad en general a la comprensión del papel fundamental que juega el bosque mediterráneo en la calidad de su medio ambiente. Es ciertamente imprescindible que se diseñe y se ponga en marcha una política específica para el bosque mediterráneo. Con este objetivo / propósito, debemos desarrollar una visión global de la gestión forestal, centrada en la silvicultura, coordinada con una política de desarrollo de la utilización del suelo, que tenga como metas: 1/ los bosques deben considerarse necesarios y útiles por toda la población, así como parte integrante de sus necesidades actuales; 2/ la creación de una política de gestión razonable basada en conocimientos científicos y técnicos que tenga en cuenta la interrelación entre los riesgos de incendios forestales, pestes, enfermedades, erosión, riadas y pérdida de biodiversidad; 3/ reunir a todas las partes preocupadas por el bosque mediterráneo para que así todos puedan dar su opinión e ideas acerca de las políticas y puedan colaborar en su implementación. Entre todas las personalidades presentes se hallaban propietarios de bosques públicos y privados, silvicultores, investigadores, autoridades en la prevención contra incendios y bomberos, representantes elegidos por las regiones, los medios de comunicación, organizaciones no-gubernamentales, y directores de reservas y áreas protegidas.

6. Se constató que la prevención y el control de los peligros que acechan a los bosques sólo puede lograrse a través de la participación y del compromiso formal de los propietarios, que en el Mediterráneo septentrional, en su mayoría son privados y, en la ribera meridional, de uso público. En este sentido, es necesario fomentar una organización eficaz de las asociaciones a título gratuito que faciliten un desarrollo sostenido. Esta propuesta ha sido recientemente aceptada en varios congresos internacionales e incluso en conferencias gubernamentales / estatales en Helsinki y Lisboa.

7. Es fundamental que los daños causados por los diferentes peligros que acechan en el área mediterránea estén controlados. Con estos mecanismos, su extensión y evolución pueden evaluarse para prever los problemas a corto y medio plazo disponiendo de un mapa global que determine los factores de riesgo.

Principalmente, en estos momentos, debemos basar nuestros esfuerzos en la base de datos independiente de los incendios forestales creada en los años 90 por la comisión Silva Mediterránea de la FAO. Por la misma razón, consideramos que es necesario crear y distribuir mapas que detallen las zonas donde pueden producirse incendios en las épocas de alto riesgo a lo largo de todo el Mediterráneo. Aun más, es vital que se amplíe hacia las zonas del Mediterráneo oriental y el Norte de África los programas para el control del buen estado de los bosques que actualmente cubren una amplia zona de Europa. Por todas estas circunstancias, pensamos que es vital contactar con la Comisión Europea para que subraye la necesidad de actualizar y reforzar las leyes que regulan la protección y prevención de los incendios forestales y la contaminación.

8. Debemos implantar una amplia estrategia mediterránea para ayudarnos mutuamente en tiempos de alto riesgo de incendios forestales y depredadores (como por ejemplo, la langosta). Esta estrategia debe basarse en acuerdos bilaterales y multilaterales entre los estados, aportando préstamos de equipos y propuestas de ayuda desde aquellas zonas que puedan permitírselo hacia aquellas otras de alto riesgo.

9. También es necesario estudiar los riesgos producidos por otros factores capaces de perjudicar el ecosistema de los bosques como la propagación de especies invasoras, ya sean plantas o animales.

10. Como recomendación final, creemos que es necesario abordar los riesgos del bosque mediterráneo en un contexto preventivo, de acuerdo con los prototipos presentes y futuros obtenidos a partir de factores forestales y variables socio-económicas eficaces. Por tanto proponemos continuar con los estudios e investigaciones emprendidos en el seminario a la luz del proyecto expuesto, "El problema del bosque mediterráneo", excepcionalmente dentro del marco del programa Interreg IIIB, que la Asociación Internacional del Bosque Mediterráneo continúe con sus actividades para el fomento del intercambio de información. Por todas estas cuestiones, los participantes recomendaron que la Primera Conferencia sobre el Bosque Mediterráneo y los Espacios Naturales se organizase y celebrase en un futuro próximo.

Una breve presentación del proyecto Interreg IIIB del Médoc RECOFORME "Estructuración de servicios / redes y medidas de cooperación del bosque mediterráneo"

Mediante el proyecto denominado "Estructuración de los servicios / redes y medidas de cooperación del bosque mediterráneo" dirigido por el Parque Nacional del Vesubio (Italia), nos proponemos abordar todas las cuestiones que afectan a los espacios naturales y a los bosques en el Mediterráneo, para así impulsar una gestión continuada de los bosques y el medio ambiente y asegurarnos que son considerados sobre todo en las políticas de planificación de la explotación del suelo.

Para llegar a este punto, se requiere que el trabajo que se lleva a cabo en el proyecto Interreg IIC "Los problemas del bosque mediterráneo" se optimice al máximo. Dicho proyecto consiste en un programa de cooperación que engloba los intercambios entre los territorios piloto: la implementación y el control compartido de programas de planificación y desarrollo continuado en los territorios. Los socios han elegido los territorios piloto y, cada uno de estos territorios, después de efectuar un

análisis de la situación y las posibilidades de ponerlo en práctica, han promovido un proyecto que comprende las fases de programación, ejecución, control y evaluación. En estos territorios se examina cada aspecto del bosque mediterráneo y de los espacios naturales (la planificación de la explotación del suelo, el desarrollo continuado, silvicultura, protección contra incendios, agricultura de pastoreo, accesos y uso público, etc.).

La dirección de cada uno de estos proyectos está a cargo de una organización regional y agrupará a los representantes de cada una de las regiones asociadas. Los objetivos se alcanzarán a través de 1/ la participación de peritos extranjeros que trabajaran juntos con el o los equipos de la región o regiones asociadas (que a su vez reunirá uno o más peritos en sus equipos) durante uno o más períodos de diferente duración a lo largo del programa; 2/ la creación de un comité de seguimiento interregional que congregará a representantes de las regiones asociadas enumeradas que se reunirá al menos una vez al año.

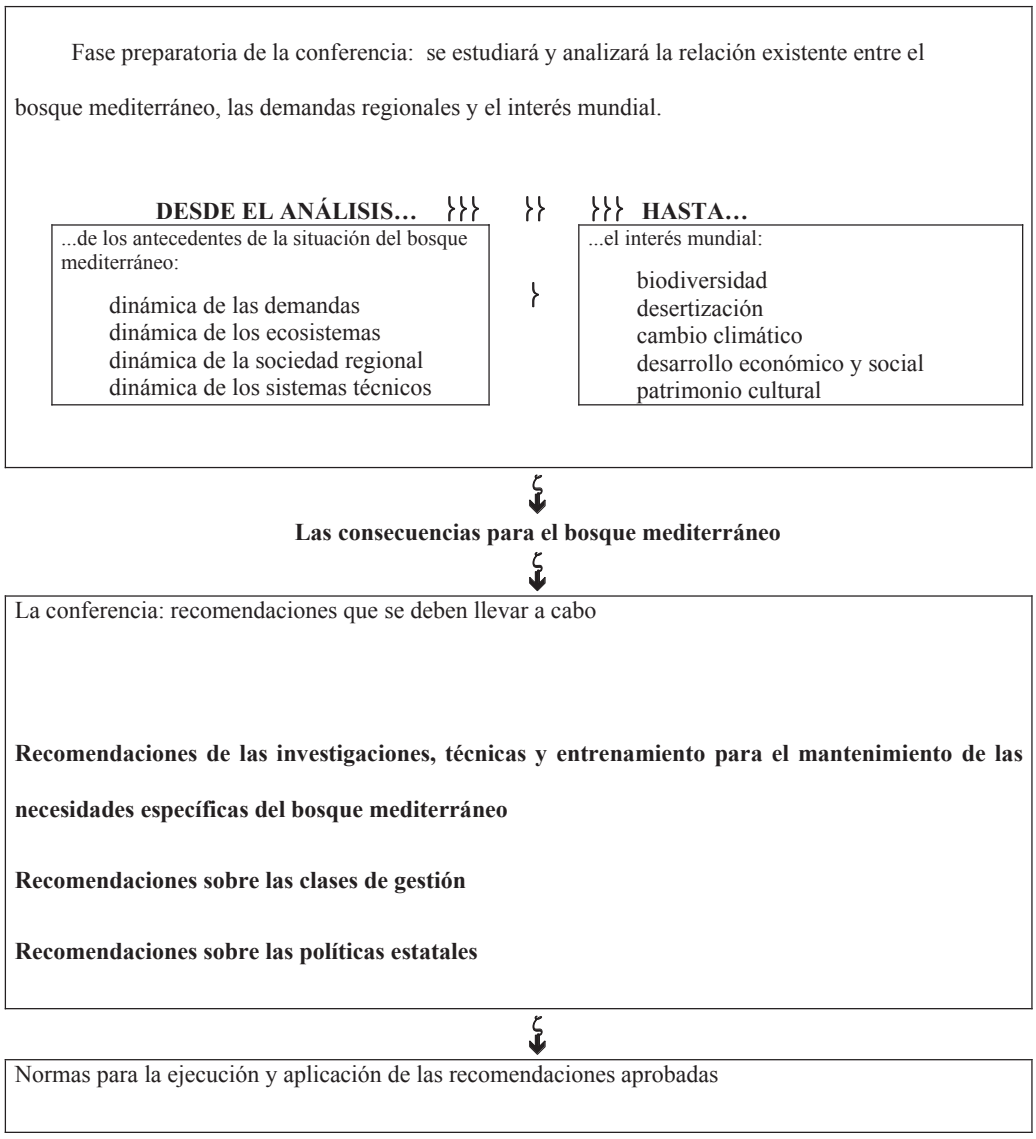
Cada región asociada propondrá una o más áreas que posean un perfil peculiar y problemas concretos que deben ser resueltos y cuya solución sea fructífera, no sólo para la región en cuestión, sino también para los técnicos fruto de las regiones asociadas. Estos intercambios harán posible la comparación de los conocimientos propios en cada situación concreta: algunos equipos ya han resuelto problemas de gestión y técnicos que otros aún tienen por resolver. El éxito de estos intercambios depende de cómo se orienten, planifiquen, gestionen y supervisen los acuerdos de cooperación. Los aspectos técnicos de los proyectos en si mismos serán gestionados casi exclusivamente por las regiones asociadas (reservados a los territorios pilotos). No obstante, si tenemos en cuenta dicho proyecto en su totalidad, comprobaremos que requiere una gestión eficaz (recopilación y difusión de la información, organización de los intercambios y viajes, aprovechamientos de la información conseguida, evaluación, etc.) por medio de un único ejecutor. La Asociación Internacional del Bosque Mediterráneo será la encargada de este trabajo, coordinando y gestionando los intercambios entre las diferentes estructuras propuestas por las regiones asociadas y recopilará un resumen /idea general de dichos intercambios. Los territorios asociados son: en Campania (Italia): el Parque Nacional del Vesubio; en Valencia (España): la comarca Alto Palancia; en Umbría (Italia): la cuenca de captación del Lago Trasimeno; en Murcia (España): el Parque Regional de Sierra Espuña; en el Algarve (Portugal): la Sierra do Caldeirão; en Provenza-Alpes-Costa Azul (Francia): el macizo de Alpilles. Las actividades de los territorios en Campania, Valencia, Murcia y Provenza-Alpes-Costa Azul se centrarán fundamentalmente en la prevención de incendios forestales.

El proyecto FOMEMOND de Interreg IIIC: "El bosque mediterráneo con relación al interés mundial y las demandas regionales"

El proyecto **"El bosque mediterráneo con relación al interés mundial y las demandas regionales"** aspira mejorar y llevar a la práctica la transición a las regiones de la preocupación mundial por la biodiversidad, la lucha contra la desertización, el cambio climático global, la gestión a largo plazo de los bosques y el patrimonio cultural. Este desarrollo será analizado por "prototipo" definido como "asuntos importantes en el ámbito mundial" considerados desde la perspectiva de los acuerdos y convenios internacionales, en seminarios dedicados a cada uno de estos

temas, junto con las autoridades responsables de supervisar los diferentes convenios. La síntesis de estos estudios se llevará a cabo durante la conferencia organizada con miras a recopilar las peticiones y recomendaciones específicas que se hagan. A la conferencia asistirán participantes de todas clases, desde políticos creadores de mercados hasta administradores de fincas. La conferencia no será el fin del partido, sino, el origen de muchas otras actividades que, a su vez, harán realidad las recomendaciones en algunas de las zonas que saldrán a relucir. Por ende, el proyecto se divide en tres etapas (ver la ilustración nº 1).

Ilustración 1 - *Etapas del proyecto FOMEMOND*



La Economía de los Incendios Forestales de Colindancia[1]

John Handmer,[2] Beth Proudley[2]

Resumen

El nuevo Centro de Investigación Cooperativo (CIC) (*CRC Cooperative Research Centre*) sobre Incendios de monte en Australia es una gran apuesta a largo plazo para la mejora de la seguridad de las comunidades australianas mediante la colaboración en la mejora de las políticas y las prácticas relacionadas con los incendios forestales. Uno de los proyectos del CIC se ocupa de los "Métodos fiables de valoración de los costes totales de los incendios de monte y los beneficios de la mitigación". Esta ponencia presentará la parte inicial de este proyecto.

El análisis económico de la gestión del peligro de inundación tiene una larga historia y está muy desarrollado en lo que se refiere a las zonas urbanas. Inspirados por ese abundante material, así como por los métodos existentes de análisis de la economía de los incendios y la bibliografía de criminología sobre la economía del incendiarismo, estamos trabajando en el desarrollo de un modelo de valoración global de la economía de los incendios forestales de colindancia o interfase. Prestamos atención especial a los acontecimientos "excepcionales" que más contribuyen a las pérdidas en incendios, y cuya supresión es problemática. Asimismo incorporamos a nuestro método los costes adicionales que impone el incendiarismo. Identificaremos los principales impulsores de los costes y los beneficios, y las principales oportunidades de un ahorro considerable de costes en el entorno actual y el futuro previsible del entorno australiano de gestión de incendios. Este proyecto se propone examinar más adelante las implicaciones económicas de los distintos modos de abordar los incendios y su gestión, y relacionar el modelo económico preferido y sus resultados con modelos de comportamiento de los incendios y de su supresión.

Introducción

La comprensión de todos los costes (y beneficios) que se derivan de los incendios forestales es un ingrediente clave para poder tomar decisiones sobre la gestión y mitigación de incendios basadas en pruebas. Las instituciones gubernamentales exigen que el método de valoración se fundamente en los principios de economía, y no en las pérdidas financieras de personas o zonas. Los modelos de economía de incendios existentes suelen estar diseñados con fines concretos, concretamente la protección forestal, y no tienen en cuenta los considerables costes adicionales de las

[1] Una versión abreviada de esta ponencia se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía de los programs de protección contra incendios forestales: una visión global, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] Bushfire Cooperative Research Centre, Centre for Risk and Community Safety, Department of Mathematical and Geospatial Sciences, RMIT University, Melbourne, Australia.

acciones criminales, lo que reduce su utilidad en el caso de los incendios de colindancia que en un elevado número de casos pueden ser provocados.

Se pueden valorar los desastres que se han producido o los riesgos que potencialmente amenazan a una comunidad. Otro objetivo importante de las valoraciones de pérdidas es permitir la comparación del impacto de incendios reales o potenciales en diferentes lugares, comunidades, y con otros peligros. La comprensión de los factores causales que subyacen a las pérdidas proporciona la capacidad de sintetizar pérdidas para determinados riesgos y ayuda a evaluar estrategias de mitigación alternativas. La capacidad de aplicar la valoración de las pérdidas se ha visto dificultada por la ausencia de un método estándar comúnmente aceptado. Hay muchas valoraciones de pérdidas que no tienen en cuenta los principios de economía, lo que supone una limitación adicional de su utilidad y credibilidad a los ojos de las instituciones financieras.

Esta ponencia informa sobre la primera fase de un gran proyecto, "Métodos fiables de valoración del coste total de los incendios de monte y el coste total de la mitigación", para desarrollar un método de valoración de los incendios de monte de colindancia en Australia. El proyecto es parte del Centro de Investigación Cooperativo de Incendios de monte de reciente creación.

El CIC de incendios de monte

El programa del Centro de Investigación Cooperativo (o CIC) pretende incrementar la investigación australiana en las áreas de que se ocupa poniendo en contacto a los investigadores y profesionales de toda la nación. (Asociación de Centros de Investigación Cooperativos, *Cooperative Research Centres Association*: http://www.crca.asn.au/ Cooperative Research Centres: https://www.crc.gov.au/)

Tras un largo y exhaustivo proceso de discusión entre los grupos participantes de investigadores y profesionales, el CIC de Incendios de monte comenzó formalmente sus trabajos a finales de 2003 (www.bushfirecrc.com). Se trata de uno de los mayores CIC con una dotación de unos 100 millones de dólares australianos para siete años y en el que participan 34 organizaciones con 30 proyectos de investigación iniciales con sede en 20 instituciones de investigación. Hay cuatro temas de investigación principales organizados en programas de investigación, más un programa dedicado a la preparación y formación, y todos aspiran a proporcionar los datos necesarios para una mejor gestión de los incendios forestales y una mayor seguridad de las comunidades. Estos programas podrán ir evolucionando y son los siguientes:

- Aumentar la comprensión del comportamiento de los incendios de monte y la capacidad de gestionarlos (Programa A);
- Desarrollar herramientas para una planificación y un uso del fuego en el entorno que sean efectivos, seguros y razonables en términos ecológicos. Programa B);
- Aumentar la autonomía de las comunidades en la gestión del riesgo de incendio de monte (Programa C);
- Desarrollar el conocimiento necesario para reducir la pérdida de edificios, las lesiones a sus ocupantes, los riesgos de los efectivos de la lucha contra incendios y para mantener el suministro de voluntarios (Programa D);

- Aumentar el número de investigadores y la capacidad de investigación, garantizando la transferencia de su conocimiento a los usuarios (Programa E).

Esta ponencia presenta el trabajo inicial de uno de los proyectos del Programa C.

La economía es una consideración importante en la mayor parte de las actividades financiadas con fondos públicos, incluida la gestión de incendios de monte, como medio de comprobar si merece la pena hacer el gasto. En Australia aumenta la presión para llevar a cabo esa comprobación. En las valoraciones de pérdidas, con frecuencia se confunde la economía con cualquier análisis basado en el dinero. Sin embargo, un análisis económico se basa en un conjunto de principios concretos que son diferentes de los que se utilizan, por ejemplo, en contabilidad. En la bibliografía de valoración de pérdidas, los métodos no económicos se suelen denominar valoraciones financieras. En la definición de pérdidas económicas, nosotros nos ajustamos a la práctica habitual en Australia y en el Reino Unido e incluimos pérdidas inmateriales, tales como los elementos sociales y medioambientales. La valoración económica considera (y según los principios del análisis de coste-beneficio):

- Todos los miembros de la sociedad o economía definida, no las empresas individuales;
- Cambios en la actividad económica de dicha economía, no de sus componentes;
- Valores de mercado (o depreciados) en lugar de valores de reposición;
- Contabilización de todos los efectos sobre la economía, tanto positivos como negativos.
- La economía no trata de los efectos distributivos, y tampoco de las pérdidas y ganancias comerciales.

Justificación económica

En resumen, un análisis económico se ocupa del impacto de un acontecimiento sobre la economía de la zona seleccionada para su análisis. Un paso clave es la definición de esa economía en el espacio y en el tiempo. Si el ámbito es la nación, entonces el objetivo es la eficiencia económica nacional, y no la reducción del daño por el fuego o el control del coste de la lucha contra incendios en si.

La valoración de las pérdidas económicas se ocupa de la variación neta de la economía de un área determinada. Contabiliza las pérdidas para la economía de dicha zona, así como los beneficios derivados del acontecimiento que se está valorando. Los beneficios pueden ser indemnizaciones de los seguros, fondos de ayuda tras una catástrofe, y aumento de la actividad económica local. Para obtener la "pérdida económica neta", es necesario deducir de las pérdidas valoradas cualquier beneficio que se produzca para la economía. Esa es una medida del impacto regional de un desastre, y es el método utilizado por la Oficina General de Contabilidad de Estados Unidos (GAO). Por ejemplo, la GAO examinó estudios del coste económico de los ataques del 11 de septiembre en Nueva York. La GAO aprobó un informe que estimaba unas pérdidas para la ciudad de Nueva York de 87.000 millones de dólares, de los que se deducían 67.000 millones de dólares de beneficios, con unas pérdidas netas de unos 16.000 millones de dólares (Oficina General de Contabilidad (GAO) de Estados Unidos, 2002). (Este estudio incluía importes por la pérdida de vidas

humanas). Sin embargo la pérdida económica neta no siempre es un indicador adecuado o viable desde el punto de vista político de lo que debería gastarse en mitigación.

Sin embargo, el análisis financiero se suele realizar para valorar las pérdidas desde el punto de vista de una empresa comercial (o grupo de empresas). Nótese que las valoraciones basadas en datos o suposiciones de los seguros pueden ser muy diferentes en lo que a las pérdidas tangibles se refiere. Una de las razones es que las pólizas de seguros de viviendas valoran los elementos perdidos como nuevos, en lugar de según su valor de mercado o depreciado.

Trabajo en la economía de otros peligros

La mayor parte del trabajo que se ha realizado se centraba en la valoración y estrategias de mitigación de las pérdidas por inundación. Véase por ejemplo, BTE (2001) y BTRE (2002), y Handmer et al (2002). La idea de la valoración sistemática de pérdidas se formalizó con la Ley de Control de Inundaciones de Estados Unidos de 1936, que daba instrucciones al respecto. Es en parte debido a esta Ley, así como la existencia en todo el mundo de una burocracia de gestión de las grandes inundaciones y debido a las prácticas características de las inundaciones en cuanto a su razonablemente definido alcance espacial y lo aleatorio de su presencia en el tiempo, por lo que la inundaciones son el peligro natural mejor documentado, (mejor denominado "riesgo", de acuerdo con la terminología australiana contemporánea, véase Gestión de Emergencias en Australia http://www.ema.gov.au). Grandes grupos de investigación se han dedicado a desarrollar métodos de valoración económica de pérdidas provocadas por inundaciones tanto en Estados Unidos (por ejemplo el Cuerpo de Ingenieros y más recientemente la FIA (Administración de Seguros Federal o *Federal Insurance Administration*) como en el Reino Unido (por ejemplo, el Centro de Investigación del Peligro de Inundación o *Flood Hazard Research Centre* y el Departamento de Asuntos Medioambientales, Alimentarios y Rurales, o *Department for Environment, Food and Rural Affairs - Defra*). En otros ámbitos hay muchos grupos dedicados a este tema, pero pocos trabajan sobre los principios de la economía.

Parece razonable que nos beneficiemos de esta larga experiencia y de los principios que subyacen a la valoración de pérdidas por inundación para los gobiernos nacionales. El principio fundamental es que las valoraciones deben basarse en los principios de economía, y la Ley de Control de Inundaciones de EE.UU. de 1936 define lo esencial del análisis de costes y beneficios. Como se ha indicado anteriormente, este método puede cambiar la pregunta planteada de pérdidas y/o minimización de costes a "qué merece la pena hacer?" y "¿qué merece la pena hacer desde el punto de vista de la economía?" La mayor parte del trabajo de valoración de pérdidas debidas a peligros naturales se ha realizado en zonas urbanas, lo que lo hace más o menos comparable a las zonas de colindancia urbano forestal con peligro de incendio de monte. A continuación se detallan otros aspectos útiles del método de valoración de pérdidas por inundación.

Se realizan valoraciones de pérdidas por otros peligros, pero en el caso de muchos peligros es difícil identificar la extensión y la probabilidad de que se materialice el peligro, y las opciones de mitigación pueden ser limitadas o problemáticas por alguna otra razón. Eso dificulta la valoración de pérdidas para ayudar a elegir las estrategias de mitigación.

Un principio importante de la valoración de pérdidas por inundación y del análisis de coste-beneficio es que deben incluirse todos los costes (y beneficios). En otra sección de la ponencia identificamos áreas a las que se presta poca atención en las valoraciones. Tradicionalmente la valoración de pérdidas por inundación clasifica las pérdidas en dos grandes categorías, directas e indirectas, que a su vez pueden dividirse en impactos materiales e impactos inmateriales o ajenos al mercado, dependiendo de si la pérdida puede o no valorase según los términos económicos convencionales. Es útil distinguir los dos tipos de pérdida material de las pérdidas inmateriales (obsérvese que nos ajustamos a la clasificación tradicional en Australia y el Reino Unido):

- *Daños directos:* se derivan del impacto físico del peligro, por ejemplo los daños a edificios. Son las pérdidas mayores y más evidentes. Para evaluar esas pérdidas se recurre a los principios económicos mínimos. Los principios a aplicar, tales como la estimación del valor económico de los activos perdidos, son comunes a todas las evaluaciones;

- *Pérdidas indirectas* se producen a consecuencia de los impactos físicos del desastre, por ejemplo la perturbación del tráfico cuando las carreteras están inundadas o las pérdidas de productividad de las empresas afectadas. Una categoría independiente de pérdidas indirectas es el impacto del desastre sobre los mercados financieros, lo que estaría relacionado con el coste de la reconstrucción y las indemnizaciones de las compañías de seguros. Estos impactos financieros sólo serán graves en el caso de un desastre excepcionalmente grave. La evaluación de las pérdidas indirectas es más compleja, especialmente porque hay que evitar contabilizar dos veces pérdidas que ya se han valorado como pérdidas directas;

- *"Pérdidas Inmateriales"* o ajenas al mercado es un término vago que se limita a identificar impactos directos e indirectos para los que no existe un método de valoración acordado, tales como las víctimas mortales, los efectos perniciosos para la salud, el patrimonio y las pérdidas medioambientales. Los métodos para calcular esas consecuencias en términos económicos son, bien difíciles de aplicar, experimentales, o no gozan de la aceptación general; pero eso no quiere decir que no sean importantes. Las pérdida inmateriales con frecuencia son consideradas más importantes que las pérdidas materiales, y por lo tanto debe intentarse valorarlas e incluirlas.

Algunas medidas para la gestión de riesgos son más fáciles de valorar que otras, por ejemplo las pérdidas directas evitadas mediante obras estructurales. Las alteraciones a pequeña escala en los edificios, que los hagan más resistentes al fuego o a la inundación, pueden ser fáciles de valorar, pero hay que estimar el cumplimiento de esa medida. El mismo problema se plantea con otras medidas de mitigación que dependen de la repuesta del público, como los sistemas de alarma, o en la negociación, como la normativa de ordenación del territorio. Una vez más, las valoraciones económicas son bastante sencillas, pero hay una gran incertidumbre sobre la respuesta y el cumplimiento, y el resultado económico depende de ambos.

Se han desarrollado una serie de métodos de valoración de pérdidas por inundación (incluidos los métodos no económicos), (véase también Handmer et al 2002). Más o menos pueden clasificarse en tres grupos:

- El método de cálculo de la media, principalmente basados en datos preexistentes de pérdidas, por ejemplo las pérdidas medias por vivienda inundada, el

método más rápido y barato es el Método victoriano de valoración rápida (*Victorian Rapid Appraisal Method, RAM*) (Read & Sturgess and Associates 2000);

- El método sintético, una valoración detallada basada en bases de datos preexistentes de los edificios y contenidos medios. Las tablas de pérdidas se desarrollan con frecuencia de un modo teórico o sintético, frente a un desarrollo basado en la experiencia (manuales del Centro de Investigación de Inundaciones del Reino Unido o *Flood Hazard Research Centre* en la Middlesex University, Risk Frontiers);

- La encuesta o el método histórico se basa en encuestas detalladas de acontecimientos recientes para establecer la pérdida real. Es difícil sin un caso reciente de inundación.

A pesar de todo el trabajo realizado, (y del la cantidad de publicaciones), las guías de valoración de pérdidas rara vez realizan un análisis económico o de las pérdidas inmateriales. Cuando lo hacen, requieren un conocimiento altamente especializado, lo que encarece su aplicación en la práctica. Handmer (2002) presenta algunos de los problemas inherentes a la valoración de pérdidas.

Incendiarismo

El Servicio Rural de lucha contra los incendios NSW calcula que aproximadamente el 50% de los incendios de monte son provocados (Mayhew 2003) y con un coste medio anual de los incendios de monte de 60 millones de dólares entre 1997 y 2002, se calcula que unos 30 millones de dólares podrían atribuirse al incendiarismo (Mayhew 2003). Hay muchos otros incendios debidos a negligencia, que algunas veces dan lugar a la intervención policial y con frecuencia requieren una amplia investigación. Esas fuentes de ignición pueden provocar importantes aumentos del coste de los incendios. La naturaleza del incendiarismo dificulta la cuantificación de sus costes, y de haber datos empíricos sobre los incendiarios de monte en Australia, son muy escasos (Kocsis 2002). No todos los incendios provocados son registrados por la policía, y las cifras que da la policía no representan el alcance real del incendiarismo. Los incendios de monte provocados son un delito excepcional porque no se cometen para obtener beneficios económicos, como suele ser el caso en los incendios urbanos provocados, sino que parece ser un delito debido a causas psicológicas.

Los incendios de monte provocados tienen potencialmente la posibilidad de causar un gran daño, pero es difícil valorar exactamente cuantos incendios de monte son realmente debidos a incendiarismo. Muchos incendiarios atacan durante la temporada de mayor riesgo de incendio. Con el eslogan: "los incendios provocados fríamente dejan un rastro ardiente", los equipos de investigación de incendiarismo, como la Fuerza de Ataque Tronto de NSW están utilizando técnicas forenses, inventarios realizados vía satélite y fotografía aérea en su determinación de localizar a los incendiarios de monte (McDonnell 2003a).Se produce la paradoja de que el desarrollo de la tecnología disponible y los equipos de investigación que la utilizan contribuyen a aumentar los costes globales de los incendios de monte provocados.

Los costes más evidentes causados por los incendios de monte provocados suelen estar relacionados con daños directos, es decir, pérdidas o daños a la propiedad. Sin embargo, son sólo una parte. Es difícil atribuir un valor en dólares a las pérdidas indirectas (es decir, a la pérdida de productividad, la perturbación del funcionamiento de las empresas) y a las inmateriales (Mayhew 2003) tales como la

degradación de la cuenca hidrográfica y el daño ecológico (Institution of Engineers Australia: Victorian Division 1988).

En un informe de 2003 sobre los costes de los delitos en Australia publicado por el Instituto Australiano de Criminología, los costes totales de la respuesta al incendiarismo urbano y forestal se calculan en 1,350 millones de dólares; una cifra que incluye "pérdidas de viviendas y estimaciones de costes indirectos y pérdidas inmateriales", servicios de ambulancias y de efectivos de lucha contra incendios y horas de voluntarios (Mayhew 2003). Esa cifra no incluye los costes financieros de las ramificaciones jurídicas del incediarismo urbano y forestal, es decir, administración de justicia, costes de la policía y del personal especializado en la investigación del incendiarismo, etc, que se subsumen en el resto de los costes derivados de los delitos. En comparación con los costes del incendiarismo, el coste anual de los incendios de monte (al margen de la causa de ignición) es de aproximadamente 77 millones de dólares (Bureau of Transport & Regional Economics 2001).

Un coste adicional provocado por los incendiarios del monte es que pueden dar lugar a procesos de recuperación psicológica más difíciles comparados con los incendios de monte que se producen naturalmente. Hay muchas anécdotas de incendiarios que están relacionados con organizaciones de la lucha contra los incendios (o que han sido expulsados de ellas). Esa es otra faceta del incendiarismo con costes prácticamente sin cuantificar. Los resultados de los incendios provocados por incendiarios de las fuerzas de la lucha contra los incendios suponen "miembros de los efectivos heridos o muertos, accidentes con la maquinaria, el coste de la supresión, equipamiento dañado y publicidad negativa, incluso responsabilidad civil" (Aurnhammer 2002), así como otras pérdidas directas, indirectas e inmateriales relacionadas con los incendios de montes. Una selección de los titulares sobre incendiarios de los efectivos de la lucha contra incendios en Estados Unidos y en Australia demuestra que el problema no es exclusivamente local:

- Detenido incendiario de CFA (AAP) - Australia

- Bombero prendió fuego a un colegio (Lenaghan 2002) – Australia

- Comienza el juicio del jefe de bomberos incendiario de Fayette (Ove 2004) – EE.UU.

- Voluntario de Hillcrest de los efectivos antiincendios acusado de incendiarismo (Lieberman 2004) - EE.UU.

'En Australia por lo menos 17 voluntarios de la lucha antiincendios han sido acusados de provocar incendios en los últimos cinco años" (McDonnell 2003b), sin embargo Australia sigue sin tener una estrategia nacional frente al incendiarismo, ni ningún tipo de programa de rehabilitación para incendiarios. Hasta la creación del CIC de incendios de monte, no se había dedicado al problema de el incendiarismo, de los incendiarios, ni investigaciones ni recursos. En el CIC hay un programa de investigación sobre el tema.

Oportunidades de ahorro

Las oportunidades de ahorro se derivarán de una apreciación rigurosa del coste de los incendios y de los costes y beneficios de toda la gama de modos de abordar la gestión de incendios y la seguridad de la comunidad. Lograríamos beneficios muy

importantes sólo con que lográramos mejorar ligeramente nuestra capacidad para cribar a los incendiarios e impedir sus actividades. La planificación preventiva mediante el reconocimiento de las características propensas al incendio de monte por parte del gobierno local (Koperberg 2003), también compensaría por la reducción de riesgo y por la posibilidad de reducir la necesidad de dar servicio.

Suposiciones, limitaciones e incertidumbres

Hay opiniones y estimaciones muy diferentes sobre muchas áreas de la valoración y gestión de los incendios de monte, probablemente más que sobre otros peligros "naturales". La naturaleza precisa de la relación entre muchos métodos de mitigación y los mega incendios no está clara, y esos son los incendios que causan mayores pérdidas. Es importante que se considere la posibilidad de errores en las estimaciones, previsiones, etc. Ese margen puede ser grande, y una parte importante de cualquier valoración económica.

Esas incertidumbres y errores potenciales no son exclusivos de los incendios forestales. Todos los elementos del proceso de valoración de pérdidas en un desastre contienen incertidumbres inherentes, especialmente si la valoración depende de suposiciones sobre la pérdida de activos y el comportamiento del incendio en cuestión. En algunos casos las incertidumbres pueden ser grandes y no reducibles mediante la recopilación de datos y el análisis convencional (véase Handmer 2002). Un sentido en el que los incendios forestales pueden presentar una diferencia cualitativa con respecto a las inundaciones o los ciclones, es en el coste potencial de la respuesta de emergencia y los costes potenciales asociados a algunas medidas de reducción del riesgo como por ejemplo la quema para la reducción de combustible.

Hacia una valoración de pérdidas global

Un método de valoración de pérdidas global tiene que basarse en los principios económicos y en otros principios clave de la valoración contemporánea de pérdidas y ampliamente aceptados y aplicados en la valoración de pérdidas en inundaciones. Las implicaciones del método económico ya se han explicado. Un tema clave en el es el alcance espacial del área de valoración, y los difíciles problemas que plantean los incendios muy grandes. El método debe además ser comparable en la medida de los posible con los distintos métodos existentes y cualquier diferencia debe estar muy clara. La tabla 1 presenta ejemplos de algunos modelos que ya se utilizan.

Tabla 1—*Métodos existentes.*

Modelo	Descripción	Ventaja	Desventaja
Coste menor más pérdida Pyne, S. J., Andrews, P. L. and Leven, R. D. (1996) 'Fire Economics'. Introduction to Wildland Fire, (2nd Edn), John Wiley & Sons, pp. 425-439.	La extinción de incendios sólo se justifica por el daño que se impide. Si se gasta más en extinción del valor de los recursos salvados, es mejor dejar que el incendio se consuma.	Modelo más popular de gestión de incendios. Reconoce la importancia de reducir los costes, además de las pérdidas.	'Sin contar con el medio de calcular los daños provocados por el incendio, la teoría no puede determinar el punto en el que los costes acumulados y

			las pérdidas alcanzan el mínimo.'
Protección adecuada Pyne, S. J., Andrews, P. L. and Leven, R. D. (1996) 'Fire Economics'. Introduction to Wildland Fire, (2nd Edn), John Wiley & Sons, pp. 425-439.	'El nivel de inversión en protección contra incendios debería igualar el que una persona prudente estaría dispuesta a invertir en un seguro contra incendios.'	Reconoce que algunas pérdidas se producen.	Es difícil de aplicar a un "territorio sin un valor de mercado fácilmente calculable".
Daño mínimo Pyne, S. J., Andrews, P. L. and Leven, R. D. (1996) 'Fire Economics'. Introduction to Wildland Fire, (2nd Edn), John Wiley & Sons, pp. 425-439.	Extinción de incendios agresiva: "las pérdidas no deberían superar el 0,1% de la superficie protegida y no más del 15% de todos los incendios deberían superar los 10 acres (4 ha)".	Sencillo de administrar.	La extinción agresiva no siempre es el método más deseable.
Intervención/No Intervención Bennetton, J., Cashin, P., Jones, D. and Soligo, J. (1998) 'An economic evaluation of bushfire prevention and suppression', Journal of Agricultural and Resource Economics, 42 (2), pp. 149-175.	Una evaluación del Programa de Gestión de Incendios (PGI) del Victorian Department of Natural Resources and Environment. 'Los beneficios netos del PGI se calculan restando el coste del PGI y el valor del daño real causado por los incendios de montes del valor del daño potencial de los incendios de montes.."	Demuestra el valor, en dólares , del Programa de Gestión de Incendios del Victorian Department of Natural Resources and Environment	Es específico de un plan de gestión de incendios concreto. La no intervención no es una opción si el incendio amenaza la zona de colindancia urbana.

Además de los principios de economía, el método debería satisfacer una serie de criterios derivados de la revisión de métodos existentes de valoración y las necesidades expresadas por muchos responsables de situaciones de emergencia en Australia:

- Debería apoyar un método de gestión de incendios de monte basado en el riesgo;

- en la medida de lo posible debería estar diseñado para la puesta en práctica, y no para el uso exclusivo de especialistas (véase por ejemplo Handmer, Read & Percovich 2002);

- debería subrayar la posibilidad de comparar lugares, incendios, métodos de mitigación y gestión de incendios diferentes. De ese modo pueden tomarse decisiones sobre la asignación de recursos y el retorno esperable sobre la inversión de modo coherente;

- debería ser igual de útil para valorar las pérdidas tras el incidente que para planear escenarios sin un incendio real;

- debería cubrir todo tipo de pérdidas, no únicamente aquellas que es relativamente fácil medir.

Ampliando el último punto, los tipos de pérdidas a los que se presta poca atención son entre otros:

- costes inmateriales en general, especialmente las lesiones físicas y psicológicas, el patrimonio y daño medioambiental;

- las pérdidas indirectas suelen valorarse mal;

- Incendiarismo– los costes adicionales de los procesos penales y los costes inmateriales potenciales del incendiarismo;

- El coste del derroche, el exceso de respuesta, etc;

- El impacto de los nuevos métodos de gestión de incendios;

- La incorporación de las incertidumbres y el margen de error.

Un método global debe tener en cuenta la tensión entre la necesidad de controlar y extinguir los incendios y el fuego en su función ecológica y como medio de contribuir a la gestión de incendios.

El método que estamos desarrollando se fundamenta en un análisis convencional de análisis de costo-beneficio al que se añaden métodos para incorporar los elementos con frecuencia olvidados que se han detallado. Se presentará en el marco de una guía para la valoración paso a paso, desde la decisión inicial de valorar hasta la presentación de los resultados y la mejora de las bases de datos y del método. Las modificaciones mencionadas se refieren la importancia de la posibilidad de comparación frente a la precisión altamente variable de cada valoración individual. Asimismo se refiere a la posible incorporación de métodos que no se centran únicamente en las pérdidas que se evitan con la gestión de incendios, (como sucede en las valoraciones convencionales de desastres), sino que examina la rentabilidad de las diferentes medidas de gestión de incendios cuando están disponibles los datos. Un modo sería documentar lo que puede lograr una estrategia de mitigación concreta en determinadas circunstancias que se puedan establecer. El gasto más allá de lo que la estrategia puede lograr puede ser una asignación de recursos ineficiente, y se puede considerar un exceso de respuesta. En esos casos, podríamos estar en un terreno en el que, por lo menos en teoría, se podrían realizar ahorros de costes. La importancia de esta política es que los fondos que se ahorren, pueden dirigirse a otro terreno en el que se pudiera conseguir mucho más. Hay informes en Estados Unidos que sugieren que una razón para que se produzca ese exceso el la lucha contra incendios, o más bien derroche, es la naturaleza empresarial de parte de las organizaciones de la lucha contra incendios forestales, en las que el objetivo principal puede ser el beneficio, antes que la extinción (O'Toole 2002) (Mangan 2001).

Para refinar este método y probarlo en un contexto real, se realizarán casos prácticos a medida que se desarrolla. En esa fase pretendemos estudiar los costes globales de un incendio grande de colindancia urbano forestal y de un incendio grande rural. Asimismo, habrá estudios más concretos que examinen los costes del incendiarismo, los costes y beneficios de la mitigación y la respuesta, y los problemas potenciales de los errores y las incertidumbres en los datos de predicción. Donde corresponda, se identificarán también los beneficios provocados por los incendios o los métodos de gestión de incendios.

Las valoraciones económicas suelen requerir hacer suposiciones sobre la sociedad y los incendios del futuro. Una tendencia social evidente que debe incluirse en cualquier análisis es la rápida expansión de la colindancia urbano forestal en Australia y el continuo incremento del riesgo asociado de incendio de monte. Otro asunto bien documentado relacionado con el riesgo de incendio es la fuerte tendencia hacia el calentamiento del clima Australiano (Karoly, Risbey & Reynolds 2003). Combinada con el largo periodo de precipitaciones por debajo de la media, esa tendencia ha llevado también al aumento del riesgo de incendio, y del riesgo de incendios excepcionalmente grandes, con los costes y el trauma que conllevan. Hay muchas otras tendencias que probablemente sean relevantes. Temas como la vida delas comunidades, el voluntarismo y los cambios de expectativas entre la gente y las empresas sobre quién tiene que soportar el riesgo. Trataremos de identificar las tendencias importantes en la medida de lo posible, y las incorporaremos a la parte del proyecto dedicada al análisis.

Agradecimientos

Agradecemos su apoyo al Centro de Investigación Cooperativo de Incendios de monte (Bushfire Cooperative Research Centre) y la RMIT University.

Referencias

AAP **CFA Arsonist Jailed**, Herald Sun, visionado el 12 de febrero de 2004, <http://www.heraldsun.news.com.au/footy/common/story_page/0,8033,6049451%255E1702,00.html>.

Aurnhammer, TW 2002, **Addressing the Fire Fighter Arson Problem**, New Mexico Municipal Fire Chiefs Association, visionado el 11 febrero de 2004, <http://nmfirechiefs.com/articles/ffarson.htm>.

Blong, R. (2002) **'Estimating residential flood damage'**, In Smith, D. I. and Handmer, J. (Eds.), Residential flood insurance: the implications for floodplain management policy, Water Research Foundation, Canberra, pp. 175-200.

Bureau of Transport & Regional Economics 2001, **Economic Costs of Natural Disasters in Australia**, 103, Oficina de Economía del Transporte, Canberra, Australia.

---- 2002, **Benefits of flood mitigation in Australia**, 106, Canberra.

Emergency Management Australia (2000) **Emergency Risk Management - Applications Guide**, Emergency Management Australia, Canberra.

Handmer, J 2002**, 'The chimera of precision'**, International Journal of Mass Emergencies and Disasters, vol. 20, no. 3, pp. 325-46.

Handmer, J, Read, C & Percovich, O 2002, **Disaster loss assessment guidelines**, Departamento de Queensland de Servicios de Emergencias Gestión de Emergencias (Queensland Department of Emergency Services and Emergency Management) Australia, Canberra.

Handmer, J. and Smith, D. I. (1994) Cost**-effectiveness of Flood Warnings**, Centre for Resource and Environmental Studies, Australia National University, Canberra.

Institution of Engineers Australia: Victorian Division 1988, **Bushfires and Technology**, Institution of Engineers Australia, Victorian Division, Melbourne.

Karoly, D, Risbey, J & Reynolds, A 2003, **Global warming contributes to Australia's worst drought**, WWF Australia.

Kocsis, RN 2002, **Arson: Exploring Motives and Possible Solutions**, Australian Institute of Criminology, Canberra.

Koperberg, P 2003, **'The Politics of Fire Management'**, ponencia presentada en la III conferencia internacional sobre incendios forestales y cumbre internacional muncial sobre incendios forestales (3rd International Conference on Wildland Fire and International Wildland Fire Summit), Sydney, Australia,.

Lenaghan, N 2002, **Firefighter torched school**, The Age, viewed February 12 2004, <http://www.theage.com.au/articles/2002/04/04/1017206240622.html>.

Lieberman, S 2004, **Hillcrest volunteer firefighter accused of arson**, The Journal News, visionado el 11 de febrero de 2004, <http://www.thejournalnews.com/newsroom/011704/a0117arsonarrest.html>.

Mangan, RJ 2001, **'Issues in Reducing Costs on Large Wildland Fires'**, Fire Management Today, vol. 61, no. 3, pp. 6 -10.

Mayhew, P 2003, **Counting the Costs of Crime in Australia: Technical Report**, 4, Intituto Australiano de Criminología (Australian Institute of Criminology), Canberra.

McDonnell, S 2003a, **Interview with Assistant Commissioner John Laycock**, ABC Online, viewed February 11 2004, <http://www.abc.net.au/4corners/content/2003/20030224_fire_starters/>.

---- 2003b, **The Firestarters: Warrimoo**, ABC Online, viewed February 11 2004, <http://www.abc.net.au/4corners/content/2003/transcripts/s791531.htm>.

O'Toole, R 2002, **Reforming the Fire Service: An Analysis of Federal Fire Budgets and Incentives**, Thoreau Institute, Bandon, Oregon.

Ove, T 2004, **Fayette fire chief's arson trial begins**, Pittsburgh Post-Gazette, visionado el 11 de febrero de 2004, <http://www.post-gazette.com/pg/04013/260837.stm>.

Parker, D. J., Green, C. H. and M, T. P. (1987) **Urban Flood Protection Benefits: a project appraisal guide**, Gower Technical Press, Farnborough.

Penning-Rowsell, E. C., Green, C. H., Thompson, P. M., Coker, A. M., Tunstall, S. M., Richards, C. and Parker, D. J. (1992) **The Economics of Coastal Management: a manual of assessment techniques**, Bellhaven Press, London.

Percovich, O. and Handmer, J. (2002) **Disaster Loss Assessment Case Study**, Queensland Department of Emergency Services and Emergency Management Australia, Canberra.

Read & Sturgess and Associates 2000, 'Victorian **Rapid Appraisal Method'**.

United States General Accounting Office 2002, **Review of Sept 11 loss assessments**, Oficina General de Contabilidad de Estados Unidos (US GAO), Washington DC.

Zamecka, A. and Buchanan, G. (1999**) Disaster Risk Management**, Department of Emergency Services, Brisbane.

Efectos de los Reglamentos y la Responsabilidad Civil en el Riesgo de la Quema Prescrita en los Estados Unidos de América[1]

Jonathan Yoder[2]

Resumen

Durante los últimos quince años, en los Estados Unidos, se han aprobado y enmendado muchas leyes estatales relativas a la utilización de la quema prescrita y, en la actualidad, varias leyes parlamentarias reconocen expresamente los beneficios de dicha quema prescrita para reducir el peligro de incendio forestal. Desde una perspectiva económica, las disposiciones de las leyes de responsabilidad civil y de los reglamentos influirán en los incentivos para la utilización y la cautela debida con dicha quema. Esta ponencia estudia el efecto de dichos reglamentos y leyes en la incidencia y en el riesgo de las quemas prescritas descontroladas. El análisis está basado en datos anuales, y de ámbito estatal, desde 1970 a 2002, extraídos de la Base de datos documental del grupo de Agencias Nacionales encargadas del Control de Incendios (National Interagency Fire Management Information Database), en conjunción con una clasificación de las leyes parlamentarias arriba mencionadas. Los resultados de la regresión muestran que la incidencia y la gravedad de las quemas prescritas descontroladas tienden a ser menores en los estados con leyes parlamentarias de responsabilidad civil y restricciones reglamentarias más estrictas. Estos efectos son fuertes en el caso de los propietarios de tierras privados que queman terrenos privados, pero débiles o prácticamente inexistentes para los empleados públicos en terrenos federales. Las regresiones controlan diferentes factores que afectan al riesgo inicial y a los incentivos para la cautela debida, tales como valor de las tierras, estadísticas demográficas, la incidencia total de los incendios forestales, y otros factores. Es importante reconocer que, aun cuando leyes más indulgentes o menos rigurosas puedan acarrear una incidencia y descontrol mayores, dicha lenidad dentro del contexto de leyes y disposiciones legales bien planeadas puede ser útil, incluso óptima, desde una perspectiva social que facilite objetivos importantes de control integral de la vegetación.

Introducción

La quema prescrita es un tema de creciente atención y reglamentación legislativas en bastantes estados. Por ejemplo, en los últimos quince años, muchos estados del sudeste han promulgado leyes que declaran explícitamente de interés público la puesta en práctica prudente de la quema prescrita y que, al mismo tiempo, aclaran las

[1] Una versión abreviada de esta ponencia se presentó en el segundo simposio interncional sobre políticas, planificación y economía de los programas de protección contra incendios forestales: una visión global, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] Department of Agricultural and Resource Economics, Washington State University, yoder@wsu.edu.

normas sobre responsabilidad civil, y desarrollan reglamentos más estrictos y específicos sobre el uso de dicha quema (Haines y Cleaves, 1999). En comparación, el estado de Washington prohíbe, actualmente, la quema con fines de limpia de los campos de semillas de gramíneas, excepto bajo circunstancias concretas (Washington Administrative Code 173-430-045 [Código Administrativo de Washington]), y en California, la Ley Connelly-Areias-Chandler para la reducción de quema de paja de arroz de 1991, prohíbe también esta práctica, salvo en el caso de control de plagas.

La ley de responsabilidad civil y los reglamentos están concebidos para influir en la conducta de las personas. Dentro del contexto de la quema prescrita como medio para la ordenación de tierras, la ley y los reglamentos pueden afectar a la frecuencia de uso de dicha quema, y al cuidado que debe observarse en lo que respecta a los beneficios netos privados previstos de esta quema prescrita, así como en los incentivos económicos que haya que invertir en la cautela debida (Brown, 1973; Yoder y otros, 2003). Esta ponencia examina el efecto de dichos reglamentos y leyes en la incidencia y en el riesgo de quemas prescritas descontroladas. El análisis está basado en datos anuales, y de ámbito estatal, desde 1970 a 2002, extraídos de la Base de datos documental del grupo de Agencias Nacionales encargadas del Control de Incendios (National Interagency Fire Management Information Database; de ahora en adelante NIFMID), en conjunción con una clasificación de las leyes parlamentarias relativas a estos temas. El análisis es amplio, en cuanto que se centra en una definición extensa de quema prescrita y, en que utiliza los datos de forma agregada para todos los tipos de terrenos.

Los resultados de la regresión muestran que la incidencia de las quemas prescritas descontroladas iniciadas en tierras privadas por sus propietarios o encargados, tiende a ser menor en los estados con leyes parlamentarias de responsabilidad civil y restricciones legales más estrictas. Los empleados públicos que utilizan la quema prescrita en tierras federales se enfrentan a la ley federal que es la misma para todos los Estados Unidos, y no están tan afectados por las diferentes leyes estatales. Los análisis de las regresiones controlan diferentes factores que afectan al riesgo inicial y a los incentivos para la cautela debida, tales como valor de las tierras, estadísticas demográficas, la incidencia total de los incendios forestales, y otros factores.

Efectos de la responsabilidad civil en la utilización de la quema prescrita y en la cautela debida

Consideremos una representación simple del número previsto y de la gravedad total de las quemas prescritas descontroladas en un estado: $E[\text{damage}] = D_{ij} \cdot n_{ij}(x) \cdot p_{ij}(y)$[3], donde D_{ij} son los costes medios potenciales de una quema prescrita descontrolada en un estado *i*, en un año *j*, (incluidos, por ejemplo, los costes de las labores de extinción o los daños), n_{ij} es el número de quemas prescritas iniciadas con fines de control integral de la vegetación en un estado *i,* en un año *j,* y p_{ij} es la fracción de dichas quemas que escapan al control. Dada esta definición de daños estimados, el número previsto de quemas prescritas descontroladas es $n_{ij}(x) \cdot p_{ij}(y)$. Los valores n_{ij} y p_{ij} son indirectos por cuanto los factores de la cautela debida están implícitos en ellos, y los argumentos x e y incluyen

[3] [Damage]: daños, (nota del t.).

factores exógenos que afectan directamente y, a la vez, a los valores de n_{ij} and p_{ij}, y a al comportamiento de los encargados de los terrenos que utilizan la quema prescrita. Por ejemplo, podría esperarse que el número de quemas prescritas referidas a un estado y año dados (n_{ij}), disminuiría si los beneficios de dichas quemas fuesen menores por alguna razón, o los riesgos de descontrol fuesen particularmente altos para un nivel dado de cautela debida. Por otra parte, si los costes marginales de la cautela debida fuesen menores, se iniciarían más quemas y se adoptarían más cautelas, lo que llevaría a un incremento de n_{ij}, y a una disminución de p_{ij}. En función de los datos disponibles, este análisis examinará la superficie total afectada por los incendios forestales que se iniciaron como quemas prescritas como una variable sustitutiva de los daños totales y, a continuación, se referirá a dichos daños en los siguientes términos.[4]

Yoder y otros (2003), desarrollan un marco teórico para entender los efectos de las diferentes reglamentos relativos a la responsabilidad civil sobre el uso de la quema prescrita. Aunque esta ponencia se centra en la eficacia relativa de las diferentes normas legales, el modelo proporciona resultados acerca de la frecuencia del uso de dicha quema, y del grado de las cautelas adoptadas. Los resultados derivados del modelo en relación con los efectos creados por las leyes que se examinan empíricamente en esta ponencia, pueden interpretarse en términos de su efecto en n y p, tal como se expone arriba.

Consideremos, en primer lugar, una comparación entre una negligencia procesable, por la que el encargado de una quema prescrita solo es responsable por los daños causados por una de estas quemas prescritas que se descontrola, si así lo decide un tribunal, y la responsabilidad por riesgo creado, por la cual el responsable de iniciar una quema puede ser declarado responsable por daños, a pesar de cuán cuidadoso haya sido. Los costes previstos para que el que provoca una quema prescrita descontrolada serán mayores que para los individuos que recurran a las quemas prescritas bajo las normas sobre responsabilidad por riesgo creado. Por lo tanto, las quemas prescritas se utilizarán, menos a menudo, bajo dichas normas de responsabilidad por riesgo creado, que bajo las normas que definen la negligencia procesable, y el momento propicio de la quema prescrita tenderá a elegirse bajo condiciones medioambientales menos peligrosas, también bajo dicha responsabilidad. La consecuencia es que, si el resto de las condiciones no cambian, pocas quemas prescritas descontroladas tenderán a suceder bajo las normas que definen la responsabilidad por riesgo creado, y que los daños totales de los incendios forestales debidos a dichas quemas prescritas tenderán a ser menores bajo dichas normas, que bajo las que definen la negligencia procesable.

Los sistemas de permisos regulados que restringen el número y el momento propicio de las quemas prescritas con el fin de limitar los riesgos, tenderán a menos quemas prescritas descontroladas, y a un menor número de terrenos quemados por incendios debidos a dichas quemas prescritas. Además, las sanciones penales más rigurosas para la imprudencia asociada a las quemas prescritas descontroladas tenderán a aumentar los costes previstos de los que realicen dichas quemas. Por lo tanto, estas personas serán más precavidas en términos de oportunidad y esfuerzo. Dichas sanciones penales más rigurosas llevarán a un uso menor de quemas

[4] La superficie total quemada de incendios forestales a causa de la quema prescrita está lejos de ser una variable sustitutiva perfecta para medir los daños provocados por las quemas descontroladas, pero es probable que estas dos variables estén fuertemente correlacionadas.

prescritas, a menos de éstas descontroladas, y a una superficie total menor de incendios forestales iniciados como quemas prescritas.

La quema prescrita tenderá a usarse menos, y la cautela será mayor, cuando el daño potencial derivado de una quema prescrita descontrolada sea más alto. Por lo tanto, cuando este daño potencial sea más alto, tenderán a desecender el número de quemas prescritas descontroladas. Además, los costes por acre del uso de la quema prescrita tenderán a ser mayores cuando la superficie prescrita sea pequeña, y la relación beneficios y peligro de descontrol tenderá a ser menores. Por lo tanto, en la medida en que el tamaño de la propiedad de la tierra limita la extensión geográfica de las quemas prescritas, éstas se utilizarán menos a menudo, donde el tamaño de la propiedad de la tierra sea menor.

Finalmente, los empleados federales que desempeñan sus actividades en terrenos federales están sujetos a las normas sobre responsabilidad civil de conformidad con la Ley Federal de Reclamaciones por Hechos u Omisiones Ilícitos; no se enfrentan directamente a las leyes penales y de responsabilidad civil de los estados. En consecuencia, y de forma precisa, las diferentes leyes estatales no conducen a variaciones significativas en la incidencia y gravedad de las quemas prescritas descontroladas iniciadas por empleados federales, y originadas en tierras federales. Este resultado puede no sostenerse sin saberse hasta que extremo, los empleados federales perciben la presión para observar las leyes locales.

Cada una de las hipótesis expuestas arriba es, en principio, verificable. La importancia del análisis está en el efecto de las leyes en la incidencia y gravedad de las quemas prescritas descontroladas pero, en la estimación econométrica se incluye una serie de variables de control que, además, también están relacionadas con las hipótesis no legales esbozadas arriba.

Situación actual de las leyes estatales y el uso de la quema prescrita

Las leyes sobre la quema prescrita son diferentes en cada estado, y cambian a lo largo de los años. Se ha desarrollado un conjunto de datos para representar las características básicas de los códigos legales de cada uno de los estados, y un año de 1970 a 2002. Un compendio de las leyes de 2002 se presenta en el cuadro 1.[5]

La mayoría de los estados con leyes parlamentarias sobre la quema prescrita especifican explícitamente una norma sobre la negligencia procesable. En ausencia de dichas leyes parlamentarias, el derecho consuetudinario de los estados constituye el fundamento jurídico de los fallos de los tribunales en los casos de responsabilidad civil por quema prescrita, y dicho derecho consuetudinario tiende a basarse en las normas sobre negligencia procesable (American Law Reports, 1994). Sin embargo, cuatro estados prescriben la responsabilidad por riesgo creado a los que realicen quemas prescritas: Connecticut, Dakota del Norte, New Hampshire y Oklahoma. Si un fuego queda fuera de control, quien lo haya encendido es responsable por daños y perjuicios, a pesar de los esfuerzos que haga para contener dicho fuego. Existen numerosas y sutiles diferencias en las leyes parlamentarias sobre responsabilidad civil en los casos de quema prescrita según sea el estado, pero nos centramos en solo dos de las formas fundamentales, la responsabilidad por riesgo creado y las normas

[5] Para un compendio más completo de las leyes estatales, véase Yoder y otros (2003).

sobre negligencia responsable. Para un análisis y descripciones más detalladas, véase Yoder y otros, 2003).

Cuadro 1*: Leyes parlamentarias estatales elegidas sobre quema prescrita, 2002*

Responsabilidad civil o regla de propiedad[6]	Estado [1]
Responsabilidad por riesgo creado por el que inicia la quema	CT, ND, NH, OK
Permisos y prohibiciones amparados por la ley	AL, AZ, CA, CO, CT, FL, GA, ID, IA, ME, MA, MN, MS, NE, NV, NH, NJ, NY, OR, RI, SD, UT, WV, VT, WA
Penas previstas en caso de negligencia por incendio no atendido o descontrolado	AL, AK, CA, MI, NJ, NM, NV, NC, OK, OR, SC, SD, TN, UT, WI, WY
Leyes sobre el encargado de quema prescrita	AL, FL, GA, LA, SC, TX[2]

[1] Las citas de las fuentes legales pueden obtenerse del autor.
[2] Tejas (TX) tiene una Ley sobre Encargado de Quema Prescrita, pero nadie ha sido acreditado como tal a partir de 2002; se puede sostener que se debe a la dificultad de cumplir con las exigencias de las compañías de seguros.

Los permisos y prohibiciones de la quema pueden interpretarse como un intento regulador para reducir el número de quemas prescritas de alto riesgo. Desde el punto de vista económico, la posibilidad de enfrentarse a sanciones penales por negligencia procesable tenderán a aumentar la percepción de los costes de dicha negligencia y, de esta forma, se obtendrá el efecto de reducir los fuegos descontrolados accidentales mediante el aumento de los incentivos para invertir en medidas de precaución. El efecto potencial de las leyes sobre el encargado de quema prescrita (PBM, en sus siglas inglesas) es más complejo. Dichas leyes tienden a aminorar la severidad de la responsabilidad civil a la que se enfrentan dichos encargados, pero solo si cumplen un relativamente estricto conjunto de normas. En la actualidad y en dos casos, Florida y Georgia, los PBM solo son responsables si se demuestra la existencia de imprudencia temeraria, de conformidad con un conjunto explícito de normas reglamentarias que deben cumplirse. Desde una perspectiva económica, la disminución de la responsabilidad civil tenderá reducir los incentivos en la cautela debida y, por tanto, a más quemas prescritas descontroladas. Sin embargo, unas normas reglamentarias más estrictas contrarrestarán este efecto. En consecuencia, el efecto final sobre el número y gravedad de las quemas prescritas, dependerá de la acción reciproca entre estos dos aspectos de las leyes sobre los PBM.

Datos y estimación

Los efectos de la responsabilidad civil básica, las leyes penales y los reglamentos en la incidencia de la quema prescrita se estudian utilizando la base de datos del NIFMID. Los datos de este análisis se han obtenido de dos formas relacionadas, pero separadas e incompletas. Primero, un conjunto de datos preagregado se obtuvo a través del Centro Nacional Interagencias de Incendios (National Interagency Fire

[6] *Property rule*: Regla de propiedad, por la que el titular de los bienes corre con los riesgos que los afectan, (nota del t.).

Center), en Boise (Idaho).[7] Segundo, los datos sobre fuegos específicos se descargaron del KCFAST (NIFMID, 2003).[8]

El primer conjunto de datos (preagregado) está basado en la versión completa del segundo conjunto de datos, pero solo parte de los datos completos en el campo de los incendios está disponible a través del KCFAST. Idealmente, un conjunto de datos "completo" incluiría los datos de todos los estados desde 1970 hasta 2002, y estaría pormenorizado en términos de: (1) propietario de las tierras en las que se origina el fuego, y (2) clase de persona que inició el fuego (p.ej., el propietario de las tierras, encargado, empleado público, otros), si dicho fuego tuvo su origen en una quema prescrita. Sin embargo, ninguna de las formas en las que están disponibles los datos ofrece toda esta información de forma utilizable. El conjunto de datos preagregado proporciona pormenores de información sobre los incendios en términos de categorías generales de propietarios de tierras para todos los estados y años hasta 1997, pero no proporciona la información sobre la propiedad en la que se origina el fuego, o la clase de personas que inician las quemas. Por otro lado, el conjunto de datos de fuegos específicos incluye aproximadamente 360.000 observaciones de incendios desde 1970 hasta 2002, pero no incluye los datos de Connecticut, Hawaii, Iowa, Massachusetts, Maryland, Nueva Jersey o Rhode Island. En estos estados no se da una actividad sustancial de incendios forestales, pero este conjunto incluye a uno de los cuatro estados que tiene leyes sobre responsabilidad por riesgo creado, que es uno de los parámetros de interés para este análisis. Debido a que ambos conjuntos de datos son relativamente incompletos, cada uno de ellos se usa para diferentes aspectos de este análisis.

El punto principal de esta ponencia es el peligro del uso de la quema prescrita. Los datos del NIFMID tienen un número de categorías para los fuegos iniciados intencionalmente con fines de gestión. Para este análisis, se ha elegido una categoría amplia: la *quema de rastrojos* para representar el conjunto de las quemas iniciadas legítima e intencionalmente, porque las leyes sobre quema prescrita tienden a cubrir este tipo de uso del fuego. Esta amplia categoría incluye subcategorías como quema de campos, desmonte, quema de restos de corta, y categorías similares (USDA Forest Service, 1998). Para este análisis amplio, se incluyen las observaciones sobre las quemas prescritas descontroladas, sin tener en cuenta el tipo de terreno en su origen. En concreto, los datos no se limitan a superficies forestales.

El análisis está contenido en tres conjuntos de regresiones, cada uno de los cuales modela la distribución de un resumen estadístico en el nivel estado/año de la quema de rastrojos descontrolada como una variable dependiente, regresada sobre un conjunto de variables explicativas independientes. Las tres variables dependientes son: (1) el número de quema de rastrojos, (2) la superficie total de quema de rastrojos descontrolada, y (3) el cociente del numero quemas de rastrojos descontroladas iniciados en tierras privadas por individuos privados, dividido por el número de quemas de rastrojos descontrolados, iniciadas en terrenos federales por empleados públicos. Las variables explicativas incluyen variables de control, y variables para obtener las diferencias en los entornos legal y normativo. En el cuadro 2, se muestran descripciones sucintas de los datos, mientras que en el cuadro 3, se presenta un resumen estadístico para todas las variables utilizadas en la estimación.

---

[7] Agradezco a Penny Sternberg del National Interagency Fire Center poner a mi disposición estos datos.

[8] Por fuegos específicos, me refiero a que cada observación representa un único incendio forestal, algunos de los cuales se inició como quema prescrita.

Ya que las leyes estatales afectarán de forma diferente a los incentivos privados y federales, se estiman tres regresiones para dos de las tres variables dependientes: una está basada en los datos para todas las propiedades de tierras y todos los tipos de personas que usan los datos preagregados; otra está basada solo en las observaciones para los fuegos iniciados en tierras privadas por propietarios privados y sus encargados[9]; y otra tercera solo se utiliza en las observaciones de las quemas iniciadas por empleados públicos en tierras federales. Debido a las ventajas comparativas de los dos conjuntos de datos relacionados descritos arriba, el conjunto de datos preagregado se usa para regresiones que incluye datos de todas las personas y propiedades de tierra privadas, aunque el resumen estadístico comparable año/estado de la base de datos del KCFAST se utiliza para otras regresiones.

Cuadro 2: *Descripciones de los datos usados en la estimación [para datos no extraídos del NIFMID, las fuentes se indican entre corchetes]*

# quemas de rastrojos descontroladas	**Número de quemas de rastrojos que quedan fuera de control, por estado, y por año.**
Descontroladas privadas/federales	Cociente: número de quemas de rastrojos descontroladas iniciadas por propietarios privados en tierras privadas ÷ quemas de rastrojos descontroladas iniciadas en tierras federales por empleados públicos.
total de acres de quemas de rastrojos descontroladas	Suma de toda la superficie afectada por un incendio forestal iniciado como quemas de rastrojos.
Acres incendiados, otras causas	Suma de toda la superficie de incendios forestales para un estado y un año de incendios forestales que no se iniciaron como quema de rastrojos.
# otros incendios forestales	Número de incendios forestales para un estado/año no iniciados como quema de rastrojos.
valor de la tierra (2000 $)	Media del valor de los terrenos agrícolas (En dólares de los EE.UU., año 2000).[National Agricultural Statistics Service.]
Media tamaño granjas	Media del tamaño de las explotaciones agrícolas [U.S. Census of Agriculture.]
acres tierras federales.	Superficie total de tierras federales [por miles de acres].
acres tierras estatales	Superficie total de tierras estatales [por miles de acres].
población	Población humana. [U.S. Census Bureau.]
# granjas	Número de explotaciones agrícolas [U.S. Census of Agriculture.]
Sanciones penales	Variable binaria; igual a 1 si las leyes estatales especifican sanciones penales para los fuegos descontrolados por negligencia procesable; de lo contrario, cero.
Responsabilidad por riesgo	Variable binaria; igual a 1 si las leyes estatales especifican la responsabilidad por riesgo creado; de lo contrario, cero.
Permiso exigido	Variable binaria; igual a 1 si las leyes estatales contemplan un permiso para la aplicación de la quema prescrita; de lo contrario, cero.
ley PBM	Variable binaria; igual a 1 si las leyes estatales contemplan una ley que limite condicionalmente la responsabilidad civil para los encargados de la quema prescrita; de lo contrario, cero.
imprud. temeraria PBM	Variable binaria; igual a 1 si las leyes estatales especifican la exigencia condicional de la imprudencia temeraria para establecer la responsabilidad civil; de lo contrario, cero.

[9]Debido a que las leyes estatales afectan de forma diferente a propietarios y contratistas, sería interesante también distinguir entre estos dos grupos, pero no hay suficientes observaciones

Cuadro 3: *Resumen estadístico para las variables usadas en la estimación*

Variable	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
# quemas de rastrojos descontroladas	1274	14,627	18,227	0,00	117,00
descontroladas privadas/federales	1274	0,097	0,116	0,00	1,00
Acres incendiados, otras causas	1089	931,689	5361,360	0,10	103254,00
# otros incendios forestales	1274	300,799	515,300	1,00	3890,00
valor de la tierra (2000 $)	1242	762,868	436,768	103,35	2559,23
Media tamaño granjas	1273	0,855	1,203	0,10	6,65
Acres tierras federales	1273	17443,7	39071,5	130,20	244626
Acres tierras estatales	1273	53732,8	56776,6	5740.20	365039
Población	1273	4941514	5292405	302583	34600463
# granjas	1273	23912,2	23248,9	420,00	142800
Sanciones penales	1273	0,494	0,500	0,00	1,00
Responsabilidad por riesgo	1273	0,071	0,258	0,00	1,00
Permiso exigido	1273	0,605	0,489	0,00	1,00
Ley PBM	1273	0,042	0,200	0,00	1,00
Imprud. temeraria PBM	1273	0,005	0,069	0,00	1,00

El resumen estadístico estado/año utilizado en todas las regresiones (sin considerar la fuente de los datos) está basado en el número de incendios forestales habidos en dicho estado/año; cuantos más incendios forestales, mayor el número de observaciones utilizadas para calcular el resumen estadístico. Esta característica de agregación conduce a una heteroscedasticidad inherente si el número de incendios varía a través de los estados y los años (y lo hace). Para aumentar la eficiencia asintótica se utilizaron, por lo tanto, cuadros mínimos ponderados para esta estimación. Cada variable en la regresión se multiplicó por $\sqrt{n_{ij}}$, donde n_{ij} es el número de incendios forestales en el estado i y en el año j. Estos coeficientes de ponderación están diseñados de forma que las perturbaciones asociadas con los cuadros mínimos de ponderación sean homocedásticas.

Finalmente, basado en el examen de los residuales de las regresiones preliminares, cada una de las variables continuas del análisis se convierten en un logaritmo neperiano (para evitar también los problemas heterocedásticos). A causa de la conversión del logaritmo, las estimaciones del parámetro asociadas a las variables continuas son elásticas. Las variables ficticias se utilizan en las regresiones para representar las características legales de un estado. Para estas variables ficticias, la diferencia porcentual en la variable dependiente entre un régimen legal y otro (por ejemplo, variable ficticia legal=1 contra variable ficticia legal=0) es de 100*(exp[c]-1), donde *exp* es la función exponencial, y c es el parámetro estimado asociado con la variable ficticia (Halvorsen y Palmquist, 1980). Los resultados se muestran (en el cuadro 4) como (exp[c]-1), de forma que la diferencia porcentual es 100 veces el valor mostrado en dicho cuadro.

en una u otra de estas categorías para generar estimaciones razonablemente creibles.

Resultados

El resultado de las regresiones se muestra en el cuadro 4. Dicho cuadro contiene tres regresiones sobre el número de quemas de rastrojos descontroladas, tres regresiones sobre la superficie total de incendios forestales iniciados como dichas quemas, y una regresión sobre la relación entre quemas privadas descontrolados y las públicas (federales) descontroladas. Para todas las regresiones, las primeras nueve líneas de variables independientes (excluida la intersección) son variables que intentan obtener las características no legales de los estados en un año dado. No todas estas variables se utilizan en cada regresión, debido a las diferentes definiciones de variables dependientes. La siguiente argumentación comienza centrándose en los grupos de regresión 1 y 2, después de la cual, se examina la regresión del grupo 3..

En las regresiones del grupo 1 (Variable dependiente: número de quemas de rastrojos), # *otros incendios forestales* se incluye para obtener la propensión general para los incendios forestales en un estado/año dados y, por tanto, al riesgo asociado con las quemas prescritas. Para las regresiones del grupo 2 (Variable dependiente: superficie total de fuegos de restos descontrolados), *otros acres de quemas descontroladas*, se incluye como un control de la gravedad general de los incendios forestales para un estado/año dados. Como podía esperarse, hay una fuerte relación estadística entre estas dos variables y sus respectivas variables dependientes (en todos los casos, p<0,0001). La estimaciones de elasticidad para estas dos variables tienen un rango de variación entre 0,59 and 0,81; todos menores que uno. Esto significa que la incidencia y gravedad (medidas de acuerdo con la superficie total) de las quemas prescritas descontroladas aumentan menos del uno por ciento para cada uno por ciento de incremento en la incidencia y gravedad de todos los incendios forestales. Esto es consistente con una hipótesis que sostiene que las personas que realizan quemas prescritas tienden a invertir en precauciones adicionales cuando el peligro de incendio forestal es alto, posponiendo la quema prescrita hasta que dicho peligro sea menor, o desistir de dicha quema por completo.

Las variables *valor de la tierra* y *población* son variables sustitutivas que intentan obtener los costes asociados con los incendios descontrolados. Es probable que los valores altos de las tierras, y las densidades grandes de población estén correlacionados verdaderamente con valores de riesgo mayores, porque dichos valores de la tierra reflejan el valor actual y futuro de los recursos de la tierra, y las densidades grandes de población están asociadas con una alta densidad de casas, negocios, y otros activos valiosos.[10] Para las regresiones en los grupos 1 y 2, se espera que los parámetros asociados con estas variables sean negativos para cada regresión, y lo son para 10 de 12 estimaciones, de forma significativa para 7 de ellas. Sin embargo, la distribución de población, el valor de la tierra, y el negocio del uso de la tierra, e igualmente variables de control adicionales como *superficie tierras estatales, superficie tierras federales, y superficie total granjas* se incluyeron como variables sustitutivas tanto para la superficie total de tierras de un estado, así como para categorías amplias de uso de la tierra. Probablemente, estas variables recogen un número de factores que afectan a los incentivos y al desarrollo del fuego, así que no está claro que resultados pueden esperarse en sus parámetros asociados.

[10] Resulta interesante que, si la quema prescrita se utilizase principalmente para reducir el riesgo de incendios forestales, entonces los valores más altos de las tierras podrían aumentar el uso de dicha quema como un medio (arriesgado) para disminuir el peligro de incendio forestal. (Véase Yoder, en prensa).

Cuadro 4*: Resultados de la regresión*

Variable dependiente →	**GRUPO 1: # quemas de rastrojos descontroladas**			**GRUPO 2: Superficie total quema rastrojos descontrolada**			**GRUPO 3: descon-trolados priv÷fed**
Variables independientes ↓	Todas[1]	Privados	Federales	Todas[1]	Privada	Federal	Todas
Intersección	4,952**	-3,329**	0,777	4,848**	-4,546	-6,504	-5,246**
# otros incendios forestales	0,811**	0,708**					
Otros acres de quemas descontroladas, otras causas			0,712**	0,734**	0,928**	0,588**	
Valor de la tierra	-0,404**	0,225**	-0,004	-0,394**	-0,295	1,240**	0,236**
Densidad de población	-0,162**	-0,102*	-0,280**	-0,316**	-0,022	-0,796**	-0,113*
Media tamaño granjas	-0,932**	-0,004	-0,282**	-1,176**	-0,990**	-0,214	-0,241**
Superficie tierras federales	-0,044*	-0,120*	0,148**	-0,107**	0,264	1,017**	-0,624**
Superficie tierras estatales	-0,121	0,409**	-0,372**	-0,139	-0,804	-1,637*	0,867**
Superficie total granjas	0,505**	-0,114	0,263**	0,779**	1,083**	0,942*	-0,223**
penas	-0,254**	-0,159**	-0,119**	-0,292**	-0,514**	-0,455**	-0,160**
Responsabilidad por riesgo creado	-0,241**	-0,200*	0,483**	-0,235*	-0,725*	1,532	-0,213
Permiso exigido	0,043	-0,107*	0,255**	-0,054	-0,375**	0,250	-0,224**
Ley PBM	0,946	0,368*	0,275	1,354**	0,501	0,747	-0,088
Imprud. temeraria PBM	---[2]	0,049	-0,204	---[2]	1,094	-0,835	-0,130
R-sq,	0,770	0,723	0,710	0,770	0,381	0,364	0,527
N[3]	1327	760	442	1327	760	442	1060

[1] Datos preagregados NIFC usados. Para todas las otras regresiones, los datos NIFMID de nivel de incendios extraídos de la base de datos KCFAST, se agregaron en función de su necesidad en el nivel estado/año. Un solo asterisco indica significación al grado 10 pct, y un doble asterisco indica significación al grado 5 pct..

[2] Ningún estado adoptó, hasta después de 1997, la imprudencia temeraria para los PBM, así que el efecto no es estimable utilizando los datos preagregados.

[3]N es el número de observaciones utilizadas en la regresión. Si los estados no tienen registrados incendios forestales para ese año y para esa categoría, la observación es desechada. Los datos preagregados incluyen todos los estados y, por tanto, la regresiones enumeradas bajo "Todas" tienen más observaciones.

Se espera que los efectos de las variables legales *penas*, *responsabilidad por riesgo creado*, y *permisos exigidos* sean todos negativos para las tierras privadas, pero son un *a priori* indeterminado para los empleados públicos en tierras federales. La variable *penas* es negativa y significativa para toda regresión, y sugiere que las penas contempladas en las leyes parlamentarias puedan ser un factor disuasorio importante para evitar imprudencias, no solo en tierras privadas y para sus propietarios y encargados, sino también, quizá, para los empleados federales. Considérese el efecto de las leyes penales en el número de quemas prescritas descontroladas para todas las fuentes (la primera regresión en el grupo 1). Los resultados indican que una ley parlamentaria que especifique sanciones penales por incendios descontrolados debidos a la imprudencia están asociados con el 25,4 por ciento número menor de quemas prescritas descontroladas (el resto, constante).

Permisos exigidos (que también cuentan con un apoyo legal parlamentario para la prohibición de fuegos) también tiende a reducir la incidencia y gravedad de las quemas prescritas descontroladas, con signos negativos y significativos para las tierras privadas en los grupos de regresión 1 y 2. Sin embargo, en contra de la intuición, el número de quemas prescritas descontroladas de empleados públicos en tierras federales parecen aumentar significativamente cuando los permisos y las prohibiciones de hacer fuego están previstas expresamente en las leyes estatales.

Las leyes de responsabilidad por riesgo creado también parecen reducir la incidencia de las quemas prescritas descontroladas para las tierras y los propietarios privados. Cuando se consideran todos los propietarios privados y todos los tipos de encargados de la quema prescrita (se utiliza el conjunto de datos con todos los estados), las leyes sobre responsabilidad por riesgo creado, están asociadas con un 24,1 por ciento menos de fuegos descontrolados, y un 23,5 por ciento menos de acres afectados por la quema prescrita descontrolada. Ambas estimaciones son significativamente diferentes de cero, al nivel de 5 ó 10 por ciento (grupos 1 y 2 de regresiones bajo el epígrafe "Todas"). Solo para los propietarios privados, los resultados muestran también una relación negativa significativa estadísticamente y, de nuevo, se confirma que la hipótesis de que la responsabilidad por riesgo creado proporciona incentivos para reducir el riesgo y la gravedad del fuego descontrolado. En contraste, ambos parámetros para el efecto de dicho tipo de responsabilidad de los empleados públicos en tierras federales son positivos, y uno de ellos es estadísticamente significativo. Aunque un efecto positivo significativamente de la responsabilidad por riesgo creado en el ámbito estatal es inesperado, todos estos resultados son consistentes con la teoría expuesta arriba sobre los empleados públicos en tierras privadas que no están influidos por la ley estatal, de la misma forma en que lo están los propietarios de tierras privadas.

Los signos esperados de los parámetros asociados con las leyes sobre PBM son poco claros incluso para las tierras privadas, debido a los efectos compensatorios de la responsabilidad atenuada y de más condiciones estrictas. Sin embargo, para los grupos de regresión 1 y 2, el número y tamaño de las quemas prescritas descontroladas tiende a ser más alto para los estados regidos por dichas leyes, aunque las pruebas están mezcladas y son relativamente débiles.

La variable dependiente para la regresión del grupo 3 es el cociente entre el número de quemas prescritas descontroladas iniciadas por individuos privados en tierras privadas dividido por el número de quemas prescritas descontroladas iniciadas por empleados públicos en tierras federales. En la medida que la ley estatal afecta a los incentivos privados y a las acciones de los individuos más que a los empleados federales, los signos de los parámetros legales deberían ser negativos. Realmente, las estimaciones del parámetro son todas negativas, y significativas para las dos: *penas* y *permisos exigidos*. De nuevo, estos resultados son consistentes con la idea de que las leyes estatales tienen un efecto más fuerte en los incentivos y las acciones de los individuos privados que en las de los empleados federales.

Conclusión

Las actitudes y algunas leyes en relación con las quemas prescritas han cambiado sustancialmente durante los últimos veinte años. El análisis empírico de esta ponencia encuentra pruebas que indican que las diferentes normas sobre la responsabilidad civil y los reglamentos afectan al número y al tamaño de las quemas

prescritas descontroladas. El análisis empírico de esta ponencia encuentra pruebas que sugieren que los distintos reglamentos y leyes sobre dicha responsabilidad afectan al número y extensión de las quemas prescritas descontroladas. Si todo permanece constante, los estados con normas sobre responsabilidad por riesgo creado tienden a tener menos quemas prescritas descontroladas que los estados con normas sobre negligencia responsable Además, los sistemas de permisos y las penas por imprudencia reducen también la incidencia y la extensión del fuego descontrolado.

Esta ponencia proporciona una amplia perspectiva de los efectos que los incentivos tienen en las leyes y reglamentos sobre quema prescrita. Existe también una serie de debilidades asociadas con los datos sobre los que se basa esta ponencia. Hay poca información disponible sobre la extensión de los daños asociados con la quema prescrita en los agregados, o incluso en la fracción de quemas prescritas que llegan a quedar fuera de control. En ningún lugar de este análisis figura el número de quemas prescritas sobre el que éste se basa. Como los datos se han recogido de forma descentralizada, han sido varias y diferentes las personas que han proporcionado dichos datos al llenar los formularios, y las definiciones de los datos exigidos, a menudo, no han estado claramente establecidas. Además, los datos requeridos faltan, con frecuencia, para algún fuego dado. En la medida que estas omisiones en los datos o la mala interpretación en la investigación no están sistemáticamente relacionadas con la escala o incidencia de las quemas prescritas descontroladas, dichas omisiones solo llegarán a ser una varianza más alta en las estimaciones del parámetro. En la medida que las omisiones de datos o las malas interpretaciones estén correlacionadas con estas variables, podrá introducirse el sesgo dentro del proceso de estimación. En la medida permitida por los datos, los futuros trabajos relacionados se centrarán más exactamente sobre categorías específicas de tipos de terrenos estudiados, sobre todo, de terrenos forestales, así como en categorías más específicas de quemas prescritas como origen de incendios forestales y otros factores.

Es fundamental reconocer que estos resultados, que indican que se da una mayor incidencia y gravedad de las quemas prescritas descontroladas, y que suceden bajo leyes menos estrictas, en modo alguno son una advertencia de que sea mejor promulgar leyes más rigurosas. Como reconocen una serie de leyes parlamentarias estatales en los estados del sur de los EE.UU., la quema prescrita puede proporcionar bienes públicos en forma de aminoración del peligro de incendio forestal y otros objetivos de control integral de la vegetación. Es perfectamente plausible que los costes adicionales del aumento del uso de la quema prescrita sean más que compensados por los beneficios del uso aumentado de dicha quema prescrita. Desafortunadamente, los conjuntos de datos utilizados en este análisis no permiten un análisis de dichos beneficios netos. Se necesita una gran cantidad de datos e investigación para entender mejor las compensaciones del uso de la quema prescrita.

Reconocimientos

Esta investigación ha sido financiada, en parte, por el USDA Forest Service, Southern Research Station, de conformidad con el acuerdo Nº SRS 03-CA-11330133-053, y por el Washington State Agricultural Research Center.

Referencias

American Law Reports. 1994. **Liability for Spread of Fire, Intentionally Set for Legitimate Purpose**. American Law Reports 5th 25:391-567.

Brown, John. 1973. **Toward an Economic Theory of Liability**. Journal of Legal Studies 2:323-349.

Haines, Terry K.; and Cleaves, David A. 1999. **The Legal Environment for Forestry Prescribed Burning in the South: Regulatory Programs and Voluntary Guidelines**. Southern J. Applied Forestry 23:170–174.

Halvorsen, Robert; Palmquist, Raymond 1980. **The Interpretation of Dummy Variables in Semilogarithmic Equations**. American Economic Review 70(3):474-475.

NIFMID. 2003. **National Interagency Fire Management Integrated Database**. http://famweb.nwcg.gov/kcfast/mnmenu.htm.

USDA Forest Service. 1998. National Interagency Fire Management Integrated Database (NIFMID) Technical Guide [draft]. **Fire and Aviation Management**. Washington DC.

Yoder, Jonathan. In press. **Playing with Fire: Endogenous Risk in Resource Management**. American Journal of Agricultural Economics.

Yoder, Jonathan; Tilley, Marcia; Engle, David; Fuhlendorf, Samuel. 2003. **Economics and Prescribed Fire Law in the United States**. Review of Agricultural Economics 25(1):218-233.

Esta página se deja en blanco intencionadamente.

Compensaciones Entre la Gestión de los Incendios y el Hábitat en una Reserva Forestal[1]

S. Hummel,[2] D. Calkin,[3] R. J. Barbour[3]

Resumen

Los tratamientos silvícolas que gestionan el comportamiento de los incendios influyen tanto sobre los productos forestales de valor comercial como sobre aquellos que no lo son. Cuando el objetivo de los tratamientos es beneficiarse de un producto que no resulta comercial, la evaluación de sus efectos se complica por las dificultades de evaluar su coste total. La curva de posibilidad de producción (PP) ilustra el coste relativo o las compensaciones de gestionar un producto que no resulta comercial en términos de mercado o según otros valore.

Hemos combinado la simulación y los modelos de optimización para programar tratamientos que reducen el riesgo de incendios (Fire treta (FT)) y conservar la estructura del hábitat forestal de desarrollo frecuencial tardío Late Successional Forest (LDF) de la lechuza moteada del norte durante treinta años en una reserva forestal de 6070Ha. Evaluamos las compensaciones entre reducir el peligro de incendios y mantener la estructura forestal de desarrollo secuencial tardío, construyendo una serie de curvas con la posibilidad de producción. Los resultados sugieren que a niveles bajos y moderados de estructura forestal de desarrollo secuencial tardío en la reserva, el tratar las zonas no pertenecientes al desarrollo secuencial tardío es igual de eficaz para reducir la amenaza de incendios como tratar las zonas de desarrollo secuencial tardío. En este sentido, los tratamientos implican un bajo coste sobre el hábitat de la lechuza. Por el contrario, en altos niveles del hábitat forestal, el tratar algunas zonas forestales de desarrollo secuencial tardío reduciría el peligro de incendio en la reserva. En este sentido, los tratamientos incluyen un coste por el hábitat de la lechuza.

Debería hacerse una valoración de los efectos del tratamiento en la reserva, ecológicos o financieros, a una escala relevante para los incendios y las lechuzas.

Nosotros evaluamos el valor actual neto (Net Present Value, NPV) para todas las unidades de tratamiento que se han realizado en la reserva a lo largo de 30 años, mas que por cada unidad en cada década. Los resultados indican que se alcanzó el coste más bajo de productos no comerciales en la zona forestal de desarrollo secuencial tardío y se redujo el peligro de incendios con un conjunto de tratamientos –algunos rentables y otros que no lo eran considerados individualmente, pero que se equilibraban entre sí (NPV_09), por el contrario si le hacía falta un punto de equilibrio dentro de cada década, el coste era similar a exigir que los tratamientos consiguieran 0.5$ millones NPV. Esto implica que al limitar el tiempo durante el cual se evaluaba el efecto financiero de los tratamientos, resultaba más costoso tratar los productos no comerciales de la reserva.

[1] Una versión abreviada de esta ponencia se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía de los programs de protección contra incendios forestales: una visión global, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] Investigador forestal en el Programa de Interacciones de Recursos Humanos y Naturales, y director del programa Dedicado a la Ciencia respectivamente en el Centro de Investigación del Noroeste Pacífico, Servicio Forestal USDA, P.O. Box 3890, Portland, OR 97208 USA; email; shummel@fs.fed.us, jbarbour01@fs.fed.us.

[3] Economista en la Gestión Forestal de los aspectos económicos en el programa de Fincas Públicas, centro de investigación de las montañas rocosas, Servicio Forestal, USDS, P.O. Box 8089, Missoula, MT 59807 USA; email; decalkin@fs.fed.us.

Introducción

Historia

Existe una red forestal en Pacífico Noroeste de EEUU (PNW) El objetivo principal de estas reservas es proporcionar un hábitat para las especies asociadas a las zonas forestales de desarrollo secuencial tardío complejas desde un punto de vista estructural. Una de estas especies es la lechuza moteada del Norte (*Strix occidentalis caurina*) El Plan Forestal del Noroeste (PLAN) que estableció las reservas, permite los tratamientos silvícolas para evitar impactos potencialmente negativos sobre el hábitat (estructura forestal de desarrollo secuencial tardío) asociados con las grandes perturbaciones naturales como incendios forestales (USDA-USDI, 1994) El Plan establece una diferencia entre los tratamientos permitidos en las reservas al Oeste de la Cordillera Cascade (Cascades) y las que están al Este, diferencias regionales en el clima, vegetación, e historia de la gestión (USDA-USDI, 1994) La región del Este (Eastside) está caracterizada por regímenes de incendios de gravedad mixta con períodos más cortos sin incendios comparada con la región occidental (Agee, 1993) Por consiguiente, se permite más flexibilidad silvícola en las reservas de la parte Este.

Tema

Los tratamientos silvícolas dentro de las reservas son fuente de conflictos, en parte por la información limitada que hay sobre la eficacia de los tratamientos para reducir la posibilidad de perturbaciones a gran escala, su coste financiero, y sus efectos sobre el objetivo fundamental de la reserva de mantener la estructura forestal de desarrollo secuencial tardío.

Objetivos

Nuestros objetivos serán tres: 1) Cuantificar la relación entre dos productos que eran rentables: las estructura forestal de desarrollo secuencial tardío y el peligro de incendios en una reserva de la parte Este; 2) Programar los tratamientos silvícolas a lo largo de treinta años a fin de mantener la estructura forestal de desarrollo secuencial tardío a la vez que reduciendo al máximo el peligro de incendio en la reserva; 3) Evaluar los efectos de los distintos niveles de limitación financiera sobre la reducción de la amenaza de los incendios, y en las opciones de tratamiento para mantener la estructura forestal de desarrollo secuencial tardío en la reserva

Métodos

Caracterización del Estructura Actual de la Vegetación

Para realizar este análisis seleccionamos una reserva al Este del Estado de Washington (Fig. 1) En las montañas el Este de las Cascadas, la precipitación anual disminuye en una gradiente de Oeste a Este. En la reserva de 6060Ha, este gradiente está algo modificado por el monte Adams (3700Mts) localizado inmediatamente al Norte. Los cambios en las precipitaciones y la elevación dentro de la reserva influyen

sobre los modelos espaciales de variables como la vegetación y el incendio, y su interacción.

Empezamos nuestro análisis registrando la estructura actual de la vegetación en la reserva utilizando fotografías aéreas de 1995 (escala 1:12000) Se interpretaron a través de fotografías los rodales de vegetación (159 en total) que compartían la misma estructura y composición, utilizando métodos de Hesburg y otros (1999) e introducidos en la base de datos Arc View R GIS. Se construyó una matriz resumida de dos atributos de rodales, tipo de estructura y vegetación potencial a fin de estratificar todos los rodales en 15 tipos de árboles (ver más detalles en Hummel y otros, 2001) Estos dos atributos combinados proporcionan información sobre la estructura forestal actual y las condiciones que influyen sobre su índice potencial de cambio. Para cada tipo de árbol se asignó un índice de gravedad de enfermedad de raíz utilizando métodos de (Goheen, 1997)



Figure 1--Location of the study reserve (black star) in the northwestern United States. California (CA) is provided for reference.

Figura 1—*Localización de la reserva estudiada (Estrella negra) al Noroeste de EEUU. Se incluye a California (CA) como referencia.*

A continuación resumimos los datos disponibles de la vegetación para cada tipo de árbol y los datos descartados recogidos antes de 1999. Utilizando un diseño aleatorio con una probabilidad proporcional al tamaño, seleccionamos rodales para realizar muestras sobre el terreno en el 2000 y 2001. Se realizó un muestreo de todos los tipos de árboles. Se recogieron todos los datos utilizando el protocolo de examen de árboles de USDA, Región 6 del Servicio Forestal. La cantidad de exámenes realizados dentro de cada rodal dependía del tamaño de éste. Los datos de los

exámenes se utilizaron para crear listas de árboles para ese rodal, según procedimientos estándar del Simulador de Vegetación Forestal (FVS) (Dixon, 2003) Utilizando la serie de listas de árboles FVS existentes dentro de cada tipo de árbol, a todos los rodales que no pertenecían a la muestra se le asignó de forma aleatoria una lista de árboles FVS dentro del mismo tipo de árboles.

Dividimos algunos rodales interpretados a través de fotografías basándonos en la composición de las especies o en características especiales a fin de ajustar nuestra cobertura GIS. Una unidad es el área más pequeña sobre la que se puede aplicar un tratamiento y constituye la base de nuestro análisis de estructura dela vegetación actual y proyectada. Las unidades en la reserva tenían una media de 18Ha y variaban entre 0.8Ha y 464Ha. A todas la unidades se les asignó la lista de árboles FSV asociada a su rodal original (más detalles en Hummel y otros, 2002)

Desarrollo de Definiciones Estructurales para el Peligro de Incendios y el Hábitat Forestal de Desarrollo Secuencial Tardío

Se elaboran definiciones basadas en la estructura forestal de desarrollo secuencial tardío y para un índice explícito desde el punto de vista espacial del peligro de incendios. Nos centramos en la estructura o la disposición y variedad de la vegetación forestal viva y muerta, porque se puede medir y es importante desde el punto de vista físico y biológico para los incendios y para el hábitat de la lechuza. Adema, proporciona un denominador común para los productos no comerciales de la zona forestal de desarrollo secuencial tardío y el peligro de incendio.

En cuanto a la estructura forestal de desarrollo secuencial tardío nos basamos en los datos publicados y el conocimiento de las condiciones locales (Thomas y otro, 1990; Buchanan y otros, 1995; Mendez-Treneman, 2002) La definición de la estructura forestal de desarrollo secuencial tardío está fundada en el área basal de los árboles de tipos específicos de diámetro (tabla 1) Suponemos que si proporcionamos las condiciones estructurales consistentes con los estudios publicados sobre el hábitat de la lechuza en la zona Este, la reserva podría conservar parejas de lechuzas para su reproducción.

Tabla 1—*Definición de la estructural forestal de desarrollo secuencial tardío*

Área basal (BA) al menos 55.2 m2-ha
Área vals (BA) de árboles de mas de 61.1cm dbh ≤ 8.3m2-Ha
Área basal de árboles de mas de 35cm dbh≤33.1m2-ha
Área basal de árboles de menos de 35.6cm dbh≤ 8.3m2-ha

En cuanto el peligro de incendio, utilizamos tres variables: tamaño de la llama, inicio del incendio de las copas, y propagación de incendio de copas (Scoot y Reinhart, 2001) Se valoró la lista de árboles FVS con la Ampliación del Incendio y los Combustibles (Reinhart y Crookston, 2003) a fin de estimar estas tres variables por cada unidad. Un índice dela unidad del peligro de incendios era una combinación

ponderada de las variables existentes dentro dela unidad y las unidades adyacentes (más detalles en Hummel y otros, 2002; Calkin y otros, en revisión) Se desarrollo un nivel del índice del peligro de incendios (bajo, moderado o alto) para cada unidad. Incluimos información sobre las unidades vecinas en nuestro índice de peligro de incendios a fin de que si tratamos una unidad se pudiera influir sobre el peligro de incendios en las unidades adyacentes y viceversa. Se calculó el peligro de incendios de un paisaje a partir de la parte de la reserva en cada categoría de peligro de incendios, baja moderada o alta, para cada década. Elegimos un período de análisis de 30 años considerando los períodos sin incendio para los bosques coníferos-mixtos de la región (Agee, 1993)

Simulación de la Respuesta de la Vegetación a los Tratamientos Silvícola

Utilizamos la variante del simulador de vegetación forestal FVS del Este de las Cascadas (Jonson, 1990) el modelo occidental de enfermedades de las raíces (Frankel, 1998), y la propagación de incendios y combustibles –simulador de vegetación forestal FVS (Reindhart y Crookston, 2003) a fin de evaluar la estructura forestal de desarrollo secuencial tardío y asignar un nivel de peligro de incendios en cada unidad. Las palabras clave del simulador de vegetación forestal (Pandick, 2000) fueron utilizadas para poner todas las listas de árboles con una fecha común, modificar la ecuación por defecto del crecimiento del diámetro de árboles grandes basadas en las estadísticas de calibrado de muestras locales, cambios de valores por defecto de los árboles talados y humedad de los combustibles basados en muestras sobre el terreno y visitas (por ejemplo, Hummel y Agee, 2003) clasificando la unidad según nuestra definición de zona forestal de arrollo secuencial tardío, fijamos los índices de velocidad del viento basándonos en datos de la estación meteorológica local y simulamos la regeneración de los árboles (más detalles en Clakin y otros, en revisión)

Se aplicaron los tratamientos silvícola de intensidad variable al Simulador de Vegetación Forestal para todas las unidades y desarrollos forestales simulados durante tres ciclos de diez años. Los tratamientos diferían en cuanto el tipo de aclareo, especies retiradas, límite máximo de diámetro, objetivo del área basal residual, y cargas residuales de combustible (tabla 2) Se simuló una gestión pasiva en la reserva aplicando el tratamiento de "ausencia de prescripción" (NORx) en todas las unidades. Los tratamientos activos de tala de árboles se aplicaron según una serie de normas. Las normas se eligieron consultando las leyes aplicables, y las normas y orientaciones del Plan, y también con los gerentes de la reserva (más detalles en Calkin y otros, en revisión) Se puede mencionar como ejemplo que no se aplicó ningún tratamiento activo en ninguna unidad que cumpliera criterios estructurales como el hábitat de los nidos de la lechuza moteada.

La estructura de la vegetación de cada unidad en todos los ciclos asociados a los tratamientos se valoró según las definiciones fijadas para el peligro de incendios y las zonas forestales de desarrollo secuencial tardío utilizando los mandos del Simulador de Vegetación Forestal. Utilizamos resultados de la simulación de RORAx para identificar los valores base para la reserva. La zona proyectada de la estructura forestal desarrollo secuencial tardío con gestión pasiva (6082Ha) se convirtió en la

zona máxima forestal de secuencia tardía que se mantuvo durante más de treinta años.

Tabla 2—Tratamientos silvícolas

Tratamiento (Rx)	**Objetivo Rx**	**Tratamiento Silvícola aplicado en el Simulador de Vegetación Forestal**	**Citas sobre objetivos Rx**
NoRx	Minimizar perturbaciones humanas	Ninguna actividad programada	Agee, 1999
Reducir Rx	Reducir el potencial de incendios de copas en ecosistemas forestales históricos de bosques de escasa gravedad de incendio	40% de cobertura de bóveda Aclareo desde abajo hasta 50.8cm dbh Retirar preferentemente ABGR Apilar y quemar Plantar y PSME, PIPO, LAOC	Agee, 2000 Grahama et al, 1999
Restablecer Rx	Reducir densidad de abetos tolerantes a la sombra (ABIES) plantados desde los años 20	Aclareo desde abajo hasta 31.8cm dbh Mantener por lo menos 23m²/Ha de área basal Mantener PSEME, PIPO, LOC, PIEN Apilar y Quemar	Hummel et al 2002
Protege Rx	Proteger árboles grandes (mas de 53,3cm dbh) y mantener suficiente área basal para mantener la definición LSF	SI hay mas de 55.2m²/Ha en cada unidad, aclarear árboles 0/35.6cm dbh a 8.3m²/Ha Apilar y quemar	Jonson y O´Neill Mendez-Treneman, 2002
Diámetro Rx	Reducir densidad de abetos tolerantes a la sombra (ABIES)	Aclareo desde abajo hasta 25.4cm dbh. Dejar al menos 23m²/Ha de área basal . Mantener PSEM, PIPO, LAOC, PYEN. Apilar y quemar	
Acelerar Rx	Acelerar el desarrollo de la estructura LSF	Aclareo hasta 247 árboles Mantener PSEM, PIPO, LAOC Plantar 247 PSEM/Ha	

ABGR, gran abeto (*abies grandis)*
PSEME, abeto Douglas (*pseudotsuga menziesii)*
PICO, pinus contorta (*pinus contorta)*
LAOC, alerce occidental (*laris occidentalis*)
PIPO, Pino Ponderosa (*pinus ponderosa)*

Se guardaron todos los resultados de la simulación del simulador de vegetación forestal y se vincularon a la base de datos GIS. La lista de árboles cortados por el simulador de vegetación forestal después de todo tratamiento activo fue guardada en un formato compatible con el modelo de la Evaluación Financiera de las Actividades de Gestión del Ecosistema (FEEMA) (Fight and chmelic, 1998)

Desarrollar curvas de producción variando los tratamientos silvícolas y la zona tratada

Las curvas de posibilidad de producción (PP) ilustran el coste relativo, o compensaciones, de gestionar un producto no rentable en términos de productos rentables o no rentables (Montgomery, 2003) elaboramos un algoritmo de anillado simulado (SA, Kirk Patrick, 1983) para construir una serie de curvas PP para la reserva. El algoritmo SA se escribió para maximizar la reducción del paisaje amenazado por incendios y sometido a limitaciones en el área total de la estructura forestal de desarrollo secuencial tardío, conservado durante 30 años y la extensión que podía tratarse en un ciclo. Cada punto de las curvas PP representa los resultados de las distintas combinaciones de tratamientos silvícola en términos de reducción de la amenaza de incendios y de la estructura forestal de desarrollo secuencial tardío, mientras que cada curva representa las compensaciones relativas entre la reducción de la amenaza de incendio y la estructura secuencial de desarrollo secuencial tardío sometido a una limitación determinada de la zona. La limitación de la zona forestal de desarrollo secuencial tardío varió desde permitir que cualquier unidad así calificada recibiera tratamiento (sin limitaciones) hasta no permitir que se tratase ninguna unidad calificada como zona forestal de desarrollo secuencial tardío (Sistema Estricto) Las limitaciones intermedias incluían un mantenimiento de la estructura forestal de desarrollo secuencial tardío de 6678, 6780 y 6880Ha, durante el período de análisis de 30 años. Se evaluó la eficacia de los tratamientos identificando si los niveles de peligro de incendios reducían en las unidades tratadas y su efecto global sobre el peligro de incendios en el paisaje (más detalles en Calkin y otros, en revisión)

Identificación del Coste Marginal de los Tratamientos Silvícola

Introdujimos los supuestos precios de talas, tratamiento de combustible, y productos derivados de la madera en FEEMA a fin de calcular los ingresos netos por unidad, por tratamiento y por década. Los directores de la reserva presentaron los costes, incluyendo el transporte, mantenimiento de carretera, requisitos contractuales, repoblación forestal, desbroce y apilado y quema. Se estimó la cantidad por defecto de los tipos de tronco por tamaño utilizando los registros anteriores de venta de madera de la zona y las recomendaciones del personal responsables de pesar y transportar la mercancía. Se hizo un promedio de los precios de los productos de la madera que representaban un

mercado estable a la alza (cuatro trimestre de 1999) y un mercado estable a la baja (cuarto trimestre de 2001) PNW para reflejar la estabilidad del mercado. Se supuso que el precio de los productos y todos los costes de la recogida y operaciones eran constantes a lo largo del tiempo. Se hizo un descuento de un 4% sobre los futuros costes e ingresos.

Identificamos una gama dentro de la cual los tratamientos silvícolas podían alcanzar una reducción de amenaza de incendios relativamente alta a un coste relativamente bajo en la estructura forestal de desarrollo secuencial tardío utilizando las curvas PP. A continuación examinamos la forma en que los niveles de reducción de peligro de incendios, dentro de esa gama, serían afectados por las distintas necesarios financieras de los tratamientos. A fin de desarrollar una función tridimensional de la producción en términos del valor neto actual (NPV), la estructura forestal de desarrollo secuencial tardío y le peligro de incendio, mantuvimos la estructura forestal de desarrollo secuencial tardío y el área tratada como constantes. La función objetiva consistía en reducir el peligro de incendios mientras que se incluían como limitaciones en el área de la estructura forestal de desarrollo secuencial tardía (6880Ha), el área máxima tratada (_10% de la reserva), y el valor actual neto. Los niveles de limitación del valor actual neto fueron de 0$, 0.5$ millones, 1$ millón y 1.5$ millones además de una línea de base sin limitaciones. Los tres casos de mas de 0$ también son descritos como mas" del valor actual neto mas NPV)

Resultados

Compensaciones entre la zona forestal de desarrollo secuencial tardío y la reducción del peligro de incendios

La figura 2 ilustra las compensaciones entre la estructura forestal de desarrollo secuencial tardío y la reducción del índice sobre el peligro de incendio en el paisaje, en los distintos tratamientos y la zona tratada. El punto a ilustra la limitación estricta de la zona y la mayor extensión de la estructura forestal de desarrollos secuencial tardío proyectada a lo largo de treinta años. La curva (b) dibujada a mano para la ilustración, representa el acceso donde sólo se aplicó el tratamiento del límite de diámetro (Diámetro Rx) La curva exterior (e), también dibujada a mano representa el caso que no tiene ninguna limitación. Las otras curvas representan las mezclas de los tratamientos silvícola y la zona tratada. La parte relativamente plana de las curvas implica que, para los niveles más bajos y moderados de la estructura forestal de desarrollo secuencial tardío en la reserva, el tratar las unidades que no pertenecen a esta zona resulta tan eficaz para reducir el peligro de incendios como si se trataran estas zonas. En esta secuencia, los tratamientos requieren costes bajos e n términos de hábitat de las lechuzas. Por el contrario la pendiente de la curva indica que en los altos niveles de hábitat de la estructura forestal de desarrollo secuencial tardío, el tratamiento de alguna s unidades de esta zona podría reducir el peligro de incendios en la reserva. En esta gama, los tratamientos implicarían un coste debido al hábitat de la lechuza.

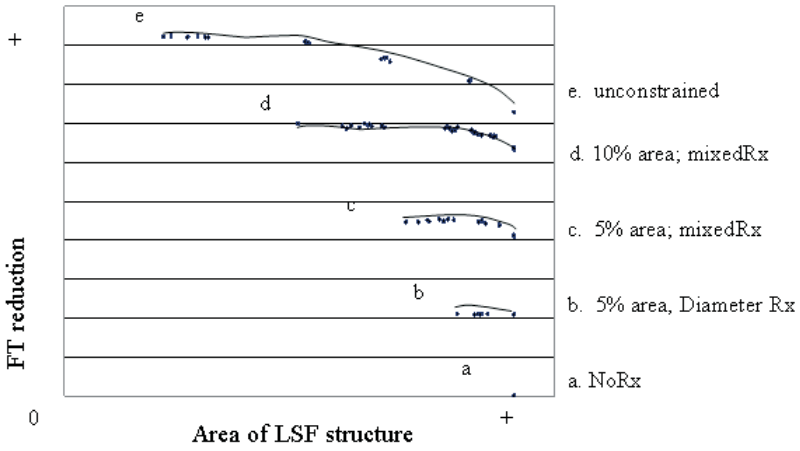


Figure 2--Tradeoffs between late successional forest (LSF) structure and fire threat (FT) reduction) for different silvicultural treatments (Rx) and constraints on area treated (5% or 10% of the reserve). For illustration, curves b, c, d, and e were drawn freehand rather than fitted.

Figura 2—*Compensaciones entre la estructura forestal de desarrollo secuencial tardío y la a reducción del peligro de incendios en los distintos tratamientos silvícolas (Rx) y las limitaciones sobre el área tratada (5% ó 10% de la reserva) Para la ilustración, las curvas b, c, d fueron dibujadas a mano en lugar de ser adaptadas*

Opciones de Tratamiento

Los resultados de la gestión pasiva indican que los niveles de peligro de incendios en el paisaje aumentaron durante los últimos 30 años. Algunas zonas cambiaron de un peligro de incendios escaso o moderado a un nivel alto durante las dos primeras décadas y permanecieron en el nivel alto durante la tercera década. Por el contrario, el área proyectada de la estructura forestal de desarrollo secuencial tardío permaneció a un nivel bastante constante durante todo el período analizado. Este análisis de la línea de base sugiere un aumento de probabilidad de perturbaciones a gran escala en la estructura forestal de desarrollo secuencia tardío de la reserva a lo largo del tiempo

Los resultados de la gestión activa indican que era mejor aplicar una mezcla de tratamientos silvícola que un solo tratamiento, para alcanzar los objetivos de mantener la estructura forestal de desarrollo secuencial tardío y la reducción del peligro de incendio. La aplicación del tratamiento según un límite de diámetro no dio como resultado una reducción del peligro de incendio de en muchas zonas.

Costes marginales de los Tratamientos Silvícolas sobre las zonas forestales de Desarrollo Secuencial Tardío y la Reducción del Peligro de Incendios

A lo largo del período de 30 años analizado, la limitación al punto de equilibrio (NPV más menos 0) no unió el algoritmo de anillado simulado. Esto significa que tanto con el requisito como sin el requisito financiero de llegar a un punto de equilibrio, los tratamientos alcanzaron mas o menos el mismo nivel de reducción de peligro de incendio como de estructura forestal de desarrollo secuencial tardío. Sin embargo, aunque los resultados del tratamiento fueron similares, los ingresos netos no lo fueron. Para niveles similares de reducción del peligro de incendios y estructura forestal de desarrollo secuencial tardío, los ingresos netos de varias mezclas de tratamientos iban de 1.000.000$ a 3.000$ a lo largo de 30 años. Las soluciones sin limitación financiera tuvieron siempre como resultado unas soluciones NPV muy negativas

Durante el período de 30 años, las exigencias de conseguir dinero (más NPV) para la colección de tratamientos, afectó negativamente al reducción del peligro de incendios. Las grandes limitaciones provocaron altos costes marginales. Esto fue debido al hecho de que no se aplicaron los tratamientos silvícolas en los que perdía dinero sistemáticamente, a pesar de que reducían el peligro de incendios aun coste muy bajo para la estructura forestal de desarrollo secuencial tardío. Algunos tratamientos presentaron valores actuales netos negativos en todas las zonas y todas las décadas. Por lo tanto, la exigencia de ganar dinero impuso un sote sobre los productos no comerciales de la reserva.

Finalmente, si se exigía un punto de equilibrio en cada década, el coste era similar a exigir que los tratamientos ganasen 0.5 millones $ de NPV durante las tres décadas. Esto implica que limitar el período de tiempo donde se evalúa el efecto financiero de los tratamientos suponían un coste sobre los productos no comerciales de la reserva. Los resultados son sensibles hacia los productos no comerciales considerados y el período de tiempo en el que fueron evaluados.

Debate

Las implicaciones ecológicas y financieras de los tratamientos silvícolas deben ser evaluadas según una escala geográfica y temporal importante para sus objetivos. En este análisis, según los objetivos relacionados con los incendios forestales y el hábitat de la lechuza, consideramos los resultados de la conjunto de zonas tratadas en la reserva a lo largo de 30 años, mas que zona por zona. Nuestros resultados sugieren que se pueden aplicar tratamiento silvícolas de intensidad variable que reducen el peligro de incendios a un bajo coste para la estructura forestal de desarrollo secuencial tardío existente o proyectado dentro de la reserva.

El Servicio Forestal USDA no está obligado por ley a ganar dinero. Sin embargo la prudencia aconseja que se alcancen los objetivos de gestión de los bosques públicos a un coste mínimo. Cuando los objetivos incluyen productos no comerciales, los costes totales incluirán impactos que no se pueden traducir en dinero. Una forma de evaluar estos impactos es identificando las relaciones de producción entre los productos no comerciales, y estimando luego el coste relativo de gestionar unos según los términos del otro. Por ejemplo, si hay una limitación estricta de zona de NPV mayor menor 0, nuestros resultados indican que el coste margina de una mejora de 8% en la reducción del peligro de incendio equivale a una reducción de 1.5% en la estructura forestal de desarrollo secuencial tardío.

Aunque los métodos de Posibilidad de Producción pueden ayudar a entender posibles compensaciones entre los productos no comerciales, a través de dos o tres dimensiones no se puede entender las variables tan importantes desde el punto de vista biológico y social. En este análisis, por ejemplo, la incertidumbre sobre la relación de la estructura forestal sobre la continuidad de existencia de la lechuza afectará la percepción del peligro que tienen para las lechuzas los diferentes tratamientos silvícolas. A su vez. Introducirán otras limitaciones que está fuera del alcance de nuestro análisis. La eficacia económica no es el único factor considerado por los gestores de fincas públicas, espero se pueden utilizar métodos económicos que suministren información sobre las compensaciones asociadas a las distintas opciones de gestión.

Referencias

Agee, J.K. 1993. **Fire ecology of Pacific Northwest forests**. Washington, DC: Island Press. 493 p.

Agee, J.K. 1996. **The influence of forest structure on fire behavior**. In: Proceedings, 17th Annual Forest Vegetation Management Conference. Redding CA: pp. 52-68.

Agee, J.K., Bahro, B., Finney, M.A., Omi, P.N., Sapsis, D.B., Skinner, C.N., van Wagtendonk, J.W. and Weatherspoon, C.P. 2000. **The use of shaded fuel breaks in landscape fire management**. Forest Ecology and Management. 127: 55-66.

Buchanan, J.B.; Irwin, L.L.; McCutchen, E.L. 1995. **Within-stand nest site selection by spotted owls in the eastern Washington Cascades**. Journal of Wildlife Management. 59(2): 301-310.

Dixon, Gary E. comp. 2003. **Essential FVS: A User's Guide to the Forest Vegetation Simulator**. Fort Collins, CO: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Management Service Center. 193p.

Fight, R.D.; Chmelik, J.T. 1998. **Analysts guide to FEEMA for financial analysis of ecosystem management activities**. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-111. Madison WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory 5 p.

Frankel, S.J. (tech. coord.). 1998. **Users guide to the western root disease model, version 3.0**. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-165. Albany, CA. Pacific Southwest Research Station, Forest Service, US Department of Agriculture; 164. p.

Goheen, E.M. 1997. **A multistand assessment approach for evaluating insects and diseases, establishing treatment priorities, and predicting vegetative development**.

In Teck, R.; Moeur, M.; and Adams, J. (comps). Proceedings: Forest Vegetation Simulator conference 1997 February 3-7; Fort Collins CO. USDA Forest Service Intermountain Research Station Gen. Tech. Rep. INT-GTR-373. Ogden, UT. Pp 107-110.

Graham, R.T., Harvey, A.E., Jain, T.B. ,and Tonn, J.R. 1999. **The effects of thinning and similar stand treatments on fire behavior in western forests**. General Technical Report PNW-GTR-463. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research. 27 p.

Hessburg, P.F.; Smith, B.G.; Kreiter, S.G. [and others]. 1999. **Historical and current forest and range landscapes in the interior Columbia basin and portions of the Klamath and Great Basins. Part I: Linking vegetation patterns and landscape vulnerability to potential insect and pathogen disturbances.** Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-458. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 357 p. Quigley, Thomas, M. tech. ed.; Interior Columbia Basin Ecosystem Management Project: scientific assessment).

Hummel, S. and Agee, J.K. 2003. **Western spruce budworm defoliation effects on forest structure and potential fire behavior**. Northwest Sci. 77 (2): 159-169.

Hummel, S.S., R.J. Barbour, P.F. Hessburg, and J.F. Lehmkuhl. 2001. **Ecological and financial assessment of late successional reserve management**. Res. Note PNW-RN-531. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 25 p.

Hummel, S.S., D.E. Calkin, and R.J. Barbour. 2002. **Landscape analysis with FVS and optimization techniques: Efficient management planning for the Gotchen late successional reserve**. In Crookston, N.L. and R.N. Havis Second Forest Vegetation Simulator Conference; 2002 February 12-14; Fort Collins, CO. Proc. RMRS-P-25. Ogden, UT: U.S.D.A., Forest Service, Rocky Mountain Research Station. Pp 78-82.

Johnson, R.J. 1990. **East Cascades Prognosis Variant of the Forest Vegetation Simulator**. Ft. Collins, CO. USDA Forest Service. 13 p.

Johnson, D.H. and O'Neil, T.A. (managing directors) 2001. **Wildlife-Habitat Relationships in Oregon and Washington**. Oregon State University Press, Corvallis. 736p.

Kirkpatrick, S., C.D. Gelatt, and M. Vecchi. 1983. **Optimization by simulated annealing**. Science 220: 671-680.

Mendez-Treneman, R. 2002. **Development and maintenance of northern spotted owl habitat in the Gotchen Late Successional Reserve of the Gifford Pinchot National Forest, Washington**. In Parker, S. and S.S. Hummel, Beyond 2001: a silvicultural odyssey to sustaining terrestrial and aquatic ecosystems? Proceedings of the 2001 national silviculture workshop, May 6-10, Hood River, OR. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-546. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. Pp. 10-19.

Montgomery, C. 2003. **The production possibilities approach to understanding and modeling compatibility**. Chapter 2 in R.A. Monserud, R.W. Haynes, and A.C. Johnson (eds.) Compatible Forest Management. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands. Pp 35-52.

Reinhardt, E.D. and N.L. Crookston (tech. eds.). 2003. **The fire and fuels extension to the Forest Vegetation Simulator**. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-116. Ogden, UT: US Department of Agriculture Forest Service. Rocky Mountain Research Station. 209p.

Scott, J.H. and E.D. Reinhardt. 2001. **Assessing crown fire potential by linking models of surface and crown fire behavior**. Research Paper RMRS-RP-29. Fort Collins, CO: U.S.D.A., Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 59p.

Thomas, J.W.; Forsman, E.D.; Lint, J.B. [and others]. 1990. **A conservation strategy for the northern spotted owl**. U.S. Department of Agriculture, Forest Service; U.S. Department of the Interior, Bureau of Land Management; Fish and Wildlife Service; National Park Service. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.

U.S. Department of Agriculture, Forest Service; U.S. Department of the Interior, Bureau of Land Management. 1994. **Record of decision for amendments to Forest Service and Bureau of Land Management planning documents within the range of the northern spotted owl**. [Place of publication unknown]. 74 p. [plus Attachment A: standards and guidelines].

Van Dyck, M.G. 2001. **Keyword reference guide for the Forest Vegetation Simulator**. USDA Forest Service. Forest Management Service Center. June 2001. 93 p.

Esta página se deja en blanco intencionadamente.

Gestión en la Protección contra los Incendios Forestales en América del Sur[1]

Guillermo Julio-Alvear[2]

Resumen

Se describen, en primer lugar, los antecedentes generales de los 13 países sudamericanos, comprobándose una enorme heterogeneidad entre ellos a cuanto a su extensión, cantidad de habitantes, condiciones orográficas, climáticas y vegetaciones, y niveles socioeconómicos. Estas diferencias también repercuten en la magnitud de la ocurrencia, daños e impactos provocados por los incendios forestales, como así también la capacidad existente para prevenir y combatir el fuego.

En general, se comprueban que en Sudamérica excepcionalmente operan sistemas estadísticos nacionales con información completa y confiable sobre incendios forestales. En algunos casos existen antecedentes nacionales parciales, de fuentes diversas, los que no siempre coinciden. Por otra parte, en prácticamente en la mitad de estos países no existe información disponible al respecto, o bien no se publica. No obstante, se aprecia que el problema es grave, en donde el uso del fuego a través de quemas constituye la principal causa. Además, la intencionalidad en la provocación de incendios adquiere cada día una mayor incidencia.

Aunque en la mayoría de los casos ya se tiene conciencia de la gravedad del daño de los incendios forestales, se aprecia que no existe una suficiente claridad sobre cómo debe abordarse el control del problema, lo que en alguna medida tiene relación con la ausencia de decisiones política para promover una efectiva protección forestal. Al respecto, algunos aspectos que se destacan son la falta de claridad respecto sobre las agencias que deben asumir la responsabilidad de la protección, el bajo nivel de profesionalización de las organizaciones que actúan y la débil consideración que se le otorga a acciones tan importantes como la prevención, la detección y el uso de sistemas para la toma de decisiones coyunturales y estructurales. Por otra parte, la inexistencia de información confiable limita la adecuada apreciación del problema y no permite la correcta formulación de planes y programas.

Se estima que, técnicamente, no debieran existir impedimentos importantes para que en todos los países sudamericanos se diseñen e implementen esquemas propios para el control de los incendios forestales, basado en las condiciones que prevalecen y en las capacidades disponibles. Sin embargo, ello se podrá lograr en la medida que se formulen y apliquen políticas y directrices que efectivamente apunten a la real solución del problema. Junto a ello, se evidencia una elevada necesidad de comprensión y capacitación en el tema, en todos los niveles de las instancias que deben involucrarse en la protección forestal.

Antecedentes Generales

América del Sur comprende 13 países, con una población total cercana a 340 millones de personas, que habitan en un territorio de 17,4 millones de kilómetros

[1] Una versión abreviada de esta ponencia se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía de los programs de protección contra incendios forestales: una visión global, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] Ingeniero Forestal, Profesor Titular del Departamento de Manejo de Recursos Forestales, Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Chile; Casilla 9206, Correo Central de Santiago de Chile; Teléfono: 56-2-541 7971; email: gjulio@uchile.cl.

cuadrados. En ella se observa una amplia variedad de condiciones climáticas, orográficas y vegetacionales, incluso con diferencias notables en estos aspectos en algunos de los países. Igualmente, desde el punto de vista económico y social, se constata una amplia diversidad de situaciones respecto al ingreso per cápita, disponibilidad de servicios básicos para la población, infraestructura, niveles culturales, desarrollo científico y tecnológico y, también, en el ordenamiento institucional público y privado.

Tabla 1—*Estadísticas básicas de países sudamericanos.*

PAÍS	Superficie (km2)	Población (1000 h.)	Dens.Poblac. (hab/km2)	Poblac.Rural (pct)	Ingres./Capita (US$) en 1997
Argentina	2.736.690	36.577	13,4	10,9	8.075
Bolivia	1.084.380	8.142	7,6	36,0	912
Brazil	8.465.510	167.988	19,8	19,3	4.514
Colombia	1.038.710	41.564	40,0	25,5	2.039
Chile	748.810	15.019	20,1	15,5	4.478
Ecuador	276.840	12.411	44,8	38,3	1.531
Guayana Francesa	88.150	174	2,0	22,4	S/i
Guyana	121.498	855	4,4	62,3	766
Paraguay	397.300	5.358	13,5	44,8	1.946
Peru	1.280.000	25.230	19,7	27,6	2.580
Surinam	156.000	415	2,7	48,4	415
Uruguay	174.810	3.313	19,0	8,9	6.076
Venezuela	882.060	23.706	26,9	13,0	3.499
TOTAL	17.450.478	340.752	19,5	20,2	4.329

Fuente: *FAO (2003), "Situación de los Bosques en el Mundo"*

Por otra parte, el 50,7 % de la superficie de Sudamérica está cubierta por bosques, por lo que puede calificársele como una región forestal. Al respecto, *Mery (1987),* basado en trabajos del Laboratorio de Cartografía de la Universidad de Wisconsin, establece una clasificación de seis categorías de vegetación nativa en los terrenos forestales de la Región, que a continuación se señalan, indicando en términos muy generales sus respectivas áreas de distribución:

1) Bosques Tropicales, que constituyen un tipo forestal predominante en la zona norte de Sudamérica.

2) Bosques Achaparrados, Matorrales y Praderas en Tierras Bajas, presentes en la mayoría de los países de la Región, con extensiones variables, destacándose en Brasil, Paraguay, Ecuador, Bolivia, Chile y Argentina.

3) Sabanas Tropicales, ubicadas principalmente en Brasil, Colombia y Venezuela

4) Bosques Mixtos Decíduas-Coníferas en Altitudes Medias, localizados preferentemente en Brasil, Argentina y Chile

5) Praderas en Altitudes Medias, con una mayor importancia en Brasil, Paraguay, Argentina y Uruguay.

6) Formaciones en Zonas Áridas, ubicadas claramente en Ecuador, Perú, Chile y Argentina.

De acuerdo a antecedentes publicados por *FAO (2003)* y *PNUMA (2000),* las superficies de bosques y áreas silvestres protegidas en los países latinoamericanos en el año 2003 corresponden a las indicadas en la Tabla 2.

Tabla 2—Superficies de bosques y de áreas silvestres protegidas en Latinoamérica

PAÍS	Total de bosques (miles ha)	Total de bosques (pct País)	Bosques Naturales (miles ha)	Plantaciones Forestales (miles ha)	A.Silvestres Protegidas (miles ha)	A.Silvestres Protegidas (pct País)
Argentina	34.648	12,7	33.722	926	9.126	3,3
Bolivia	53.068	48,9	53.022	46	17.818	16,4
Brazil	543.905	64,3	538.923	4.982	52.672	6,2
Colombia	49.601	47,8	49.460	141	9.365	9,0
Chile	15.536	20,7	13.396	2.140	14.137	18,9
Ecuador	10.557	38,1	10.390	167	15.552	56,2
Guayana Fra.	7.926	89,9	7.925	1	S/i	S/i
Guyana	16.879	78,5	16.867	12	S/i	S/i
Paraguay	23.372	58,8	23.345	27	1.401	3,5
Perú	65.215	50,9	64.575	640	6.676	5,3
Surinam	14.113	90,5	14.100	13	S/i	S/i
Uruguay	1.292	7,4	630	662	47	0,3
Venezuela	49.506	56,1	48.643	863	56.040	63,5
TOTAL	885.107	50,7	874.472	10.635	209.282	10,7

Fuentes: *PNUMA (2000), "GEO – América Latina y El Caribe".*
FAO (2003), "Situación de los Bosques en el Mundo".

Según el Informe GEO, sobre perspectivas del medio ambiente *(PNUMA, 2000)*, las dificultades más comunes se refieren a la falta de financiamiento, tecnología, personal capacitado y, en algunos casos, la existencia de marcos jurídicos profusos y complejos, frecuentemente no adaptados a las realidades a las cuales deben aplicarse. También se señala que sobresalen tres problemas ambientales importantes en la Región, en los que la incidencia del estado y uso de los recursos forestales es gravitante:

- Pobreza generalizada en zonas rurales, con una concentración progresiva de la población en sectores urbanos, mayormente en megápolis, donde la calidad del aire amenaza a la salud y la escasez de agua es un hecho común.
- El agotamiento y destrucción de los bosques, y la amenaza a la biodiversidad.
- El impacto del cambio climático, con desastres como los incendios forestales e inundaciones, que provocan innumerables daños a las comunidades y a los recursos naturales.

No obstante que Sudamérica podría calificarse como una región forestal por su elevada proporción de suelos con bosques, sólo en dos de los países la silvicultura y la producción maderera poseen una participación importante en el desarrollo global. En general, la gestión forestal observa una débil articulación con las estrategias económicas y sociales nacionales.

Estado del arte de la protección en América del Sur

Los incendios forestales constituyen un severo problema en Sudamérica, por sus graves consecuencias en la destrucción de recursos naturales renovables y sus

impactos económicos, en el sociales y ambientales. Ello ha sido corroborado en diversas reuniones celebradas por la FAO sobre programas forestales en Latinoamérica, en las que reiteradamente se denuncia que los incendios y las quemas constituyen causas importantes de la deforestación y la destrucción de bosques. Sin embargo, no se aprecia realmente un cambio significativo en las políticas nacionales ni en las actitudes de las poblaciones respecto al problema y, consecuentemente, los impactos generados tampoco disminuyen.

Los incendios forestales se presentan en América del Sur de una manera muy variable entre un país y otro, por las naturales diferencias existentes en las condiciones climáticas, vegetacionales, orográficas, uso de la tierra, niveles culturales y comportamiento de las poblaciones humanas existentes. Ello lleva a que la ocurrencia y la propagación del fuego difieran en forma notable. Incluso, al analizar cada país por separado, internamente se pueden observar diferencias internas significativas en cuanto a la magnitud y características del problema y, también entre una temporada y otra.

Por otra parte, la forma y la efectividad de la gestión en el control de los incendios presentan también grandes variaciones entre los países. Las capacidades económicas que se poseen ya establecen diferencias para la implementación de programas de manejo del fuego, en el nivel de conocimiento sobre el problema y en la aplicación de tecnologías y esquemas organizativos eficientes. Influye además la concepción y la prioridad que se otorgan en las políticas nacionales respecto al valor de los recursos forestales y la necesidad de protegerlos. Además, el tradicional uso de la tierra, que frecuentemente conforma un atavismo difícil de superar, genera situaciones, a veces incomprensibles, que restringen seriamente a las naciones más pobres en la aplicación de acciones que se ejecutan normalmente en otros países.

La variabilidad natural del problema de los incendios forestales, y a las condiciones existentes para lograr un efectivo control, conducen a concluir que cada país debe encontrar su propio modelo de manejo del fuego, que requiere ajustarse a los factores que prevalecen en la ocurrencia y propagación de los incendios, y a las capacidades y limitaciones que se posean para establecer sistemas efectivos de prevención y combate. Se deduce, en consecuencia, que no es recomendable la copia de esquemas nacionales para el manejo del fuego desde un país a otro, en razón de los argumentos ya señalados. Sin embargo, el control de incendios forestales comprende una amplia gama de actividades específicas para enfrentar la prevención, el combate y el uso del fuego, con experiencias que pueden rescatarse como ejemplos a seguir.

Ocurrencia de incendios forestales

En general, se comprueban en Sudamérica deficiencias graves en registros de incendios forestales. Se constata que excepcionalmente operan sistemas estadísticos nacionales con información completa y confiable. En algunos casos existen antecedentes nacionales parciales, de fuentes diversas, los que no siempre coinciden. Por otra parte, en prácticamente en la mitad de estos países no existe información disponible al respecto, o bien no se publica.

Un esfuerzo realizado para la recopilación de antecedentes, basados en informes oficiales, diversas publicaciones y, también a través de medios informales, permitió reunir información estimativa sobre la ocurrencia de incendios forestales, la

por las enormes superficies dañadas por los incendios forestales, la que estaría alcanzando alrededor del 88% de total de los 6 países en que se obtuvo información.

***Tabla 3**—Estadísticas estimativas de incendios forestales en América del Su.*

País	Periodo	Ocurrencia promedio (N° incendios/año)	Superficie quemada (promedio de ha/año)
Argentina	1990-1999	11.513	1.028.739
Bolivia	1991-2000	S/i	917.400
Brasil	1990-2000	160.000	1.500.000
Colombia	1995-1998	3.246	59.215
Chile	1981-2002	5.251	53.395
Ecuador	S/i	S/i	S/i
Guayana Francesa	S/i	S/i	S/i
Guyana	S/i	S/i	S/i
Paraguay	S/i	S/i	S/i
Perú	S/i	S/i	S/i
Surinam	S/i	S/i	S/i
Uruguay	1990-94	2.353	3.311
Venezuela	1987-99	1.394	8.230

Fuente: *G. Julio (2003), "Planificación y Prevención de Incendios Forestales en Ecosistemas Nativos-Una Perspectiva de Latinoamérica".*

Los seis países con datos de ocurrencia tienen un promedio de 126,96 incendios por cada 10.000 ha de territorio en un año. Si este valor se proyecta a los otros siete países sin información, resulta como supuesto que en toda Sudamérica se producen en promedio alrededor de 230.000 incendios forestales al año. Por otra parte, si a los países sin información sobre superficies afectadas se les asigna un supuesto de 35 ha dañadas por incendio, se concluye que en toda la Región se queman alrededor de 4,8 millones de ha al año. Ahora, si se valora en 300 US$ la pérdida directa por cada hectárea afectada, el daño ascendería a 1,44 mil millones de dólares por año, sin considerar los impactos sociales y ambientales que se generan como consecuencia de la destrucción de recursos naturales renovables y otros valores existentes en la periferia de ciudades y pueblos.

Causalidad de incendios forestales

La información sobre el origen de los incendios forestales es aún más precaria que la relativa a la ocurrencia y superficies afectadas, expuesta en la anterior sección. En la Tabla 4 se exponen algunos antecedentes sobre cuatro países. Lamentablemente los criterios de tipificación de las causas no coinciden, y en algunos casos, agentes de riesgo importantes, como las quemas, aparecen calificadas bajo otros conceptos (negligencias, actividades agropecuarias).

Aunque no existen las estadísticas que lo respalden, sin dudas el uso del fuego, en la habilitación de terrenos para la agricultura y ganadería, constituye el factor de mayor importancia en el origen de los incendios forestales y en la devastación de bosques. Las quemas se aplican tradicionalmente sin las prescripciones ni las técnicas apropiadas para asegurar un resultado positivo. No sólo se provocan escapes incontrolables del fuego, destruyendo vegetación y otros bienes valiosos, sino que también una continua degradación de los recursos naturales renovables y del medio

ambiente, con la pérdida de fertilidad de los suelos, la generación de procesos erosivos, el deterioro de los recursos hídricos, la contaminación de aguas y aire y, en general, daños a la biodiversidad y a la calidad del entorno de la población humana.

Tabla 4—*Distribución porcentual de la causalidad actual estimada de incendios forestales en cuatro países Latinoamericanos.*

CAUSA	Argentina	Brazil	Chile	Venezuela
Operaciones rurales	-	3	4	30
Quemas	-	32	10	9
Recreación y fogatas	-	5	4	-
Fumadores	-	10	-	-
Juegos de niños	-	-	8	-
Ferrocarriles	-	1	2	-
Tránsito de vehículos y personas	-	-	32	-
Rayos y fenómenos naturales	10	1	0,3	-
Intencionales	28	41	37	33
Varias y otras negligencias	37	7	3	6
Desconocidas	25	-	-	22

Fuentes: G.Julio (2003), "Planificación y Prevención de Incendios Forestales en Ecosistemas Nativos-Una Perspectiva de Latinoamérica".
R.Vélez (2000), "Los Incendios Forestales en Iberoamérica".
SIF/FUFEF/IPEF (1998), "Anais 1° Seminario Sul-Americano sobre Controle de Incendios Florestais".

En el problema de las quemas inciden factores que exceden a las posibilidades que poseen los agricultores de utilizar el fuego racionalmente. Los mayores daños se presentan en zonas rurales socioecómicas deprimidas, con pequeños propietarios, minifundistas, comuneros o indígenas marginados del desarrollo y de la tecnología, pero con la imperiosa necesidad de sobrevivir, siendo entonces el fuego la única posibilidad que poseen para continuar con su tradicional uso de la tierra.

También el problema es grave en las grandes propiedades dedicadas a la ganadería extensiva, en donde la quema se utiliza para mejorar a las empastadas, por su fácil aplicación y bajo costo, y porque no importa realmente que se propague por grandes extensiones y, menos aún se tienen presentes los daños ambientales que el fuego puede provocar.

En general, la incidencia de las quemas en la ocurrencia de incendios forestales se mantiene en la mayoría de los países. Un ejemplo sobre este problema es el de Brasil (Tabla 5), en donde puede observarse que la causalidad por quemas no disminuyó en el transcurso de una década.

Tabla 5—*Evolución de la Causalidad en Brasil (porcentaje de ocurrencia en dos períodos).*

Causas de incendios	1983- 87	1994
Operaciones forestales	6,7	2,7
Quemas	33,6	32,2
Fumadores	8,0	10,2
Recreación	10,9	5,4
Ferrocarriles	0,9	1,1
Rayos	2,1	1,1
Incendiarios	29,8	41,4
Diversos	8,0	5,9

Fuente: G.Julio (2003), "Planificación y Prevención de Incendios Forestales en Ecosistemas Nativos-Una Perspectiva de Latinoamérica".

Una situación excepcional se aprecia en Chile (Tabla 6), en donde en 25 años se comprueba un descenso de la causalidad por quemas desde un nivel de 41,3 % en el quinquenio 1976-80 hasta un 10-12 % en el período 1991-2000. En este caso, han influido las campañas de prevención, la intensificación del control legal, la mayor conciencia ambiental de la población, también, la decisión de las empresas forestales de emplear medios alternativos al uso del fuego.

Por otra parte, se comprueba, tanto en Brasil como en Chile, un notable incremento de la intencionalidad en el inicio de los incendios forestales. Esta causa, que probablemente existe en la mayoría de los países sudamericanos, se genera por diversas razones, pero esencialmente como una respuesta a los mayores niveles de riesgo derivados por el aumento significativo de actitudes indeseables de la población. Concretamente, la piromanía en los alrededores de las grandes urbes, está surgiendo como una enfermedad mental producto del desarrollo o de la civilización, al igual que la tasa de suicidios y los índices de drogadicción y alcoholismo.

En el caso de Chile, se siente además el efecto del establecimiento de grandes extensiones de plantaciones forestales y de enormes complejos industriales de la madera. En estos desarrollos, ubicados preferentemente en zonas rurales de alta pobreza, los beneficios generados no llegan realmente a las poblaciones aledañas, lo que conduce a permanentes protestas en las que se incluye el uso del fuego para destruir bosques como una forma de manifestar un repudio a los imperios económicos. A ello se agregan las consecuencias de la lucha de poblaciones indígenas por reivindicar su derecho a terrenos que consideran que en antaño les fueron despojados.

Tabla 6—*Evolución de la causalidad en Chile (porcentaje de Ocurrencia por Quinquenios).*

CAUSA	1976-1980	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000
Quemas	41,3	24,0	16,8	10,1	12,4
Faenas forestales	3,8	3,5	2,9	1,5	2,5
Faenas agropecuarias	1,4	2,2	2,1	0,9	1,3
Recreación y deportes	4,8	3,5	3,2	2,6	3,1
Juegos de niños	12,0	8,8	11,1	8,0	6,9
Ferrocarriles	4,6	3,6	1,9	2,2	1,2
Tránsito de vehículos	2,0	2,0	2,1	1,9	2,1
Tránsito de peatones	14,2	27,7	31,6	32,5	27,5
Otras negligencias	1,0	2,5	1,5	1,2	1,3
Intencionales	13,4	20,9	24,9	37,1	39,2
Fenómenos naturales	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2
Accidentes	1,4	1,2	1,8	1,7	1,3
TOTAL INCENDIOS	12.977	24.923	23.774	24.044	22.923

Fuente: G.Julio (2003), "Planificación y Prevención de Incendios Forestales en Ecosistemas Nativos-Una Perspectiva de Latinoamérica".

CONAF: (1976-2001) Anuarios del Sistema Nacional de Estadísticas en Manejo del Fuego

Organización para el control de los incendios forestales

Ya se mencionó que los países sudamericanos presentan diferencias importantes en el clima, la topografía, los recursos renovables y, en general, en los ambientes naturales y ecosistemas que prevalecen. También es elevada la heterogeneidad en el desarrollo económico, social y cultural. Ello conduce a que los problemas que generan la ocurrencia y la propagación del fuego sean igualmente diferentes, como así mismo, las capacidades, criterios y modalidades aplicadas para la prevención y el combate de los incendios.

Aunque en la mayoría de los casos ya se tiene conciencia de la gravedad del daño de los incendios forestales, se aprecia que no existe una suficiente claridad sobre cómo debe abordarse el control del problema, lo que en alguna medida tiene relación con la ausencia de decisiones política para promover una efectiva protección forestal. Al respecto cabe exponer los siguientes comentarios:

a) La responsabilidad de la protección forestal recae, por lo general, en agencias gubernamentales. Sin embargo, a pesar que los bosques constituyen uno de los principales recursos, el sector no está claramente identificado o posee una baja jerarquía en el aparato público. Por lo general, a la actividad forestal se le considera una extensión de la agricultura, lo que limita fuertemente su tratamiento en lo que respecta a su análisis y evaluación con la profundidad requerida y, por lo tanto, se dificulta la formulación de las respectivas propuestas de desarrollo.

b) Lo anterior significa que, ante la alarma y daños que provocan los incendios forestales, los Gobiernos recurran a diversas instituciones que poseen alguna capacidad para contrarrestar el problema, como compañías de bomberos, cuerpos militares y policía, entre otros. Estas organizaciones normalmente no poseen la especialización ni el equipamiento adecuado para el combate en zonas rurales, de

manera que su acción con frecuencia no es eficiente. La experiencia en países desarrollados indica que la forma efectiva de combatir los incendios es sobre la base de organizaciones profesionales dedicadas preferentemente a esta tarea.

c) Por otra parte, el manejo del fuego es mucho más que el combate, porque engloba una diversidad de acciones que deben ejecutarse simultánea y coordinadamente. Aspectos tales como la prevención, la detección de incendios y la organización misma de los medios para la supresión, deben basarse en un mismo esquema de planificación y programación, si es que se pretende lograr una gestión exitosa. La situación es que, cuando estas actividades están asignadas a organizaciones diferentes, se verifica la tendencia de asumirlas con distintos criterios y grados de preparación y, frecuentemente, compitiendo entre ellas en vez de reforzar un accionar cooperativo y sinérgico.

d) La inexistencia de registros confiables restringe la capacidad de análisis del problema, e impide la correcta planificación de la prevención y el combate. No es posible formular políticas acertadas en la materia ni definir las estrategias correspondientes, si no se posee un conocimiento apropiado de la gravedad y características de los daños que se están produciendo, ni de los medios y condiciones existentes para aplicar las medidas de control.

e) Algunos países recurren con frecuencia al apoyo de organizaciones extranjeras para evaluar el problema de los incendios forestales, y también para recoger proposiciones sobre cómo debiera plantearse su control. Los consultores efectúan generalmente su trabajo con seriedad y plantean las recomendaciones correspondientes, pero casi siempre ocurre que todo vuelve al punto inicial una vez que estos expertos regresan a su país de origen. La explicación de ello puede estar dada en los siguientes comentarios:

    i. El Gobierno receptor del apoyo internacional por lo general no dispone de antecedentes suficientes para apoyar al trabajo del consultor. Pero, quizás lo más grave es que normalmente no se asigna una contrapartida adecuada al trabajo del experto, que permita una participación conjunta en el análisis de los problemas y en la elaboración de las propuestas de solución, de manera que el trabajo iniciado pueda continuar en el futuro.

    ii. Por otra parte, el consultor actúa bajo su personal perspectiva e interpretación, basado en la experticia que posee, la que no siempre incluye un conocimiento suficiente sobre las condiciones y características del país que está asesorando. Aún más, cuando el experto proviene de un país de mayor desarrollo y proviene de otro hemisferio, la tendencia es proponer acciones que más bien se ajustan a su nación de origen y no al que está asesorando, las que pueden resultar inaplicables. El tiempo de permanencia de los expertos, normalmente de un pocos meses, impide realmente que pueda definir el escenario correcto en que debe plantear sus recomendaciones.

Comentarios finales

Los antecedentes ya expuestos señalan, por una parte, que los países sudamericanos están siendo afectados de manera importante por la ocurrencia y propagación de los incendios forestales y, por otro lado, que la mayoría de los gobiernos no han logrado

aún establecer esquemas efectivos para la protección de sus recursos naturales renovables.

Se estima que, técnicamente, no debieran existir impedimentos importantes para que cada uno de estos países pueda diseñar e implementar su propio esquema para el control de los incendios forestales, basado en las condiciones que prevalecen y en las capacidades disponibles. Sin embargo, ello se podrá lograr en la medida que realmente se asuman las responsabilidades que implica la protección forestal. Cuando los técnicos relacionados con el problema, especialmente aquellos vinculados a la actividad forestal, cambien su posición desde espectadores a la de actores, en gran medida se estarán dando las condiciones para organizarse adecuadamente para el control de los incendios forestales.

En esta tarea, no debe dejar de tenerse presente que, si bien las experiencias extranjeras pueden ser muy valiosas, cada país posee una importante proporción de condiciones propias y diferentes a las de otras naciones. Ello indica que la iniciativa, la originalidad y la disposición para enfrentar el problema, deberá provenir principalmente de los afectados directos por el problema.

Es ineludible la decisión de impulsar programas efectivos de capacitación y entrenamiento para todo el personal involucrado al tema, en todas las instancias de gestión y ejecución. No solamente los operarios de las diferentes organizaciones requieren estar adecuadamente adiestrados para la realización de las distintas actividades de prevención, combate y uso del fuego, sino que también los estratos directivos, que deben comprender el problema en toda su magnitud, y también conocer las capacidades de los recursos disponibles para la protección, como asimismo los criterios y estrategias aplicables en general y en particular. Debe señalarse que, en estos países, la mayor limitación no radica tanto en la disponibilidad de recursos (que en general son escasos), sino que más bien en la forma como se asignan y utilizan.

Algunos de los países han logrado incorporar en las escuelas de técnicos e ingenieros forestales asignaturas obligatorias sobre protección contra los incendios forestales. Estos justamente coinciden con los casos que observan los mejores niveles de prevención y combate. Este aspecto debiera generalizarse, porque la experiencia ha demostrado que estos profesionales son los mejores capacitadores del personal operario y que, a su vez, desde ellos fluyen las bases para la formulación de las políticas y planes en la materia dentro de un contexto general de manejo sustentable de los recursos forestales, porque son los que efectivamente poseen las mayores habilidades para argumentar y convencer a las autoridades sobre la necesidad de establecer esquemas de trabajo técnicamente correctos y factibles de ejecutar.

REFERENCIAS

Baptista, P. 1998. Los Incendios Forestales en la República Oriental de Uruguay. Anais 1° Seminario Sul Americano sobre Controle de Incendios Florestais. SIF/FUPEF/IPEF, Belo Horizonte, Brasil. Pág. 332-345.

Cornacchia, G., Pereira de Sá, S. 1998. Sistema Nacional de Prevencao e Combate aos Incendios Florestais-Prevfogo-Metas e Resultados 1995-97. Anais 1° Seminario Sul Americano sobre Controle de Incendios Florestais. SIF/FUPEF/IPEF, Belo Horizonte, Brasil. Pág. 21-31.

FAO 2003. Situación de los Bosques en el Mundo. Departamento de Montes, FAO, Roma. 151 p.

Heredia, R. 1999. Plan Nacional de Manejo del Fuego: República Argentina. FAO Meeting on Public Policies Affecting Forest Fires. FAO Forestry Paper 138. Roma. Pág. 307-311.

IFFN. 2003. Fire Situation in Argentina. Country Notes, IFFN N° 28. Pág 37-40.

IFFN. 2003. Fire Situation in Bolivia. Country Notes, IFFN N° 28. Pág 41-44.

IFFN. 2003. Fire Situation in Brazil. Country Notes, IFFN N° 28. Pág 45-50.

IFFN. 2003. Fire Situation in Colombia. Country Notes, IFFN N° 28. Pág 67-72.

Julio, G. 1996. Control de Incendios Forestales en Chile: Participación del Gobierno y Empresas Privadas. Anais IV Reuniao Tecnica Conjunta FUPEF/SIF/IPEF em Controle de Incendios Florestais. Curitiba, Brasil. Pág. 29-39.

Julio, G. 2001. Estado Actual y Perspectivas de la Protección contra Incendios Forestales en América Latina. Actas 1° Simposium Nacional sobre Técnicas de los Medios Aéreos en Incendios Forestales. Universidad de Córdoba/ENRESA/Junta de Andalucía. Córdoba. Pág. 137-148.

Julio, G. 2003. Planificación y Prevención de Incendios Forestales en Ecosistemas Nativos- Una Perspectiva Latinoamericana. VI Maestría en Conservación del Medio Natural. Universidad Internacional de Andalucía, La Rábida, España. 14 p.

Mendes Ramos, P. 1999. Public Policies Affecting Forest Fires in Brazil. FAO Meeting on Public Policies Affecting Forest Fires. FAO Forestry Paper 138. Roma. Pág.. 313-317.

Mery, G. 1987. Latin America Forest Sector Development: A Short-Term Review and Prospects. In: Deforestation or Development in the Third World? - Volume I. Division of Social Economics of Forestry, Finnish Forest Research Institute, Pub.Nr 272, Helsinki. pp. 143-219.

Mutch, R., Lee, B., Perkins, J. 1999. Public Policies Affecting Forest Fires in the Americas an the Caribbean. FAO Meeting on Public Policies Affecting Forest Fires. FAO Forestry Paper 138. Roma. Pág. 65-107.

PNUMA.. 2000. GEO – América Latina y El Caribe. Perspectivas del Medio Ambiente. Oficina Regional del PNUMA, Ciudad de México, 144 p.

Tesolin, O. 1999. Políticas Públicas que afectan los Incendios Forestales en Argentina. FAO Meeting on Public Policies Affecting Forest Fires. FAO Forestry Paper 138. Roma. Pág. 303-305.

Vélez, R. 2000. La Defensa contra Incendios Forestales – Fundamentos y Experiencias. McGraw Hill-Interamericana de España, Madrid. 1302 p. (14)

Yegres, L.E. 1998. Control de Incendios Forestales en Venezuela. Anais 1° Seminario Sul Americano sobre Controle de Incendios Florestais. SIF/FUPEF/IPEF, Belo Horizonte, Brasil. Pág. 13-19.

Esta página se deja en blanco intencionadamente.

Remfiresat, Gestión de Emergencias en Tiempo Real para Servicios de Lucha contra Incendios Forestales Vía Satélite[1]

Jesús Gonzalo,[2] Susana Martínez,[3] Gonzalo Martín[3]

Resumen

El principal objetivo de Remfiresat es demostrar el uso cinegético de las tecnologías espaciales disponibles para la gestión de los incendios forestales. Un consorcio dirigido por INSA, en colaboración la Junta de Castilla y León y financiado por la Agencia Espacial Europea desarrolló y evaluó el sistema durante la compaña de verano del 2003 en Castilla y León. El proceso de demostración fue ejecutado en tres fases: la primera se centraba en el proyecto y utilizaba varios recursos representativos; la segunda desarrollaba el sistema completo y la tercera lo hacía bajo condiciones reales de fuego (junio a septiembre 2003)

Los servicios de Observación de la Tierra, Navegación y Comunicación por Satélite, se combinaron en una herramienta única de gestión que permitía a los operadores utilizar todos los datos disponibles a partir de cualquier punto, desde las oficinas centrales hasta los centros de mando sobre el terreno. Las herramientas disponibles estaban totalmente integradas con el sistema basado en el satélite.

La herramienta GS Distribuida Dinámicamente gestiona la información al nivel nacional, regional, provincial y local, siguiendo la cadena establecida de toma de decisiones. El lugar del test era la provincia de Salamanca (unidad Central + Móvil Provincial) controlado desde Valladolid (Centro Regional) e informando al DGCN Nacional (Valladolid y Madrid)

Las redes de comunicación Privadas y Públicas fueron complementadas con líneas de comunicación por vía satélite a fin de suministrar redundancia o acceso a zonas remotas. Se estableció una referencia a recursos móviles por medio de un sistema GPS y se comunicaron vía ORBCOMM (o los terminales INMARSAT existentes).

Un centro de procesamiento de Observación de la Tierra, localizado en LATUV (Valladolid) adquirió y preparó las imágenes de satélite de uso general (NOAA, FENYUNG, TERRA, METEOSAT) y otros especializados (BIRD). Al menos se generaron cinco productos diariamente (según la frecuencia de adquisición): índice de riesgo de incendio, mapa de puntos calientes, mapas de líneas de incendio, cartografía de la zona quemada y pronósticos del tiempo.

En algunas situaciones específicas, fue necesario un estudio profundo sobre la evolución y consecuencias de un gran incendio. De manera que se adquirieron imágenes de alta resolución, como imágenes Landsat, para obtener un mapa de la zona quemada. Y se utilizó un simulador de la zona del incendio (FARSITE) a fin de analizar el comportamiento del fuego, punto de inicio y posibles evoluciones.

El satélite alemán BIRD también ayudó al suministro de la imagen, por medio de sus sensores térmicos exclusivos, especializados en la identificación de puntos calientes. Los resultados mostraron que se pueden detectar incluso pequeños inicios de líneas de fuego de cinco metros.

---

[1]Una versión mas corta de este trabojo fue presentada en el segundo simposio internacional sobre politicas, planificación y economía de los programas de protección contra incendios forestales: una visión global, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] Responsable de Gestión de Proyecto INSA (Ingeniería y Servicios Aeroespaciales). Departamento de Estudios y Misiones, P° Pintor Rosales, 34, Madrid, CP 28008.

[3] Ingeniero de Sistemas, INSA INSA (Ingeniería y Servicios Aeroespaciales). Departamento de Estudios y Misiones, P° Pintor Rosales, 34, Madrid, CP 28008.

Se pueden obtener imágenes e información adicional contactando con los autores directamente.

Concepto del Sistema

El objetivo de Remfiresat es demostrar el uso de las tecnologías vía satélite para gestionar una situación de emergencia como un incendio no controlado. El sistema ha sido proyectado según un enfoque dirigido por las necesidades del usuario y se ha demostrado y probado a partir de una amplia gama de pruebas para comprobar las ventajas de su aplicación en situaciones de crisis real.

Remfiresat combina las principales tecnologías de satélites para ofrecer una nueva orientación en la gestión de los desastres naturales: Observación de la Tierra, sistemas de Navegación y Comunicaciones Vía Satélite. Estos sistemas basados en el espacio funcionan de manera cinegética con los equipos terrestres del usuario para alcanzar una utilización más eficaz de la tecnología disponible.

Descripción General De Remfiserat

Arquitectura del Sistema Remfiresat

En los países europeos, los servicios de lucha contra el fuego, son organizados en distintas estructuras centralizadas o descentralizadas con el fin de optimizar la gestión de los recursos. El sistema Remfiresat está incorporado al edificio en el que se encuentra el responsable de tomar las decisiones a fin de que pueda recibir toda la información de la fuentes internas y externas.

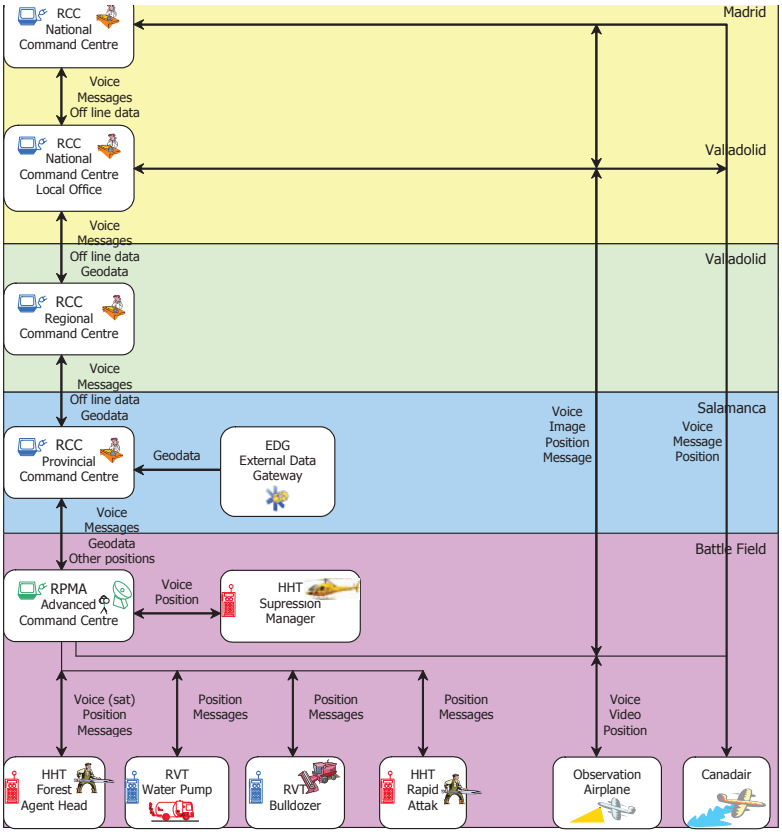


Figura 1. La arquitectura del sistema Remfiresat incorporada en la organización jerárquica del usuario. HHT es un terminal portátil y RVT es un terminal de vehículos.

El servicio de Lucha Contra Incendios Forestales de Castilla León ha sido seleccionado para dirigir el experimento como usuario de referencia. La región abarca varias provincias; los directores regionales informan a la autoridad nacional y los provinciales a la autoridad regional. Dentro de las provincias, si el incendio es de grandes dimensiones se despliega un centro de mando avanzado en el campo de batalla para una mejor gestión de las actividades.

El sistema Remfiresat está presente en la cadena de toma de decisión de la lucha contra el fuego a todos los niveles, proporcionando líneas de comunicación para enviar información entre los responsables pero también desde las fuentes hacia los responsables. Esta comunicación se establece siguiendo una estructura jerárquica de usuarios. La información enviada incluye, además de los servicios tradicionales de voz y FAX, datos digitales, imágenes y posicionamiento de recursos móviles.

Los distintos equipos del usuario están aquí dados con terminales de recogida de datos y dispositivos apropiados de comunicación para conformar la red del sistema. Además, los recursos móviles están equipados con un sistema de posicionamiento y los agentes forestales del campo de batalla están provistos de dispositivos de comunicación.

El *External Data Gateway* (EDG) incluido en la red Remfiresat se ocupa del procesamiento de datos por satélite.

Centros de Mando Remfiresat

Los centros de mando son el cerebro del sistema Remfiresat: son un grupo de nodos interconectados a través de una red de telecomunicaciones donde el operador puede acceder a los servicios del sistema, gestionar los recursos, ver de los resultados de la observación de la Tierra, y ponerlos en comunicación.

El Centro de Mando Remfiresat genérico (RCC) está localizado al nivel de la toma de decisión del usuario. El RCC es un ordenador de sobremesa estándar con hardware y software específicos para conectar con otros terminales del sistema. Este centro es capaz de recibir, procesar, y enviar la información solicitada, externa o generada por el sistema. Los bloques de datos principales gestionados por el RCC son; comunicaciones por voz y mensajes, posicionamientos de móviles, datos geográficos y metereológicos, y voz y comunicación por fax e internet con otras autoridades.

El Centro de Mando Avanzado (RPMA) se suele desplegar en una zona forestal relativamente próxima a la primera línea del incendio; este centro es una réplica del centro provincial y se convierte en el centro neurológico del campo de batalla. Requiere un equipo específico para proporcionar un enlace de alto nivel de banda ancha entre módulo provincial y el módulo avanzado para intercambiar extensas informaciones, por ejemplo datos por satélite; la conexión es suministrada por una estación portátil VSAT que se despliega en la unidad RPMA y hay una segunda antena permanentemente instalada en el centro provincial. El RPMA ha sido instalado en una estaca de tienda de campaña o una UTM (Unidad Móvil para Datos Metereológicos). Los ordenadores y subsistemas son instalados en el edificio en el que se encuentra el usuario para que el consumo energético y el volumen se adapten a estas instalaciones.



Figura 2. Centro de Mando Habanazo Remfiresat instalado en una estaca de tienda de campaña y vehículo móvil

Remfiresat Portátil y Terminales de Vehículo

Los terminales Remfiresat son unidades individuales con que se maneja directamente durante la lucha contra el incendio. Hay distintos modelos de terminales que se utilizan según las necesidades del usuario en un situación real

- Terminales Portátiles Remfiresat (HTT): son unidades que suministran servicio de voz y de posicionamiento automático entre HTT y con el centro de mando provincial o el avanzado. Hay dos tipos de terminales portátiles según las distintas posibilidades de enviar mensajes
    - HHT 1 es un teléfono móvil, vía satélite, que tiene servicio de voz a través del sistema Globalstar
    - HHT 2 es un comunicador de mensajes ORBCOMM; incluye posicionamiento automático GPSy capacidad para enviar mensajes a los centros de mando provincial y avanzado. ORGCOMM es el sistema que se utiliza para las unidades terrestres e INMARSAT para las unidades aéreas.



Figura 3-HHT1: teléfono móvil Glabalstar. HHT 2 comunicador ORBCOMM + terminal ALCOM. RVT: terminal Psyion ORCOMM

Existe otra alternativa, Auxiliar Digital Personal (PDA), con un *kit* que incluye las capacidades GPS y GPRS. El PDA ha implantado una versión reducida del sistema Remfiresat que permite la introducción e información compartida, visión de niveles, etc.

Centro de Procesamiento de Observación de la Tierra

El sistema Remfiresat pretende integrar distintas tecnologías espaciales en un sistema compacto y fácil de utilizar a fin de generar productos de valor añadido que mejoren la eficacia de los protocolos actualmente en uso. El EDG se encarga de la adquisición, procesamiento, almacenamiento y envío de datos de observación de la

Tierra y productos afines, utilizando lo más posible satélites de sensores remotos y proveedores.

El bloque de datos más importante gestionado por EDG son los datos de sensores remotos, en tiempo real y tiempo histórico. La fuente de esta información procede de diversos satélites a distintas horas. Los acuerdos apropiados son firmados con los administradores de datos para asegurar la llegada puntual de los datos a partir de las distintas fuentes.

EDG ofrece productos interesantes para la lucha contra el fuego. Recoge del satélite los datos brutos y los datos auxiliares para generar los productos siguientes: línea de fuego consiste en una representación vectorial de la primera de línea de fuego. El producto es generado cuando se produce un incendio durante el pase del satélite MODIS-TERRA y dentro de su zona de cobertura. El satélite de demostración BIRD también ha sido utilizado durante las muestras. La línea de fuego está dispuesta una hora y diez minutos después del principio de la transmisión da datos brutos. Según los datos externos, se analiza el calendario de pases de alta resolución de los satélites y se localizan los pases que coinciden con la localización de un incendio de cierta magnitud, de forma que se adquiere la imagen para estimar la línea de fuego y el mapa de la zona quemada.

Mapa de Puntos Calientes está formado por un nivel GIS que contiene puntos sospechosos, más cálidos de lo que se esperaba inicialmente. Se utilizan NOAA, FENGYUN y MODIS para cubrir toda Castilla- León y zonas de Portugal.

Índice de Riesgo es un mapa de referencia en UTM-H30 con una rejilla de 10x10 Km. que contiene una estimación de riesgo de incendio indicando la probabilidad de que se extienda el fuego. El índice riesgo de fuego es elaborado diariamente al paso de los satélites de NOAA, FENGYUN y MODIS. Dado que la diferencia de tiempo entre FENGYUN y TERRA es muy corta se selecciona la imagen más apropiada para cada caso.

Mapa de Zona Quemada: consiste en una imagen con referencia geográfica en formato de trama donde se señala la zona quemada. El producto se genera utilizando los satélites NOAA y FENGYUN con resolución de 1x1 KM, pero también con TERRA de una resolución 250x250 La superficie quemada detectada tiene que ser bastante extensa como para verse en ambas escalas. Los satélites NOAAA y FENGYUNG pueden cartografiar un mínimo de zona quemada de 70 hectáreas, mientras que TERRA lo hace aproximadamente de cinco hectáreas. Se pueden utilizar también satélites comerciales, como por ejemplo Landsat, que proporciona una mejor resolución.

Pronóstico del Tiempo: Los productos del pronóstico del tiempo(temperatura del suelo, humedad, lluvia acumulada, velocidad y dirección del viento) son elaborados utilizando el modelo de pronóstico del tiempo (MM5)

Pronóstico de propagación del tiempo: Consiste en la propagación de la línea de fuego utilizando el propagador de incendio FARSITE. La herramienta de simulación mencionada incorpora modelos existentes de incendio de superficie, incendio de copas, aceleración del incendio de una punto de superficie, punteos, y humedad de combustible. Los modelos son integrados utilizando una técnica propagación del vector para el aumento del perímetro del incendio que controla tanto resolución del espacio como la del tiempo de la propagación de l fuego en el paisaje. El modelo produce perímetros de vector del incendio (polígonos) a intervalos del

tiempo específico. Los vértices de estos polígonos contienen información sobre la velocidad en intensidad de propagación del fuego, interpolados para producir mapas punteados por el comportamiento del incendio.

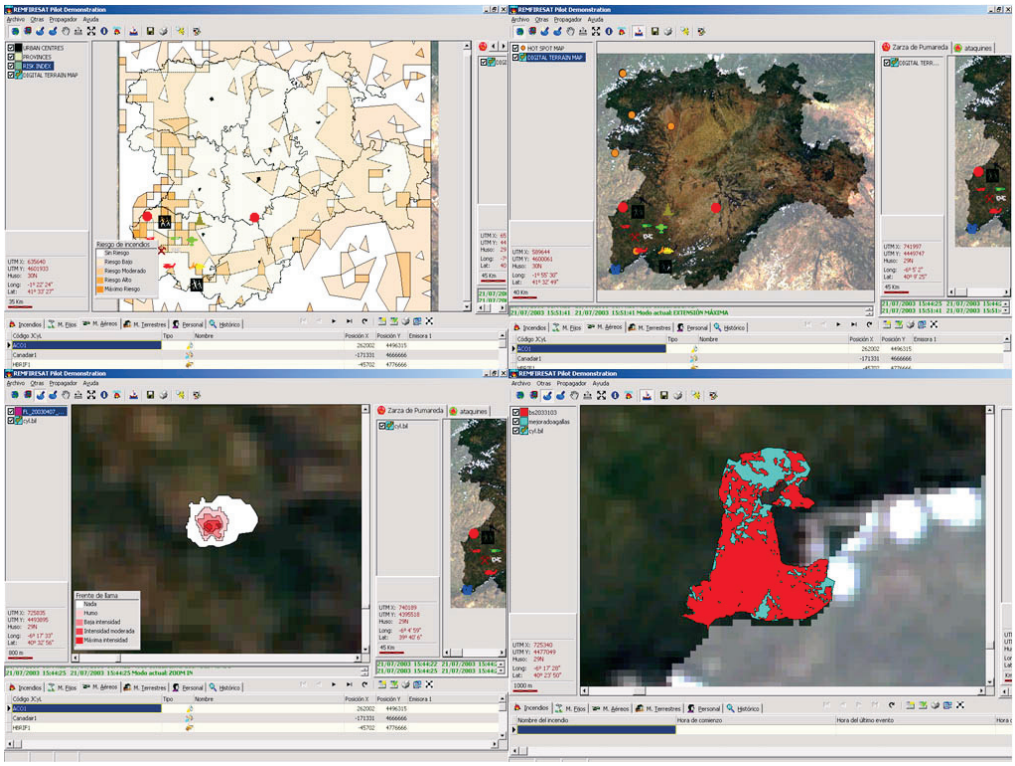


Figura 4--Observación de la Tierra elaboró productos en la Herramienta Remfiresat. De izquierda a derecha mapa de índices de riesgo, mapas de puntos calientes, primera línea de fuego y mapa de zona quemada.

Tabla 1—Observación de la tierra elaboró productos y características de la fase de la lucha contra el incendio forestal.

Fase de Lucha contra el Incendio Forestal	Producto Remfiresat	Características
Fase de prevención	Índice de riesgo	Resolución de 10 KMS
Fase de detección	Mapa de puntos calientes	Resolución de 1000-250 m (tiempo real) exactitud en el tamaño del punto
Fase de extinción	Representación de la primera línea de fuego Pronóstico de la propagación (opcional)	Resolución de 1000-250 m (tiempo real) Resolución de 30 mts. (en diferido) Exactitud en el tamaño del punto
Fase de evaluación de daños	Evaluación de la zona quemada	Resolución de 1000-250 mts. (tiempo real), Resolución de 30 MTS (en diferido
Todas las fases	Pronóstico del tiempo	Exactitud en el tamaño del punto

Vale la pena mencionar el satélite alemán BIRD (microsatélite de detección i bi-espectral por infrarrojos), que es un demostrador tecnológico. El objetivo principal de este satélite es mostrar la capacidad y las posibilidades de servicio en una constelación de satélites exclusivos para las actividades futuras relativas a los incendios. Sus sensores térmicos tienen una mejor resolución que los censores de satélites generales existentes actualmente como AVHRR o MODIS que son capaces de localizar incendios pequeños. BIRD detectó líneas de fuego de hasta 5 mts. durante una serie de quemas prescritas llevadas a cabo en la región de Galicia en mayo del 2003. Las imágenes por satélite BIRD también fueron utilizadas durante las actividades de demostración realizadas en Remfiresat.

Sistema de Información Geográfica Dinámica y Distribuída

DDGIS es la aplicación que funciona en los Centros de Mando y que permite a los usuarios gestionar los recursos locales y externos que les son asignados temporalmente; alarmas, fire, datos geográficos, y otros acontecimientos de internes para las actividades de lucha contra el fuego en las diferentes fases de la crisis.

La herramienta GIS dinámica y distribuida (DDGIS) utiliza un modelo de datos (base de datos distribuida que se actualiza automáticamente con la información que se recibe o se solicita.

La herramienta DDGIS proporciona una interfaz cómoda y de fácil aprendizaje para el usuario, permitiendo al operador ver la evolución de los distintos medios. Cada elemento fire, alarmas, buldózer, canadairs, cuadrillas, etc.) está representado en los mapas, en su posición actual, con un signo representativo. También se pueden cargar distintos niveles con información topográfica. En cualquier momento, los usuarios deciden lo que hacen sobre la información visualizada.



Figura 5--Vista general de DDGIS. En la ventana principal se presentan distintos elementos. Los componentes principales consisten en un mapa general y una serie de mapas que representan zonas en zoom de este mapa general. Estos mapas están complementados con un diario de operaciones del sistema (debajo de ambos mapas) y una ventana con las propiedades, situado bajo la serie de mapas. Estos cuatro elementos están en un lugar en el que los operadores pueden analizar los resultados de las funciones de software a las que se tiene acceso por medio del menú principal y los botones de la barra de la herramienta, situados ambos en la parte superior de la ventana.

El software tiene dos modos operativos: un modo de tiempo real, que incluye la lucha contra el fuego, la asignación de recursos, las comunicaciones entre los nodos y la recepción de los datos externos, y un modo diferido, donde se realiza el procesamiento de la historia a fin de generar informes y estadísticas.

Demostración del sistema y uso operativo

El sistema ha sido ampliamente demostrado a fin de verificar sus rendimientos y cumplir las expectativas del usuario. Se han llevado a cabo varias pruebas:

la prueba conceptual, la puesta en servicio, dos demostraciones de incendio real y, finalmente, las operaciones completas de la temporada, durante la campaña de lucha contra los incendios del 2003.

La prueba conceptual demostró las soluciones técnicas propuestas suministradas por una serie limitada y representativa de módulo Remfiresat. La puesta en servicio fue llevada a cabo después de la integración total del sistema. Se realizaron dos quemas prescritas junto con esta última demostración, a fin de obtener imágenes por satélite para crear los primeros productos de lucha contra el incendio forestal y probar el sistema en una situación real.

Después de demostrar el éxito del funcionamiento del sistema, éste funcionó durante la campaña de verano del 2003, Se pretendía que los operadores utilizaran todas las funciones y capacidades del sistema durante un período largo de tiempo, a fin de que vieran las ventajas de las tecnologías espaciales en la lucha contra los incendios forestales, y para generar una transmisión de dirección inversa, utilizada por los ingenieros del sistema Remfiresat para preparar el traslado a un sistema totalmente operativo.

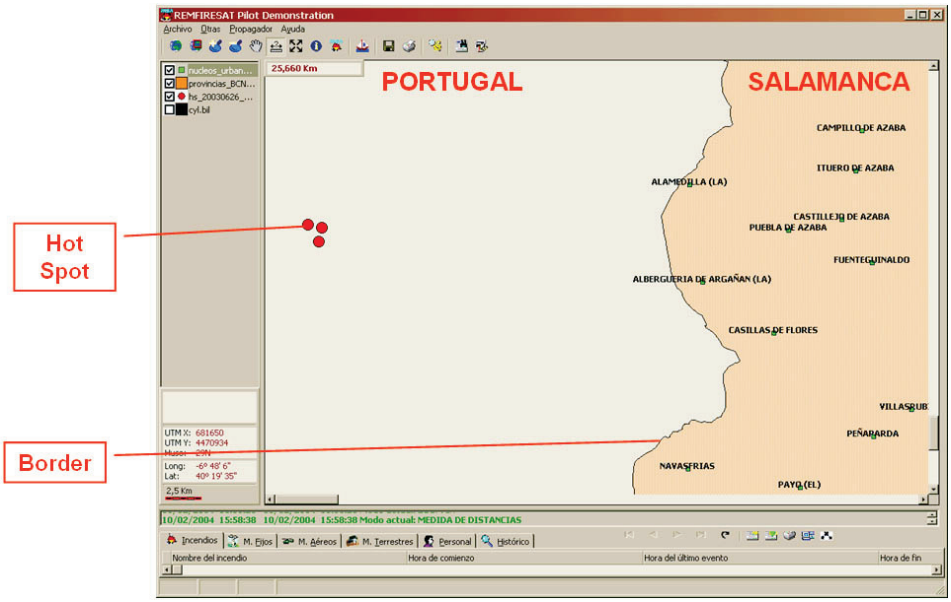


Figura 6--El mapa de puntos calientes obtenido del satélite MODIS-TERRA reveló la existencia de un incendio forestal a 25 Km. de la frontera española. El servicio de incendios forestales fue avisado por este mapa y preparó los recursos del ataque por si fuera necesaria una intervención.

Conclusiones

La sinergia apropiada entre la comunicación, la navegación y los servicios de los satélites con sensores remotos conduce a un sistema que cumple los

requisitos de las autoridades y de los operadores implicados en actividades de lucha contra los incendios forestales de manera eficaz con respecto al coste.

El sistema está formado por una red de Centros de Mando; entre ellos ha y uno que ofrece la capacidad de instalarse cerca de la zona incendiada desde donde se ordenan y se hace el seguimiento de todas las actividades de extinción. Los Centros de Mando comparten la información de manera jerárquica minimizando el flujo de datos y asegurando la integridad de éstos.

Además, el sistema proporciona terminales y comunicadores de datos que son transportados por el personal que trabaja sobre el terreno y los vehículos de extinción de incendios. Estos terminales abren nuevos canales de comunicación sencillos y robustos proporcionando características adicionales, como la posibilidad de enviar mensajes, oposicionándose para permitir que los responsables organicen mejor su trabajo.

Finalmente, la detección remota de los satélites existentes es realizada por el sistema automáticamente de tal manera que el responsable de la extinción del incendio posee una información exacta sobre el alcance y la posición del Incendio, junto con otros datos ofrecidos por el software de propagación del incendio. Otros productos, como el índice de riesgo de incendio, y daños producidos por éste, también están disponibles antes y después del incendio. Remfiresat es una herramienta muy valiosa para los que luchan contra los incendios a todos los niveles de la cadena de toma de decisiones.

Esta página se deja en blanco intencionadamente.

Hacia el Desarrollo de una Estrategia Global Frente a los Incendios Forestales [1]

Johann G. Goldammer[2]

Resumen

Si se tienen en cuenta los problemas globales y transfronterizos relacionados con los incendios forestales, es necesario desarrollar asociaciones informales y formales, y acuerdos internacionalmente vinculantes para abordar los problemas relacionados con los incendios forestales. Éstos deben cumplir con las leyes y convenciones internacionales. Los mecanismos desarrollados por las Naciones Unidas son esenciales y deben incluirse, debiendo también mejorarse su eficiencia. Éstos incluyen agencias y convenciones de la ONU con sus mandatos específicos (p. ej., FAO, OMS, OMM, UNEP, UNDP etc., las Convenciones de Biodiversidad de la ONU (UNCBD) y de Lucha Contra la Desertificación (UNCCD), el Convenio de Ramsar sobre Zonas Húmedas, y la Convención Marco de la ONU sobre el Cambio Climático (UNFCCC).

Dado el gran número de responsabilidades sectoriales dentro del sistema de la ONU, se ha reconocido la necesidad de facilitar de modo pragmático un diálogo de políticas comunes estableciendo un Grupo de Trabajo sobre Incendios Forestales dentro del Grupo de Estudio Inter-agencias para la Reducción de Desastres de las Estrategia Internacional para Reducción de Desastres de Naciones Unidas (UN-ISDR) en 2001. El establecimiento de la Red Global de Incendios Forestales ha sido uno de los campos prioritarios abordados por el Grupo de Trabajo de Incendios Forestales UN-ISDR, destinada a mejorar las capacidades existentes de seguimiento de incendios, advertencia temprana y valoración de impacto, y facilitación de cooperación internacional en gestión de incendios. La Red Global de Incendios Forestales fue aprobada por la Cumbre Internacional sobre Incendios Forestales, que tuvo lugar en Sydney, Australia, el 8 de Octubre de 2003.

Introducción

"La incidencia, alcance y gravedad crecientes de las quemas no controladas globalmente, junto con sus muchas consecuencias adversas, ha llevado a los incendios al escenario de la política medioambiental internacional, con llamamientos cada vez más frecuentes en pro de una acción internacional que lleve a un mayor control de los incendios, especialmente en países tropicales y en la zona boreal. A pesar de este problema, hay poca información precisa y oportuna sobre el número de incendios, la superficie quemada y la fitomasa consumida anualmente en los ámbitos nacional, regional y global, y sobre los costes sociales, económicos y medioambientales. Dado que el fuego es también un importante proceso natural en muchos ecosistemas, y que

[1] Una versión abreviada de este trabajo se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación, y economía de los programas de protección contra los incendios forestales: una visión global, 19–22 Abril 2004, Córdoba, España.

[2] Coordinador, Grupo Asesor de Incendios Forestales, Estrategia Internacional para Reducción de Desastres de la ONU (UN-ISDR), Centro Global de Vigilancia de Incendios (GFMC) y Grupo de Investigación de Ecología de los Incendios, Instituto Max Planck de Química, c/o Universidad de Friburgo, Ap C 79085 Friburgo, Alemania; Tel: +49 761 808011, Fax: +49 761 808012, Correo electrónico: johann.goldammer@fire.uni-freiburg.de.

los pueblos han utilizado tradicionalmente durante milenios los incendios como herramienta de ordenación del territorio, el desafío consiste en desarrollar políticas informadas que reconozcan tanto los aspectos beneficiosos como los tradicionales del fuego, a la vez que se reduce la incidencia y la extensión de las quemas no controladas y sus impactos adversos."

Esta declaración se ha tomado de la ponencia de clausura del 3ª Conferencia Internacional sobre Incendios Forestales (3-6 de Octubre de 2003) que pretendía resumir las conclusiones de la conferencia y ofrecer una orientación para la Cumbre Internacional sobre Incendios Forestales (Sydney, Australia, 8 de Octubre de 2003) y el proceso de seguimiento. La Cumbre tuvo lugar de acuerdo con los resultados de la Cumbre Mundial para un Desarrollo Sostenible (WSSD) (Johannesburgo, 2002) que proporcionó la base y el mandato para un programa de acción para reducir los efectos negativos de los incendios forestales sobre el medio ambiente y la humanidad. Por tanto la cumbre se celebró con el lema *"Protección contra incendios y desarrollo sostenible: fortalecimiento de la cooperación internacional para reducir los impactos negativos de los incendios sobre la humanidad y el medio ambiente global"*.

El lema de la Cumbre fue elegido para subrayar la necesidad de abordar la vulnerabilidad creciente de los ecosistemas y poblaciones humanas a los incendios forestales no controlados, así como la inadecuada o excesiva aplicación de los incendios en la modificación de la cubierta vegetal. Por tanto se ha dado una alta prioridad a definir soluciones y a mejorar la cooperación internacional en el escenario de la gestión de los incendios forestales. Estas soluciones deben basarse en enfoques e instrumentos pragmáticos y realizables que lleven a un consenso de estrategias comunes y sirvan de marco a los mecanismos de ejecución y financiación.

La Cumbre proporcionó varias recomendaciones estratégicas destinadas a la armonización y estandarización de enfoques, p.ej. bases comunes para acuerdos internacionales de cooperación en la gestión de incendios forestales, o procedimientos operativos estándar destinados a facilitar la cooperación multilateral en crisis por incendios forestales. Lo más fundamental, sin embargo, es el desarrollo de mecanismos que se traduzcan en acciones concretas a nivel internacional. Tales mecanismos incluirán acuerdos informales y formales a nivel bilateral e internacional. Los acuerdos informales se realizan predominantemente de manera bilateral, frecuentemente a través de la implicación de la sociedad civil, incluyendo a organizaciones no gubernamentales. No obstante, hay un papel cada vez más importante de proyectos internacionales informales tales como el Proyecto FireFight South East Asia de la UICN-WWF, de The Nature Conservancy (TNC) o de la recién establecida Global Fire Partnership de la UICN-WWF-TNC.

Si se tienen en cuenta los problemas globales y transfronterizos relacionados con los incendios forestales, es necesario desarrollar asociaciones informales y formales, y acuerdos internacionalmente vinculantes para abordar los problemas relacionados con los incendios forestales. Éstos deben cumplir con las leyes y convenciones internacionales. Los mecanismos desarrollados por las Naciones Unidas son esenciales y deben implicarse y mejorar su eficiencia. Éstos incluyen agencias y convenciones de la ONU con sus mandatos específicos (p. ej., FAO, OMS, OMM, UNEP, UNDP etc., las Convenciones sobre Biodiversidad de la ONU (UNCBD) y de Lucha Contra la Desertificación (UNCCD), el Convenio de Ramsar sobre Humedales, y la Convención Marco de la ONU sobre el Cambio Climático (UNFCCC).

Dado el gran número de responsabilidades sectoriales dentro del sistema de la ONU, se ha reconocido la necesidad de facilitar de modo pragmático un diálogo de

políticas comunes estableciendo un Grupo de Trabajo sobre Incendios Forestales dentro de la Task Force Interagencias (Grupo de Estudio Interagencias) para la Reducción de Desastres de las Estrategia Internacional para Reducción de Desastres de Naciones Unidas (UN-ISDR) en 2001. El establecimiento de la Red Global de Incendios Forestales ha sido uno de los campos prioritarios abordados por el Grupo de Trabajo de Incendios Forestales UN-ISDR, destinada a mejorar las capacidades existentes de seguimiento de incendios, advertencia temprana y valoración de impacto, y facilitación de cooperación internacional en gestión de incendios. La Red Global de Incendios Forestales fue aprobada por la Cumbre Internacional sobre Incendios Forestales.

Con el próximo fin de la vida del Grupo de Trabajo sobre Incendios Forestales, la Task Force Interagencias para la Reducción de Desastres aprobada en Noviembre de 2003, la Red Global de Incendios Forestales como un programa de seguimiento bajo la ISDR, estableciendo el Grupo Asesor sobre Incendios Forestales. Como continuación del Grupo de Trabajo, el Grupo Asesor servirá de vínculo entre la comunidad internacional de los incendios forestales, la Red Global de Incendios Forestales y la ISDR. El objetivo último del trabajo del grupo asesor es aconsejar y orientar a la comunidad internacional, a través del sistema de las Naciones Unidas, para alcanzar un consenso internacional sobre las modalidades y fomentar protocolos comunes y acciones para reducir los impactos negativos de los incendios sobre la humanidad y el medio ambiente global.

Historia, *Modus Operandi* propuesto y Situación de la creación de Redes Regionales sobre Incendios Forestales

Historia

De acuerdo con el Marco para la Ejecución de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (ISDR) se hizo una propuesta en el 2000 para la creación de un "Grupo de Trabajo sobre Incendios Forestales" dentro de la Task Force Interagencias para la Reducción de Desastres en la UN-ISDR (IATF). Esta propuesta iba en la misma línea de varias declaraciones realizadas en conferencias internacionales durante los años 90 y pretende reunir tanto a los miembros técnicos de la comunidad de los incendios como a las autoridades implicadas en las prácticas políticas y nacionales de protección contra incendios forestales, para situar sus intereses comunes de gestión de riesgos de incendios y reducción de desastres a una escala global. La IATF, en su segunda reunión del 11 de Octubre de 2000, acordó establecer el Grupo de Trabajo sobre Incendios Forestales como el 4º grupo de trabajo ("WG-4") a nivel de interagencias de la ONU.

A través del grupo de trabajo, se decidió establecer un foro interagencias e intersectorial de la ONU y de otras agencias y programas internacionales, incluyendo a la sociedad civil y las ONG. Uno de los campos prioritarios de actividad a tratar por el WG-4 era el establecimiento de la "Red Global de Redes Regionales de Incendios Forestales". La 3ª Conferencia Global sobre Incendios Forestales y la Cumbre Internacional sobre Incendios Forestales (Sydney, 3-6 y 8 de Octubre de 2003) se utilizaron como una plataforma para convocar a los representantes de las redes regionales. La estrategia acordada por la Cumbre ("Estrategia para el desarrollo futuro

de la cooperación internacional en la protección contra incendios forestales") incluye el siguiente acuerdo (véase el Anexo I de la versión inglesa de este artículo):

"Las Redes Regionales de Protección contra Incendios Forestales se consolidarán, desarrollarán y promocionarán mediante la colaboración activa, la puesta en común de la información, la preparación y la consecución de acuerdos bilaterales y multilaterales, etc. Este proceso se posibilitará a través de Conferencias y Cumbres regionales sobre incendios forestales en cooperación con el Comité de Enlace Internacional y el Grupo de Trabajo sobre Incendios Forestales de la UN-ISDR".

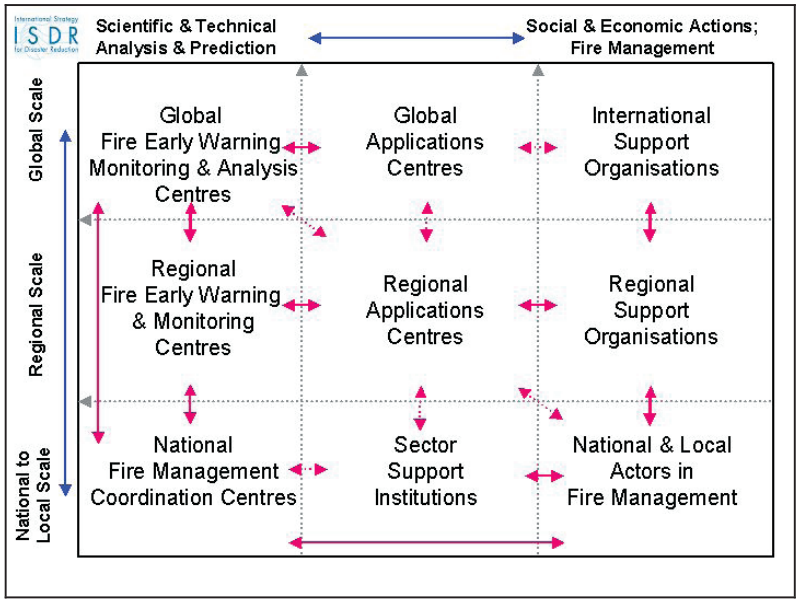


Figura 1—El papel de la Red Global de Incendios Forestales en la recogida y difusión de la información local y global sobre incendios forestales para la promoción de políticas informadas y como soporte de decisión.

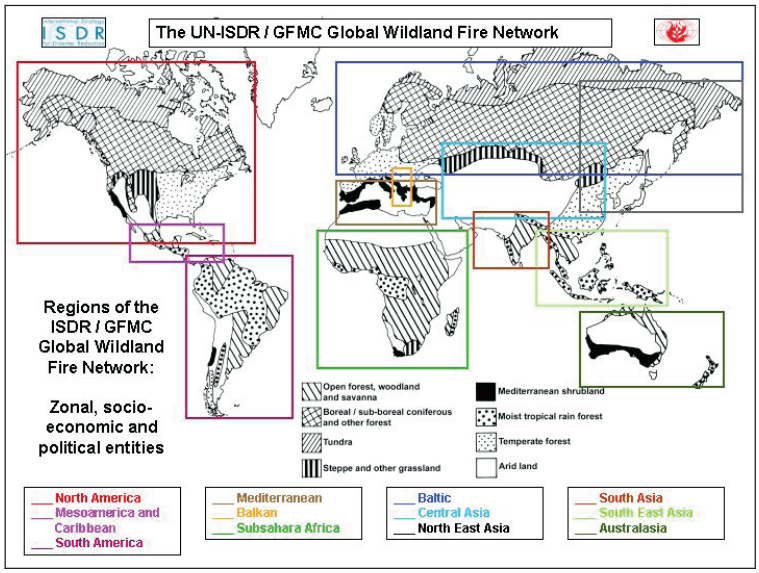


Figura 2—Delineación de las regiones dentro de la Red Global de Incendios Forestales

Durante la conferencia y cumbre de Sydney se mantuvo una reunión paralela el 5 de Octubre de 2003 con los grupos regionales de gestión de incendios con mandato bajo los auspicios de la ONU (Grupo de Trabajo sobre Incendios Forestales de la ISDR, Equipo de Especialistas ECE/FAO/ILO de la ONU sobre Incendios Forestales, Grupo de Trabajo de Protección contrae Incendios, Comisión Forestal para América del Norte de la FAO (NAFC) y Grupo de Incendios Forestales de la FAO *Silva Mediterranea*). Esta fue la primera reunión conjunta de los cuatro grupos de la ONU, al a que también asistieron miembros de la ILC / AFAC (Australian Fire Authorities Council). Un resultado fundamental de la reunión conjunta fue la recomendación de mantener un órgano bajo los auspicios de la ONU para permitir a la comunidad internacional el mantenimiento de una plataforma unificadora para los grupos y acuerdos incluidos y no incluidos en la ONU.

El Centro Global de Vigilancia de Incendios (GFMC) informó de los resultados de la Cumbre y de la reunión conjunta de los grupos sobre incendios forestales con mandato de la ONU a la 8ª Reunión de la Task Force Interagencias para la Reducción de Desastres UN-ISDR (5-6 de Noviembre de 2003) y recomendó que la ISDR proporcionara apoyo adicional a la Red Global de Incendios Forestales y creara un grupo asesor a nivel de la ONU. El informe recomendó:

"El grupo de trabajo sugiere a la IATF apoyar el establecimiento y posterior refuerzo de la Red Global de Incendios Forestales como un instrumento fundamental para promover el diálogo internacional y una cooperación eficiente en el campo de los incendios forestales. Dado la naturaleza intersectorial de los incendios forestales y el número de agencias y programas de la ONU implicadas, así como de otras organizaciones internacionales y de la sociedad civil, se sugiere mantener un organismo asesor para la ONU dentro la IATF."

La recomendación de mantener un organismo asesor para la ONU debe comprenderse como la constitución de la IATF y la vida esperada de un grupo de trabajo de unos dos o tres años. Siguiendo estas reglas de la IATF, el Grupo de Trabajo 4 sobre Incendios Forestales finalizaría su trabajo a finales del 2003 para pasar después a un programa de alcance activo, la Red Global de Incendios Forestales (GWFN). Para apoyar el trabajo del GWFN, la IATF aceptó la propuesta de crear un *Grupo Asesor de Incendios Forestales* (WFAG) bajo los auspicios del ISDR. El WFAG será un organismo asesor para el sistema de la ONU destinado a proporcionar asesoría, técnica, científica y apoyo a la elaboración de políticas para la familia de la ONU a través de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (UN-ISDR) y la IATF, y que servirá de enlace entre el sistema de Naciones Unidas, la Red Global de Incendios Forestales y los socios que le apoyan. Se prevé hacer una llamamiento a la participación y al apoyo por parte de las agencias y programas de la ONU, de otras organizaciones internacionales, de organizaciones no gubernamentales, destacando la Global Fire Partnership de la UICN-TNC-WWF, de agencias gubernamentales, de acuerdos e instituciones intergubernamentales, sociedad civil, academias, el Comité de Enlace Internacional (ILC) de la serie de conferencias internacionales sobre Incendios Forestales y el Centro Global de Vigilancia de Incendios (GFMC) (para actuar como enlace y secretariado).

Modus operandi propuesto

En nombre del ISDR el Centro Global de Vigilancia de Incendios (GFMC) facilita el establecimiento de la Red Global de Incendios Forestales para apoyar el establecimiento de Redes Regionales de Incendios Forestales y mejorando la comunicación y cooperación interregionales. El GFMC servirá de enlace con las redes internacionales propuestas y las operativas ya existentes y, principalmente con el Departamento Forestal de la FAO, los equipos regionales con mandato de la ONU (Grupo Asesor de Incendios Forestales de la ISDR, Equipo de Especialistas de Incendios Forestales ECE/FAO/ILO, Grupo de Trabajo de la Protección contra Incendios de la Comisión Forestal para América del Norte (NAFC) de la FAO, Grupo de Incendios Forestales de la FAO *Silva Mediterranea*), el Global Observation of Forest Cover - Global Observation of Landcover Dynamics (GOFC-GOLD) Fire Implementation Team (un subconjunto del Global Terrestrial Observing System - GTOS), y el Grupo Asesor de Emergencias Medioambientales (AGEE) y la Unidad Conjunta de Medio ambiente de la Oficina de las Naciones Unidas para la Coordinación de los Asuntos Humanitarios (OCHA) y el Programa de Medio ambiente de las Naciones Unidas (UNEP).

Estado de las Redes Regionales de Incendios Forestales

Las Redes Regionales se forman de dos maneras. Primero, iniciativas regionales independientes que ya estaban en marcha antes de 2001-2002 y con las que se ha contactado después y a las que se ha animado a unirse a la Red Global de Incendios Forestales. segundo, se están iniciando diversas actividades en aquellas regiones donde no hay en marcha tales iniciativas regionales. La información que sigue se ha tomado del sitio web de la Red Global de Incendios Forestales:

http://www.fire.uni-freiburg.de/GlobalNetworks/globalNet.html

Red Regional de Incendios Forestales del África subsahariana

La Red Regional Subsaharina de Incendios Forestales ("Afrifirenet") fue la primera red regional formalmente fundada en 2002. La red incluye el “Centro Africano de Capacitación en Incendios Forestales ” que ofrece formación para la protección contra incendios forestales para el África subsahariana. Página web regional:

http://www.fire.uni-freiburg.de/GlobalNetworks/Africa/Afrifirenet.html

Red Regional de Incendios Forestales del Sudeste Asiático

Dentro de la región de la ASEAN (Asociación de Naciones del Sudeste Asiático), la firma del acuerdo legalmente vinculante, Acuerdo de la ASEAN sobre la Contaminación Transfronteriza por Calima (10 de Junio de 2002; ratificado y entrada en vigor el 25 de Noviembre de 2003), supone un acuerdo multinacional para la cooperación en la gestión de incendios. En la reunión de la Task Force Técnica sobre Neblinas de la ASEAN Senior Officials for Environment (ASOEN) (10 de Junio de 2002) y la posterior Reunión Ministerial sobre la Neblina de la ASEAN (11 de Junio de 2002), se recomendó que las naciones de la ASEAN trabajen juntas con el GFMC para establecer una Red sobre Incendios Forestales del Sudeste Asiático. Las páginas web regionales son:

Página web de la ASEAN Haze Action Online: http://www.haze-online.or.id

Página web regional del GFMC :

http://www.fire.uni-freiburg.de/GlobalNetworks/SouthEastAsia/ASEAN-FireNet.html

Red Regional de Incendios Forestales del Nordeste Asiático

Esta red se está preparando actualmente y contará con la participación de la República de Corea (Corea del Sur), de la República Popular Democrática de Corea (Corea del Norte) (aún no confirmada), Japón y el Oriente Lejano de la Federación Rusa. Durante la Cumbre Internacional sobre Incendios Forestales, los representantes de la República de Corea han mostrado un fuerte interés en apoyar la formación de un nodo regional en Corea del Sur. En Noviembre de 2003, el Instituto Coreano de Investigación Forestal, División de Incendios Forestales, puso a disposición sus recursos para crear la red regional. Se ha celebrado una reunión inicial en Seúl el 6 de Marzo de 2004. Página web regional preliminar:

http://www.fire.uni-freiburg.de/GlobalNetworks/Northeast-Asia/Northeastasia.html

Red Regional de Incendios Forestales del Asia Central

Asia Central y sus países vecinos han sufrido recientemente graves problemas de incendios forestales y de otros. Se ha reconocido la necesidad de iniciar una cooperación regional en la gestión de incendios forestales, incluyendo ciencias sobre incendios forestales. La "Conferencia Internacional ECE / FAO sobre la Gestión de Emergencias en Incendios Forestales y la Cooperación Internacional en el Mediterráneo Oriental, Balcanes y regiones adyacentes de Oriente Próximo y Asia Central" (Turquía, Abril de 2004) proporcionó una oportunidad de aclarar objetivos detallados y el modus operandi del conjunto de la red. Se ha establecido una página web preliminar en el que se presentarán los resultados de la conferencia (no finalizada en el momento de redactar este manuscrito) en:

http://www.fire.uni-freiburg.de/GlobalNetworks/CentralAsia/CentralAsia.html

Red Regional de Incendios Forestales de Australasia

En 1993, se estableció el Consejo Australiano de Autoridades de Incendios (AFAC) para mejorar la colaboración y coordinación de esfuerzos entre las agencias australianas con responsabilidades en la protección de vidas y propiedades frente a

incendios y otras emergencias. La afiliación de agencias procedentes de la región ampliada dio lugar a un cambio de nombre de la AFAC a Consejo Australasiático de Autoridades de Incendios en 1996. El AFAC pretende fomentar y coordinar actividades en la prevención, gestión e investigación de incendios a través de cinco Grupos de estrategia. Este dispositivo regional ofrece las condiciones idóneas para asumir la dirección de la Red Regional de Incendios Forestales del Asia Austral. para más información, véanse las páginas web del AFAC y el GFMC:

www.ausfire.COM

http://www.fire.uni-freiburg.de/GlobalNetworks/Australasia/Australasia.html

Red Regional de Incendios Forestales del Mediterráneo

Tras las conversaciones con la FAO *Silva Mediterranea* en 2002, la formación de una Red Regional de Incendios Forestales del Mediterráneo está prácticamente establecida bajo los auspicios de este grupo de la FAO. En Zaragoza, España, 10-11 Junio 2003, tuvo lugar un congreso sobre "Asistencia multilateral frente a incendios forestales en la cuenca mediterránea". Los objetivos del congreso incluían estudiar procedimientos para coordinar los acuerdos bilaterales existentes y las herramientas legales y logísticas comunes para hacer eficaz, cuando fuera necesaria, la asistencia multilateral frente a incendios forestales dentro de la cuenca mediterránea, compartiendo los recursos. Se incluyó una discusión sobre el posible papel de la red regional y el GFMC para facilitar este proceso. El congreso fue una actividad preliminar para preparar una futura conferencia mediterránea de asistencia multilateral frente a incendios forestales. Para más información, véase:

http://www.fire.uni-freiburg.de/GlobalNetworks/Mediterrania/Mediterrania.html

Red Regional de Incendios Forestales de los Balcanes

Tras la discusión inicial en la Conferencia Científica Internacional "Seguridad contra Incendios y Emergencias en el siglo XXI - El Curso de Europa" en Bulgaria en 2002 y una reunión regional de la Comisión Internacional para la Prevención y Extinción de Incendios (CTIF), ya está en marcha la creación de la red. En Marzo-Abril de 2004, la "Conferencia Internacional de la ECE/FAO para la gestión de emergencias en incendios forestales y la cooperación internacional en el Mediterráneo Oriental, Balcanes y regiones adyacentes de Oriente Próximo y Asia Central", en Turquía (véase Red Regional de Incendios Forestales del Asia Central) proporcionó una oportunidad para puntualizar objetivos concretos y el modus operandi de la red. Página web regional:

http://www.fire.uni-freiburg.de/GlobalNetworks/Balkan/Balkan.html

Red Regional de Incendios Forestales del Báltico

En el Ejercicio Báltico de Intercambio de Información sobre Incendios Forestales y Recursos - BALTEX FIRE 2000 (Finlandia, Junio de 2000) el Equipo de Especialistas en Incendios Forestales ECE/ECE/ILO de la ONU, a través del Centro Global de Vigilancia de Incendios (GFMC), inició un proceso de comunicación y coordinación entre los países con salida a la cuenca del Báltico. La iniciativa supone el punto de partida de las estructuras de la Red Regional de Incendios Forestales del

Báltico. El 10 de Mayo de 2004 se convocará una Reunión regional sobre incendios forestales en el Báltico en Finlandia (anfitrión: Ministerio del Interior, Finlandia). Página web regional:

http://www.fire.uni-freiburg.de/GlobalNetworks/BalticRegion/BalticRegion.html

Red Regional de Incendios Forestales de Mesoamérica

La Primera Reunión Mesoamericana de Cooperación en Materia de Protección contra Incendios Forestales que tuvo lugar en la Ciudad de Guatemala, el 8-9 de Julio de 2002, con participación de Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Méjico, Nicaragua y Panamá ha lanzado una importante iniciativa regional frente a los incendios forestales. Los países acordaron formalmente lanzar un programa de cooperación que incluye compartir la información y los recursos en la lucha contra incendios así como en la creación de capacidad. Todos los materiales de los procesos de cooperación en la Región Mesoamericana están disponibles en:

http://www.fire.uni-freiburg.de/GlobalNetworks/MesoAmerica/MesoAmerica.html

Red Regional de Incendios Forestales de América del Sur

La creación de una Red Regional de Incendios Forestales de América del Sur se incluirá diferentes actividades regionales. La creación de la red se discutirá y decidirá en el próximo 3er Simposio sudamericano sobre el control de incendios forestales(3º Simpósio Sul-Americano sobre Controle de Incêndios Florestais), 14-17 de Junio de 2004, Curitiba, Brasil. Esta reunión fundacional será copatrocinada por la Red Global de Incendios Forestales (a través de GFMC), FAO, UNEP, GOFC-GOLD, The Nature Conservancy (La Conservación de la Naturaleza) (TNC) y el U.S. Forest Service (Servicio Forestal de E.U. Las recomendaciones de la Reunión Fundacional de la red se presentarán a los participantes de la Conferencia Americana de Incendios Forestales, prevista para el 23 de Octubre de 2004 en Costa Rica. Esta conferencia será un evento paralelo de un día de la reunión conjunta de los miembros de las Comisiones Forestales de la FAO de América del Norte y América Latina / Caribe. Para más información sobre la reunión y sobre la página web regional provisional, véase:

http://www.fire.uni-freiburg.de/course/meeting/meet2003_14.htm

http://www.fire.uni-freiburg.de/GlobalNetworks/SouthAmerica/SouthAmerica.html

Red Regional de Incendios Forestales de América del Norte

Actualmente están en marcha lasconversaciones sobre la formación y posible *modus operandi* de la Red Regional de Incendios Forestales de América del Norte. El Grupo de Trabajo de Protección contra Incendios (FMWG) de la Comisión Forestal para América del Norte (NAFC) representa una red regional que servirá de vínculo para la contribución norteamericana a la Red Global de Incendios Forestales. Páginas web:

http://www.fs.fed.us/global/nafc/fire/aboutus.htm

http://www.fire.uni-freiburg.de/GlobalNetworks/NorthAmerica/NorthAmerica.html

Red Regional de Incendios Forestales del Sur de Asia

Esta red está actualmente en fase de creación e incluirá probablemente a la India, Bangladesh, Nepal, Bután y Pakistán. El Dehradun Forest Research Institute, India, tiene un interés declarado para servir de unidad de coordinación. Nepal ha señalado su interés en apoyar la red.

La Cumbre Internacional sobre Incendios Forestales: Soluciones pragmáticas a corto y medio plazo

La Cumbre Internacional sobre Incendios Forestales suponía un importante etapa hacia la creación de un consenso internacional y emprender acciones pragmáticas en cooperación internacional en la protección contra los incendios forestales. No es necesario repetir lo que se ha resumido en el Comunicado de la Cumbre (véase el anexo I de la versión inglesa de este artículo). No obstante, de la lista de los resultados de la Cumbre de medidas específicas que deberán adoptar los participantes en la cumbre, merece la pena mencionar explícitamente dos de los cinco acuerdos debido a que son directos, pragmáticos y están listos para su ejecución, (a) un modelo de acuerdo internacional que puede utilizarse por parte de agencias que deseen formar una cooperativa o un dispositivo de ayuda mutua con uno o más países, para la cooperación en la gestión de los incendios forestales, y (b) un acuerdo sobre que un Sistema de Comando para Incidentes (ICS) debería convertirse en el patrón internacional para la gestión de incidentes de incendios forestales en acuerdos e intercambios internacionales o Interagencias. La"Estrategia para el futuro desarrollo de la cooperación internacional en la protección contra los incendios forestales", acordada es, sin embargo, importante para el futuro mapa de carreteras (consúltese la sección 4 y el Anexo II de la versión inglesa de este artículo).

Diálogo interregional y global en el ámbito de la ONU: Perspectivas a medio plazo y desafíos a largo plazo

En el momento de redactar este artículo a principios de 2004, existen las siguientes perspectivas y desafíos para iniciar o consolidar el diálogo regional o internacional sobre cuestiones relacionadas con los incendios forestales:

Perspectivas a corto y medio plazo

Es ahora crucial que la Red Global de Incendios Forestales se active y se pongan en práctica las recomendaciones de la cumbre directamente, mejorando el diálogo internacional y creando asociaciones informales y formales. En un futuro cercano tendrán lugar los siguientes eventos:

- Se han iniciado una serie de consultas en el marco de las Redes regionales de incendios forestales para el Nordeste Asiático (Marzo de 2004), la Región Báltica (Mayo de 2004), América del Sur (Junio de 2004) y Mesoamérica (segunda mitad de 2004). Estas consultas se utilizarán para definir los problemas críticos en estas regiones y plantear cuestiones prioritarias a tratar mediante los esfuerzos de cooperación regional.
- Activación del Grupo Asesor sobre Incendios Forestales UN-ISDR

- Hay prevista una Conferencia americana sobre incendios forestales para Octubre de 2004 (Costa Rica). En esta reunión, las Comisiones Regionales Forestales de América Latina / Caribe y América del Norte invitarán a los directores de las agencias forestales a expresar sus puntos de vista sobre las necesidades y oportunidades existentes en la cooperación para la gestión de incendios forestales en las Américas.
- Se llevarán a cabo diversos cursos y talleres de formación internacionales de gestión de incendios forestales en las regiones (p. ej., talleres realizados en África conjuntamente por el GFMC, la Red regional de incendios forestales del África subsahariana, FAO, UN-OCHA, UNEP, UNU). Estos talleres interagencias tendrán un papel piloto para otras regiones.
- Una Reunión Ministerial mantenida en la sede de la FAO en Roma en Marzo de 2005 se centrará en los asuntos relacionados con los incendios forestales. Esta reunión desempeñará un importante papel en la transmisión de las recomendaciones procedentes de las consultas de ámbito regional en 2003-2004 a los actores internacionales.

Perspectivas a largo plazo

Las actividades a corto y medio plazo anteriormente citadas proporcionarán foros políticos para definir campos prioritarios de acción y de consenso político. Lo más importante, sin embargo, son los acuerdos técnicos y de procedimiento para iniciar programas que abordarían, entre otros, los siguientes asuntos clave:

- metodologías comunes para valorar los impactos de los incendios forestales (estándares para inventarios de incendios forestales / estadística; algoritmos comunes para la aplicación de herramientas de teledetección)
- Valoraciones regulares nacionales de impacto de los incendios forestales como parte de los inventarios globales de incendios forestales
- Estándares para valorar los daños económicos
- Papel de la protección sostenible contra los incendios de vegetación en el mercado comercial del carbón
- Estrategias de mitigación y metodologías contra los incendios forestales en las áreas de contacto con las zonas urbanas en países industrializados; incluyendo educación
- Fomentar el fortalecimiento institucional y de la legislación para la protección sostenible de la lucha contra los incendios en los países en vías de desarrollo
- Capacidades de las comunidades locales en la preparación, prevención y extinción de incendios, y en la recuperación de las zonas quemadas.
- Formación avanzada de alto nivel en la protección cooperativa contra incendios forestales a nivel internacional a través de la Universidad, Instituto para el Medio Ambiente y Seguridad Humana, de las Naciones Unidas.

La nueva disposición de la Red Global de Incendios Forestales, posibilitará las recomendaciones de la Cumbre Internacional sobre Incendios Forestales, incluyendo las conferencias que precedieron a la cumbre, y las recomendaciones de la Reunión Ministerial 2005 en la sede de la FAO en Roma para

- Realizar la Valoración Global de Incendios Forestales 2005 conjuntamente con la FAO, GFMC y GOFC-GOLD
- Reclutar agencias y organizaciones internacionales y programas adicionales, para financiar la Red Global de Incendios Forestales
- Preparar un documento introductorio para la Asamblea General de la ONU que busque el apoyo de los países para reforzar la cooperación internacional en respuesta a desastres causados por incendios forestales y la mitigación tras los incendios

Para lograr estos objetivos es esencial que funcionen simultáneamente acuerdos formales e informales. Sin embargo, los mandatos de las agencias, programas y convenciones de las Naciones Unidas, requieren la dirección del sistema de la ONU. El ISDR está disponible como plataforma internacional, interagencias e intersectorial, y contará con el apoyo del grupo asesor de incendios forestales UN-ISDR.

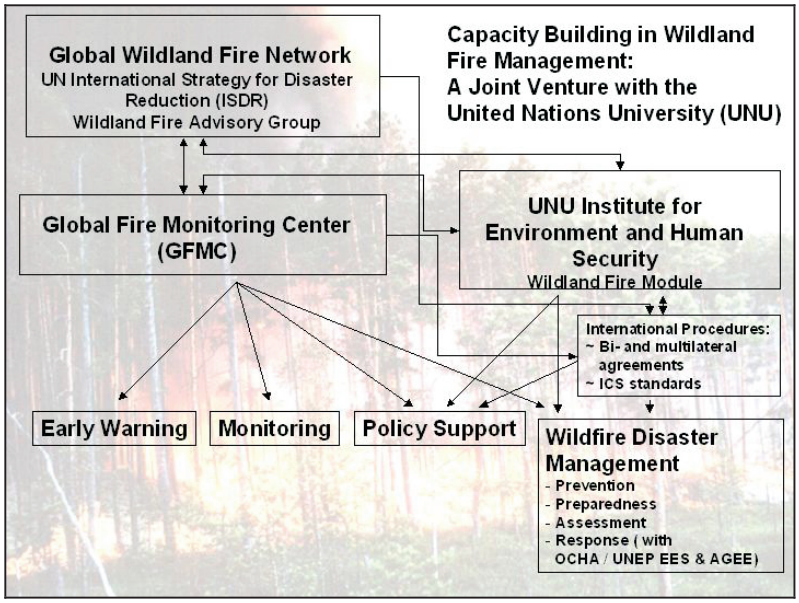


Figura 3—Modelo de acuerdos de cooperación entre la Red Global de Incendios Forestales y la Universidad de las Naciones Unidas para una creación de capacidad de alto nivel capacidad en la gestión de incendios forestales.

Conclusiones y perspectivas

Durante el periodo 2000 a 2005 se han iniciado diversos acuerdos de cooperación bilaterales e internacionales en el campo de la gestión sostenible de incendios forestales. Existe un fuerte consenso a nivel internacional para seguir fomentando programas informales y formales de cooperación. La FAO ha apoyado un gran número de proyectos bilaterales y multilaterales (a través de Proyectos Técnicos de

Cooperación [TCPs]), la Organización Internacional de Maderas Tropicales (ITTO), los EEUU (a través de agencias incluyendo U.S. Forest Service, la Bureau of Land Management, la U.S. Agency for International Development, la Office for Foreign Disaster Assistance), Canadá, Australia, Alemania (a través de la Agencia Alemana para Cooperación Técnica [GTZ]), y otros países. El gran número de acuerdos bilaterales entre países que comparten una frontera común o un sistema común de gestión de desastres (p. ej., el ICS) indican la voluntad de las naciones de ofrecer y compartir recursos.

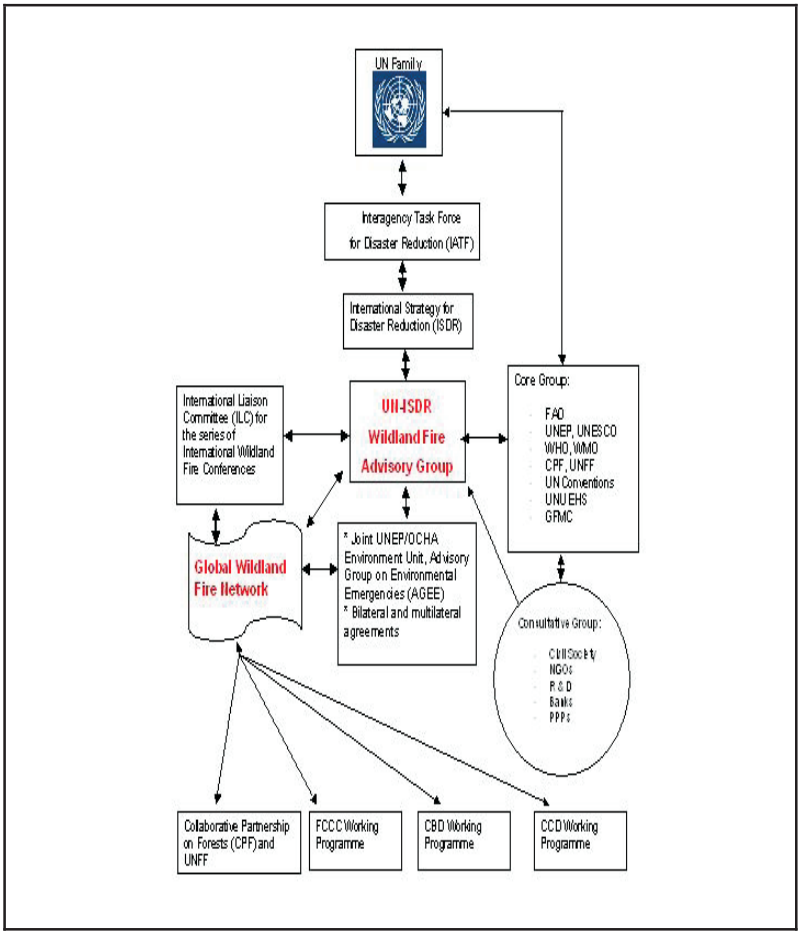


Figura 4—Esquema provisional de las relaciones de cooperación entre el Grupo Asesor de Incendios Forestales, la Red Global de Incendios Forestales y el Comité Internacional de Enlace de la serie de Conferencias Internacionales sobre Incendios Forestales.

Las Naciones Unidas han reconocido la importancia de los incendios forestales en los procesos globales de cambio y han ofrecido un enfoque interagencia para la armonización internacional de esfuerzos para la reducción de las consecuencias negativas de los incendios forestales, de los incendios por uso del terreno y de otros incendios excesivos. Las razones para el aumento de degradación de la vegetación por incendios y el aumento de la vulnerabilidad de los sistemas de vegetación y humanos a

los incendios forestales, así como las causas subyacentes de un exceso de fuegos, son complejas. Las soluciones para una gestión sostenible de los incendios debe abordar un amplio espectro de factores que contribuyen a su desarrollo. La demografía, la pobreza, la inestabilidad social y política, y las consecuencias de la globalización económica forman parte de este desarrollo, y es difícil abordarlos con medidas únicas o sectoriales.

Anexos

Los anexos I y II citados en esta versión española del artículo se incluyen en la versión original (Inglés) de este artículo.

Referencias

Centro Global de Vigilancia de Incendios (GFMC)

http://www.fire.uni-freiburg.de/

Grupo Asesor de Incendios Forestales UN-ISDR

http://www.unisdr.org/eng/task%20force/tf-working-groups4-eng.htm

Red Global de Incendios Forestales

http://www.fire.uni-freiburg.de/GlobalNetworks/globalNet.html

Cumbre Internacional sobre Incendios Forestales

http://www.fire.uni-freiburg.de/summit-2003/introduction.htm

Global Observation of Forest Cover / Global Observation of Landcover

Dynamics (GOFC/GOLD) - Fire Mapping and Monitoring

http://gofc-fire.umd.edu/

Convención sobre la diversidad biológica

http://www.fire.uni-freiburg.de/programmes/un/cbd.htm

FAO Fire y FAO Global Forest Fire Assessment 1990-2000

www.fao.org/forestry/site/11481/en

http://www.fire.uni-freiburg.de/programmes/un/fao/Wp55_eng.pdf

Unidad Conjunta de Medio ambiente UNEP/OCHA /

WSSD Asociación para Emergencias Ambientales

http://www.reliefweb.int/ochaunep/

http://www.reliefweb.int/ochaunep/tools/wssd.htm

Directrices Sanitarias de la OMS sobre Eventos de Incendio de Vegetación

http://www.who.int/peh/air/vegetation_fires.htm

Páginas web sobre incendios forestales de la Organización Internacional de Maderas Tropicales (ITTO)

http://www.itto.or.jp/live/index.jsp

http://www.fire.uni-freiburg.de/programmes/itto/itto_start.htm

International Forest Fire News (IFFN)

Estimación del Impacto de la Proximidad de las Casas en los Costes de Extinción de los Incendios Forestales en Oregon y Washington[1]

Geoffrey H. Donovan,[2] Peter Noordijk,[2] Volker Radeloff[3]

Resumen

La relación entre el desarrollo de la interfase forestal y urbana (WUI) y los costes de extinción ha sido objeto de una atención creciente por parte de los que han elaborado la política en los últimos años; sin embargo, se han realizado pocos estudios empíricos para analizar esta cuestión. Se han utilizados los datos de 58 incendios forestales ocurridos en Oregon y Washington durante la época de incendios del año 2002 y los datos censados en el 2000 para examinar la relación entre la proximidad de las casas y los costes de extinción. Los resultados no reflejan relación alguna entre el total de casas o la densidad de las edificaciones y los costes de extinción. Los resultados no permitieron demostrar la relación entre el total o la densidad de las casa y el coste de extinción. Existen varias explicaciones posibles para justificar este resultado negativo.

Introducción

El coste creciente de extinción de los incendios forestales en fincas públicas de los Estados Unidos se ha atribuido a dos factores principales. Primero, los aumentos en la carga de combustible y los cambios de la estructura en pie han desembocado en los incendios forestales más devastadores que resultan más difíciles y costosos de extinguir (Arno and Brown 1991).En segundo lugar, el desarrollo de la interfase forestal y urbana (WUI) ha incrementado los bienes amenazados por los incendios forestales, exigiendo mayores gastos de extinción para proteger las estructuras (USDA 2003). Aunque existe un acuerdo tácito de que el incremento de las cantidades de combustible y de desarrollo de la WUI, han contribuido al aumento de los costes de extinción, (USDA Servicio Forestal 1995; USDA 2003), se ha hecho muy poco trabajo empírico para cuantificar el efecto de ambos. En esta ponencia se examina la importancia del segundo de estos dos factores—desarrollo en la WUI—mediante la estimación empírica del efecto de proximidad de las casas sobre los

[1] Una versión abreviada de esta ponencia se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía de los programs de protección contra incendios forestales: una visión global, 19–22 Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] Ingeniero de Montes Investigador y Técnico en Ciencias Sociales respectivamente, Servicio Forestal, PNW Centro de Investigación, 620 SW Main, Suite 400, Portland, OR, 97205. (503) 808-2043 gdonovan@fs.fed.us.

[3] Profesor Adjunto , Departamento de Ecología y Gestión Forestal, Universidad de Wisconsin, Madison, WI, radeloff@wisc.edu.

costes de extinción de los incendios forestales. Nuestra hipótesis consiste en decir que de existir un mayor número de casas en la proximidad de los incendios forestales, la extinción de los incendios forestales será más costosa porque los responsables de la protección contra incendios tendrán que utilizar más recursos para proteger las casas amenazadas.

Muy pocos estudios en la literatura sobre la economía del fuego han considerado empíricamente los factores que influyen en los costes de extinción de incendios, sin embargo, algunos estudios, han analizado el coste de los diferentes componentes de una organización sobre incendios forestales. González-Cabán (1983) desarrolló un modelo de estimación de los costes de extinción basándose en la cantidad y tipo de recursos utilizados para luchar contra el fuego. González-Cabán y otros (1984) utilizaron un enfoque de coste-conjunto para calcular el coste de las brigadas con herramientas manuales, vehículos contra incendios, paracaidistas, buldózeres. Los autores descubrieron una considerable diferencia en la estimación del coste de los recursos tanto a nivel de los incendios como a nivel de las diferentes regiones del país.

Aunque se ha hecho muy poco trabajo empírico sobre los factores que influyen en los costes de extinción de incendios forestales, varios autores han estudiado las determinantes de los costes de las quemas prescritas. En un trabajo preliminar, Rich (1984) analizaba los costes de la quema prescrita en 1982 en el Distrito de Powell del Monte Nacional de Clearwater en Idaho. Investigó tanto los factores de gestión como las características físicas del lugar incluyendo, el aspecto, la pendiente, la elevación, los restos de arbolados, los combustibles y otros rasgos topográficos. Rich llegó a la conclusión de que los factores de gestión tienen una mayor influencia sobre los costes que los factores físicos. Un estudio de seguimiento ((Rich 1989) que contemplaba una información similar del Distrito Powel entre 1982 y 1985 corroboró su conclusión de que las variables de gestión tienen una mayor influencia sobre el coste de la quema prescrita que sobre las variables físicas. Jackson y otros (Jackson, Flowers y otros 1982) estudiaron el coste total del proyecto y el coste por acre de las quemas prescritas para mejorar el hábitat de la fauna. El resultado fue que los factores tanto físicos como de gestión eran significativos, y que existía una economía de escala cuando el incendio se propagaba.

Cleaves y Brodie (1990) analizaron el factor económico de la quema prescrita, centrándose en los beneficios, coste y riesgos de la quema prescrita. Llegaron a la conclusión de que los combustibles, la topografía, los factores climáticos, el objetivo de la gestión y el volumen y la forma de la unidad representaban influencias importantes sobre el coste de los proyectos de quemas prescritas. Subrayaron también, el impacto que puede tener el riesgo sobre el coste de la quema incluyendo el riesgo de desbordamiento del fuego, el riesgo de las interferencias del humo en las zonas colindantes, y la percepción del riesgo por parte del gestor. Como conclusión, señalan la necesidad de hacer un registro fiable de los diferentes costes para futuros análisis económicos de la quema prescrita.

Cleaves y otros (2000) analizaron las tendencias y repercusiones sobre el coste de las quemas prescritas en el Sistema Forestal Nacional durante el periodo 1985 –1994. Mediante un estudio metodológico, se pidió a los gestores una lista, por orden de magnitud, de los diferentes factores que repercuten sobre el coste de la quema prescrita: tamaño y forma de la unidad, cumplimiento de las leyes y normas medioambientales,

coste y disponibilidad de mano de obra, coste y disponibilidad de un seguro, responsabilidad, desarrollo de la zona residencial, seguridad de las cuadrillas, factores climáticos, cumplimiento de las múltiples condiciones y protecciones para minimizar que el fuego desborde el ataque inicial. A nivel nacional, los gestores clasificaron el tamaño de la unidad y el coste y disponibilidad de la mano de obra como los factores que más repercuten en el coste. Las precauciones para minimizar los desbordamientos del fuego figuran en el tercer lugar de la clasificación, y, en cuarto lugar, el respeto de las leyes y las normas medioambientales. En el Pacífico Noroeste, el tamaño de la unidad, el coste y la disponibilidad de mano de obra, y el respeto de las leyes y normas medioambientales figuraban entre las más importantes. . La forma de la unidad y la necesidad de alcanzar múltiples condiciones figuran también entre los factores más importantes de la región. La disponibilidad de seguros a terceros y las políticas de la Agencia sobre la asunción de riesgo, merecieron los puestos más bajos en todas las regiones.

Rideout y Omi (1995) utilizaron la base de datos del Servicio Nacional de Parques para hacer una estimación de los modelos de coste de las quemas prescritas.

Sus datos incluían información sobre: tamaño del proyecto, tipo de combustible, tipo de proyecto, mandato administrativo o legislativo, grado de complejidad del incendio y clasificación según los valores de los recursos naturales, importancia histórica y hábitat de la fauna. Utilizando un modelo constante de elasticidad de la disminución del coste con incrementos en la escala, encontraron que el coste de los tratamientos del combustible variaban según dos objetivos de gestión, mantenimiento o recuperación los ecosistemas y reducción los combustibles peligrosos. Se logró una mayor precisión en la estimación de los costes del tratamiento tradicional para la reducción de riesgos en comparación con el tratamiento de gestión del ecosistema.

En resumen, se ha insistido poco en la identificación de las determinantes del coste de supresión. Muchos estudios han analizado los factores que intervienen en los costes de la quema prescrita, resultando que el tamaño del tratamiento del modelo de combustible, los objetivos de gestión y el coste y disponibilidad de la mano de obra pueden incidir en el coste del tratamiento.

Métodos

Para poder comparar el coste de extinción del incendio forestal con la proximidad del fuego a las casas, se requiere una información espacial sobre la zona quemada por el incendio forestal y la densidad de las edificaciones. Los datos espaciales de la zona quemada por incendios forestales proceden de los Servicios Forestales de USDA de la Región 6 (Oregon y Washington).

Los responsables de la gestión ordenada del fuego crearon una capa GIS de la zona arrasada por 58 de los más devastadores incendios forestales que se produjeron en Oregon y Washington durante la época de incendios 2002. El tamaño de estos fuegos oscilaba entre 25 y 499,570 acres. La capa GIS se superpuso sobre otra capa GIS de densidad de las edificaciones en Estados Unidos- resultante de los datos del censo del año 2000 – lo que permite calcular la densidad de las edificaciones y el número total de casas comprendidas en el perímetro de cada uno de los incendios forestales. Sin embargo, el total de las casas comprendidas en el perímetro final de un incendio forestal, no abarca totalmente el efecto de la densidad de las casas con respecto al coste de la extinción. Aunque un incendio forestal pueda sólo destruir un reducido número de casas, puede amenazar a otras muchas más, afectando así a la estrategia de extinción de los responsables de la gestión ordenada del incendio y por ende a los costes de extinción. Para

estimar la influencia de las casas no destruidas pero sí amenazadas por el incendio forestal, hacemos un cálculo con círculos progresivamente mayores (2, 5, 10 y 20 millas) alrededor del perímetro de cada incendio forestal.. Conceptualmente, estas variables pueden considerarse como variables espaciales de desfase.

Aunque las viviendas constituyen el principal objetivo de esta ponencia, también existen otros factores capaces de repercutir sobre los costes de extinción. Por eso se incluyen en el análisis de las variables siguientes: 100 horas de humedad del combustible; tamaño del incendio, una variable binaria para indicar si el Director Técnico del Incendio clasificó el terreno como de extrema dificultad; y el número de acres incontrolados que se quemaron en Oregon y Washington el día que empezó el incendio. Esta última variable, pretendía captar la relativa escasez de recursos para la extinción; dedujimos que de haber coincidido con otros grandes incendios en la región en el momento de declararse el incendio, podría haberse carecido de algunos recursos de extinción lo que podía afectar a los costes. Los datos sobre el coste de extinción se obtuvieron de los 209 formularios que los responsables de la gestión ordenada de incendios deben cumplimentar a diario durante un incendio forestal grave.

Resultados

Las anteriores variables de dependencia se tradujeron en un coste total de extinción (tabla 1)

Variable	Coeficiente	Error Estad.	t-stat	Prob.
Interceptación	-129,522	1,441,778	-0.0898	0.929
Tamaño del incendio	291	14.8	19.6	0.000
Terreno accidentado	7,277,264	2,487,116	2.93	0.0059
Ajuste R-al cuadrado	0.926			

Tabla 1--Resultados de la regresión— tamaño del fuego y terreno accidentado relacionado con el coste total de la extinción. No es sorprendente que la determinante más significativa del coste total de la extinción sea el tamaño del incendio. La única variable significativa además de ésta es la variable binaria que indica si los responsables de la gestión ordenada del fuego fueron conscientes de que se trataba de un terreno donde el fuego iba a ser devastador. El coeficiente positivo sobre la variable del lo accidentado del terreno indica que los incendios que arden en estas circunstancias son más caros de extinguir.

En contraste con el tamaño del incendio y la variable de lo accidentado del terreno, ninguna de las variables del total de edificaciones o de la densidad de las casas fueron significativas. Además, las transformaciones estándar (troza natural, cuadrático, etc.) no mejoraron la explicación de ninguna de las variables del total edificado, ni de la densidad de las casa. Las variables de 100 horas de humedad de combustible y de escasez de recursos tampoco fueron significativos.

Para determinar si las variables de las edificaciones se explican mejor por acres en comparación con los costes totales, el modelo antes descrito se valoró nuevamente con el coste por acre como la variable dependiente. Al igual que ocurrió con el modelo del coste total, ninguna de las variables de las edificaciones o variables

transformadas eran significativas. Igualmente, todas las demás variables, incluyendo la del tamaño del incendio y la variable de lo accidentado del terreno, no fueron significativas.

Debate

El objetivo de esta ponencia es determinar si la proximidad de las casas influye en el coste de la extinción de los incendios forestales. Los datos se sacaron de la época de incendios de 2002 en Oregon y Washington y del censo del año 2000. Los resultados muestran que ni el total edificado ni la densidad de las casas explican ninguna de las variaciones observadas en los costes de extinción. Las únicas variables que mostraron su repercusión sobre el coste de extinción son el tamaño del incendio y la variable binaria que denotaba lo accidentado del terreno. El análisis del coste por acre no reflejó variable significativa alguna. Convendría interpretar cuidadosamente la incidencia del tamaño del incendio sobre el coste de su extinción.

El tamaño del incendio no es una variable exógena, sino que más bien el coste de extinción y el tamaño del incendio se determinan simultáneamente.

La incapacidad del análisis de mostrar una relación significativa entre las edificaciones y el coste de la extinción puede deberse a varios motivos. Un factor puede ser que la muestra de 58 incendios sea relativamente reducida; una serie más amplia de datos podría darnos unos resultados más significativos.

Otro factor que podría ser importante es la correlación entre densidad de las construcciones y densidad vial. Las zonas más densamente edificadas suelen disponer de mejores accesos por carretera lo que permite a los bomberos llegar al incendio con mayor rapidez y con recursos terrestres más económicos y no tener que contar con recursos aéreos más onerosos. Por lo tanto, aunque las edificaciones pueden repercutir en los costes de extinción, este efecto puede compensarse con unos mejores accesos.

Es posible que las edificaciones incidan en el coste de extinción; posiblemente la razón por la que este efecto no ha sido identificado se debe a que la muestra no contenía ningún ejemplo de una situación diferente. En una región como el Pacífico Noroeste, si se dan las condiciones de un incendio de proporciones devastadoras (calor, sequía, factores climáticos, bajo índice de humedad en el combustible) todos los incendios pueden constituir una amenaza para las edificaciones. O sea que la región tiene una densidad de población suficiente como para que, al declararse el incendio, haya casas en peligro y los responsables de la gestión ordenada de los incendios deberán ocuparse por lo tanto de extinguir los incendios forestales.

La ausencia de toda variable significativa en el modelo de coste por acre puede deberse a varias causas. Como sucede con el modelo de coste total, el tamaño de la muestra puede haber contribuido a la ausencia de significado o simplemente no hemos seleccionado las variables correctas. También es posible que el coste por acre de un incendio forestal, esté determinado por factores exclusivos del incendio y que las variables comunes a todos los incendios carezcan de importancia relativa. Si tal fuera el caso, esto tendría implicaciones políticas importantes. Habría que tener cuidado a la hora de diseñar políticas para controlar los costes de extinción. Si es verdad que los costes por acre están ampliamente determinados por factores exclusivos de un incendio dado, en tal caso el enfoque genérico a la contención de costes sería inapropiado e puede que también ineficaz. Podría ser muy útil enfocar los

futuros trabajos en valorar la importancia de estos factores únicos. Por ejemplo, hasta ahora no se ha hecho ningún trabajo sobre la influencia del nivel de aversión al riesgo de un responsable de la gestión ordenada de incendios sobre el coste. Además, cada responsable tendrá distintas estrategias para gestionar incendios forestales similares, y sería útil determinar si estas diferencias de estrategias corresponden a diferencias sistemáticas en los costes de extinción.

Referencias

Arno, S. F. and J. K. Brown (1991). "Overcoming the paradox in managing wildland fire." Western wildfire 17(1): 40-46.

Cleaves, D. A. and J. D. Brodie (1990). Economic analysis of prescribed burning. Natural and prescribed fire in the pacific norhtwest forests. J. D. Walstad and e. al. Corvallis, OR, Oregon State University Press: 271-282.

Cleaves, D. A., T. K. Haines, et al. (2000). Influences on prescribed burning activity in the national forest system. Fire and forest ecology: innovative silviculture and vegetation management, Tallahassee FL.

González-Cabán, A. (1983). Economic cost of intial attack and large-fire suppression, USDA Forest Service, PSW Research Station: 7.

González-Cabán, A., C. W. McKetta, et al. (1984). Costs of fire suppression forces based on cost-aggregation approach, USDA Forest Service, PSW Research Station: 16.

Jackson, D. H., P. Flowers, et al. (1982). "Predicting prescribed fire burning costs of wildlife habitat management." Fire Management Notes 43(4): 20-22.

Rich, T. (1984). Sources of costs associated with prescribed burning on the Powell Ranger District. Moscow, University of Idaho: 56.

Rich, T. (1989). Prescribed fire burning cost variability--an analysis of four years of cost data on the Powell Ranger District, Clearwater National Forest. Prescribed fire in the intermountain region, Missoula, MT.

Rideout, D. B. and P. N. Omi (1995). "Estimating the cost of fuel treatment." Forest Science 41(4): 664-674.

USDA Forest Service, F. a. A. M. (1995). Fire suppression costs on large fires. A review of the 1994 fire season. Washington D.C.

USDA, F. S. (2003). Large fire cost reduction action plan. Washington D.C., USDA Forest Service: 24.

Sistema de Evaluación de la Respuesta Inicial al Peligro de Incendios: Una Herramienta para la Planificación en la Preparación de la Lucha contra Incendios[1]

Marc R. Wiitala,[1] Andy E. Wilson[2]

Resumen

Los últimos avances en investigación operativa e informática presentan nuevas oportunidades para mejorar las herramientas para planificar los incendios forestales en la pretemporada. En esta ponencia describimos el Sistema de Evaluación de Respuesta Inicial al Incendio Forestal (WIRAS), un modelo de situación estocástico que incorpora muchos avances técnicos recientes y está proyectado para representar lo más exactamente posible las dinámicas del incendio y la extinción de éste. Este modelo de simulación por ordenador proporciona a los gestores de la lucha contra incendios una herramienta muy útil para examinar las características operativas y de rendimiento de su capacidad para el ataque inicial a fin de planificar las organizaciones de protección apropiadas en la pretemporada.

Introducción

El Laboratorio de Incendios Forestales en Riverside, California está desarrollando un modelo nuevo de planificación en la pre-extinción de incendios forestales. Este modelo está construido basándose en los conocimientos obtenidos en los desarrollos previos (Bratten y otros, 1981; Fried y Gilless, 1999; Martel y otros, 1984; McAlpine y Hirsch, 1999, y Wiitala, 1998). El modelo, el sistema de evaluación de la Respuesta Inicial en los incendios forestales (WIRAS) incorpora muchos avances recientes en las tecnologías de investigación operativa y adopta varios enfoques en le proyecto del modelo. En la construcción de WIRAS, la intención era representar lo más exactamente posible la dinámica del incendio y las características de despliegue en los recursos de extinción en muchos programas de protección federal y estatal del Oeste de EEUU. La estrecha correspondencia del modelo con la realidad proporciona un sistema eficaz de apoyo en la toma de decisiones a fin de ayudar a los gestores y planificadores de incendios a determinar mejor el tamaño apropiado, la localización, la composición y el uso de los programas de ataque inicial controlado localmente, así como evaluar los programas de recursos aéreos compartidos a nivel nacional. Esta ponencia ofrece una visión global de WIRAS.

---

[1] Una versión abreviada de esta ponencia se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía de los programas de protección contra incendios forestales: una visión global, 19 a 22 Abril, 2004, Córdoba, España.

[2] Operations Research Analyst and Resource Information Specialist, Forestry Sciences Laboratory, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, 620 SW Main Street, Suite 400, Portland, OR 97205; email: mrwiitala@fs.fed.us; email: aewilson@fs.fed.us.

Aproximación a la construcción del modelo

El entorno del desarrollo del modelo son las zonas forestales federales protegidas en el Oeste de EEUU. La variabilidad en el tiempo e intensidad de los ataques del fuego en este entorno pueden tener un efecto profundo sobre los rendimientos de las distintas organizaciones de pre-extinción. Según esta variabilidad, así como otras incertidumbres de las operaciones y del Medio Ambiente, seleccionamos una simulación estocástica, de acontecimientos discretos, como metodología de modelo apropiada para proyectar WIRAS. Para construir el modelo, adoptamos un enfoque orientado hacia el proceso (Law y Kelton, 1991) utilizando una variante mejorada del lenguaje de simulación de acontecimientos discretos Sistema de Simulación de Objetivos Generales (Henrikse y Crain, 1989)

Estructura del Modelo

WIRAS se distingue de otros modelos por su capacidad de planificar programas de preparación para los incendios a nivel local y nacional. También es pionero en su capacidad de realizar una planificación local en el contexto de los incendios a nivel nacional. Este enfoque incorporado a la planificación permite a los planificadores de incendios proyectar un programa de ataque inicial, teniendo en cuenta su acceso a los recursos aéreos compartidos a nivel nacional.

Desde un punto de vista del proceso, WIRAS simula el despliegue y recuperación de los recurso terrestres y aéreos en respuesta a una secuencia anual de incendios únicos en su comportamiento, localización y momento de llegada (Fig. 1) Inicialmente WIRAS envía recursos de extinción disponibles a nivel local y nacional desde las centrales a los incendios, según unas normas definidas por el usuario y teniendo en cuenta ¡las limitaciones de despliegue. Tal como ocurre a nivel operativo, cuando el primer recurso llega al incendio, el modelo de simulación, basándose en su observación del comportamiento del incendio, se reevalúan las necesidades de personal para solicitar unidades adicionales de extinción o devolver algunas delas que están en camino hacia el incendio. Cuando se extingue un incendio, o existe un escape del ataque inicial, el modelo de simulación reenvía los recursos de extinción del ataque inicial a su base para volver a mandarlo al día siguiente, si es necesario. Excepcionalmente, WIRAS reenviará recursos terrestres a incendios que necesiten personal el mismo días si el tiempo lo permitiera.

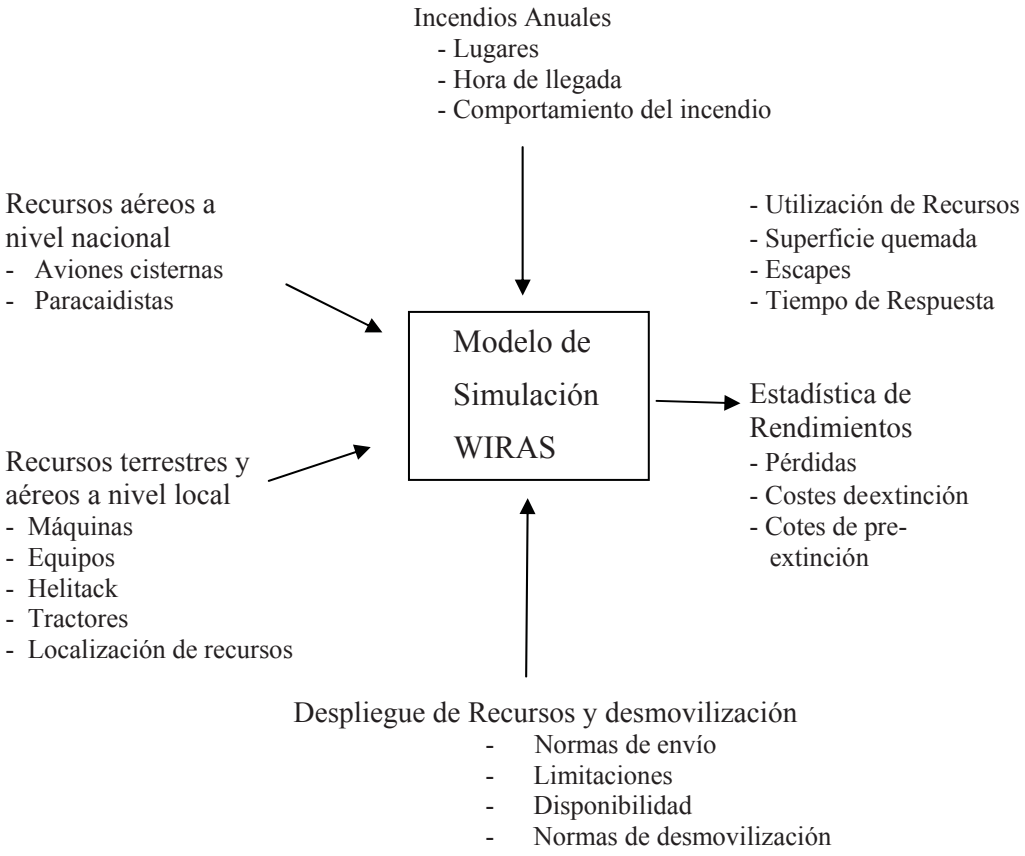


Figura 1—*Visión de conjunto WIRAS*

Recursos de Extinción

WIRAS gestiona cuatro tipos de recursos de respuesta inicial. Tres de ellos son elementos de extinción transportados por aire: aviones cisterna, productos para retrasar el fuego, paracaidistas, y cuadrillas enviadas por helicóptero así como abastecimiento de agua. El cuarto tipo, los recursos terrestres incluyen generalmente máquinas, cuadrillas, tractores y dispensadores de agua. Cada categoría de los recursos de extinción está proyectada para hacer frente a operaciones muy importantes y distintas entre sí (Wiitala, 1998; Wiitala y Dammann, 2003)

Pruebas del Rendimiento del Programa

Generalmente WIRAS realiza pruebas de rendimiento de un ataque inicial organizado contra una serie de temporadas históricas de incendio. El envío de recursos es controlado a través de un sistema de variables Booleanas que imita las normas y prioridades que dirige las políticas pre-planificadas de envío de unidades administrativas. El modelo está diseñado para favorecer el envío de respuesta más rápida, con recursos locales terrestres suponiendo que éstos puedan llegar al incendio dentro de un plazo de tiempo razonable; de lo contrario, el modelo intenta enviar bomberos por vía aérea. Los primeros bomberos en llegar al incendio reevalúan las

necesidades de personal planificado de ante mano para ver si es suficiente y determinan la necesidad de envío de elementos para retrasar el incendio.

Algunos de los argumentos de la variables Booleanas reflejan los tipos de información que sueles estar a disposición de los que toman las decisiones de despliegue. El modelo de simulación mantiene y actualiza las variables que corresponden a estos argumentos a nivel estatal. Este sistema de variables Booleanas es suficientemente flexible como para permitir a los planificadores establecer, en el modelo de simulación, las condiciones para enviar recursos terrestres basándose en las horas de ataque, potencial de comportamiento del fuego, y los objetivos de protección.

Cálculos de tiempo de viaje

El proyecto WIRAS está realizando grandes esfuerzos para conseguir un modelo exacto de los tiempos de respuesta de los recursos de extinción. Esto es considerado crítico para conseguir un modelo adecuado del sistema de ataque inicial (Mess, 1986) El tiempo total de la respuesta, está formado por: las posibilidades de salida, de recargar, de repostar, y el tiempo empleado en el desplazamiento. El tiempo de desplazamiento es normalmente el componente más largo. Para el transporte aéreo, la distancia entre dos puntos y la media de velocidad se combinan para calcular los componentes de desplazamiento aéreo en el tiempo de respuesta. En cuanto a los bomberos, enviados por vía aérea, se incluye el tiempo de aterrizaje y de desplazamiento por tierra en el tiempo total de respuesta. En cuanto a los aviones cisterna, el tiempo de recarga y el de repostar combustible se añade a los tiempos de respuesta. Además, WIRAS tiene un modelo de embotellamiento para las bases de los aviones cisterna durante los periodos de gran actividad de incendios lo cual puede provocar los tiempos de respuesta cuando los aviones cisterna tienen que esperar un tiempo para recargar.

El proyecto está avanzando mucho a fin de desarrollar mejores métodos para estimar el tiempo de viaje terrestre de los recursos, lo cual incluye el viaje del vehículo a lo largo de una red de carreteras y caminos. Estos esfuerzos implican el desarrollo de un algoritmo que calcule eficazmente la ruta de menor coste a fin de calcular rápidamente los tiempos de viaje a lo largo de un paisaje (Hatfield y otros, estas actas) Se está realizando un estudio de los tiempos de viaje de los recursos terrestres a fin de recoger información empírica para validar el algoritmo de la ruta del menor coste y cuantificar los componentes aleatorios adicionales del tiempo empleado en el desplazamiento (Wilson y Wiitala, 2003) el modelo de simulación actualmente integra el algoritmo de tiempo de desplazamiento para calcular el tiempo de desplazamiento de los recursos terrestres de cualquier localización terrestre de recursos a otro punto. Este algoritmo resulta particularmente valioso cuando permite a WIRAS imitar prácticas operativas reales, durante una simulación cuando el recurso terrestre está siendo desplazado hacia el incendio y está disponible para enviarlo a otro. En este punto de la simulación, el algoritmo de ruta de menor coste puede determinar la localización actual del recurso, y calcular los tiempos de respuesta a todos los incendios que lo exijan a fin de decidir el mejor plan para su reenvio.

Producción del Modelo

Los modelos de simulación de acontecimientos discretos tienen una gran capacidad para recoger grandes cantidades de información sobre las condiciones y el rendimiento del sistema en el transcurso de una simulación. WIRAS no es una excepción a esto. Los ejemplo de las estadísticas anuales recogidas por WIRAS incluyen: extensión quemada por la intensidad el fuego para incendios extinguidos y sus escapes, cantidad de incendios con escapes a partir de la respuesta inicial, volumen del producto aplicado para retrasar el fuego, horas de vuelo para los recursos aéreos, envío de recurso y listas de llegada para cada incendio, y tiempo de extinción del incendio y distribuciones por tamaño.

WIRAS también realiza un seguimiento de la frecuencia anual de envíos que es un modelo importante de producción que puede ayudar a los planificadores a evaluar los recursos de extinción y basar su utilización para mejorar el rendimiento y eficacia del programa. Los recursos sub-utilizados de extinción son candidatos adecuados para el reenvío o la eliminación. Las estadísticas de la utilización pueden ayudar a identificar las oportunidades de envío a bases cercanas.

WIRAS también realiza el seguimiento para identificar los posibles embotellamientos en algunos procesos de entrega de servicios. Por ejemplo, la información sobre la frecuencia y el tiempo en que los aviones cisterna deben esperar para recargar productos que retrasen el incendio, permite a los planificadores evaluar la necesidad y la rentabilidad de aumentar o reducir los servicios del avión cisterna.

Las estadísticas operativas y de rendimiento producidas por WIRAS proporcionan una base para examinar las compensaciones económicas entre los costes medios de extinción de incendios anuales y la pérdida de recursos naturales y el coste de organizar una extinción alternativa en la temporada previa (Fig. 2)

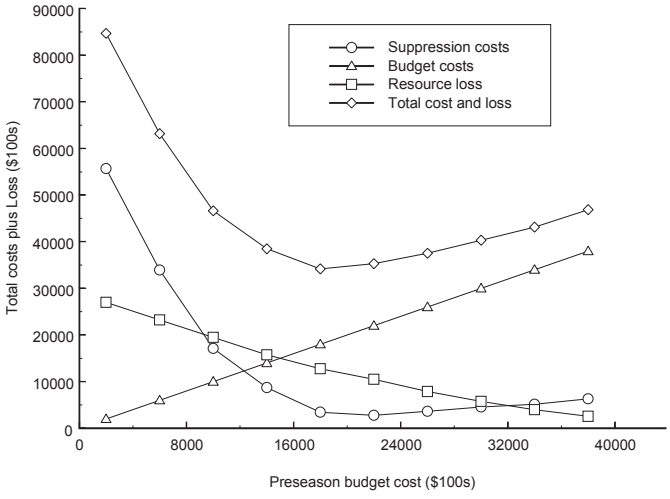


Figura 2—*Compensaciones económicas asociadas con los niveles presupuestarios alternativos de pre-extinción*

Conclusiones

La simulación estocástica de acontecimientos discretos proporciona un método muy eficaz de investigación operativa a fin de construir herramientas de apoyo a las decisiones para planificar sistemas muy complejos de entrega de servicios para el ataque inicial. Teniendo en cuenta el análisis de los sistemas en el diseño de WIRAS, el modelo de simulación de ataque inicial que se obtiene puede abordar una gama amplia de cuestiones programáticas y políticas que antes no se podía realizar con otras tecnologías de planificación de incendios. Los planificadores de incendios no sólo pueden utilizar WIRAS para determinar la mejor composición de programa, sino que también que pueden utilizarlo para mejorar su despliegue de recursos y envío de directrices –a nivel local, regional y nacional.

Agradecimientos

El proyecto WIRAS es financiado en parte por el Plan Nacional de Incendios.

References

Bratten, Frederick W., James B. Davis, George T. Flatman, Jerold W. Keith, Stanley R. Rapp, Theodore G. Storey. 1981. FOCUS: a fire management planning system—final report. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-49. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture. 33 p.

Fried, Jerome S., and J. Keith Gilless. 1999. The California Fire Economics Simulator: Version 2 User's Guide. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources Publication 21580.

Henriksen, James O., and Robert C. Crain. 1989. GPSS/H Reference Manual. Third edition. Wolverine Software Corporation. Annandale, Virginia.

Law, Averill M., and W. David Kelton. 1991. Simulation modeling and analysis. McGraw-Hill, Inc., New York. 759 p.

Martell, David L., Robert J. Drysdale, Glenn E. Doan, and David Boychuk. 1984. An evaluation of forest fire initial attack resources. Interfaces 14(5), 20-32.

McAlpine, Robert. S. and Kelvin. G. Hirsch. 1999. An overview of LEOPARDS: The level of protect analysis system. The Forestry Chronicle 75(4): 615-621.

Mees, Romain M. 1986. Locating suppression resources by travel time to wildfires. Res. Note PSW-387. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. 5 p.

Wiitala, Marc R. 1998. Modeling the spatial and temporal dynamics of initial attack fire suppression using GPSS. In: Proceedings of the III international conference on forest fire research and 14th conference on fire and forest meteorology, 1998 November 16-20, Lusco-Coimbra, Portugal. 2389-2403.

Wiitala, Marc R., and Carl L. Dammann. 2003. Simulating a smokejumper service delivery system. Systems analysis in forest resources. In: Arthaud, G.J; Barrett, Tara M, eds. Proceedings of the eighth symposium held September 27-30, 2000, Snowmass Village, Colorado, U.S.A., , Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 71-79.

Wilson, Andrew E., and Marc R. Wiitala. 2003. Estimating travel times to forest-fires using resistance surfaces. Twenty-Third Annual ESRI International User Conference Proceedings, 7-11 July 2003, San Diego, California: Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, California; unpaginated CD-ROM.

Los Incendios Forestales en México y América Central[1]

Roberto Martínez Domínguez,[2] Dante Arturo Rodríguez Trejo[3]

Resumen

México y Centroamérica son ricos en biodiversidad y sustentan unos 73 000 000 ha forestales, incluyendo ecosistemas adaptados al fuego o influidos por éste. Sin embargo, debido al exceso de fuego con bases de pobreza y falta de cultura forestal, pues el 43% de las causas se relacionan con actividades agropecuarias, un promedio de 21 000 incendios afectan cada año 677 000 ha en la región. Durante 1998, unos 56 731 incendios afectaron 2 330 000 ha. Los incendios forestales contribuyen a la deforestación y a la contaminación, así como al cambio climático global, entre otros impactos negativos. Se cuenta con unos 17 500 combatientes permanentes en la región, y con diferentes niveles de recursos y tecnologías para las distintas tareas de manejo del fuego. En general, los recursos para la lucha contra los incendios forestales en la región son insuficientes, si bien se han presentado avances importantes en muchos casos, con relevante apoyo de varios países. No obstante, el escenario futuro es de más incendios. Se hace necesaria la intensificación de la colaboración internacional, así como la búsqueda de esquemas de financiamiento, para incrementar recursos humanos y materiales, capacitación, prevención, detección y combate de incendios. Otras actividades paralelas con potencial son el uso tecnologías agropecuarias alternativas en lugar del fuego, particularmente en los trópicos, y el manejo ecológico, integrado del fuego, en ecosistemas y localidades que se presten para ello, y con énfasis en la participación comunitaria, con el apoyo de universidades e institutos de investigación, y de agencias internacionales.

Introducción

México, Centroamérica y el Caribe, suman 29 países, con una superficie de 264 774 000 ha, de las cuales 79 443 000 ha (30 por ciento) representan su superficie forestal. La tasa de deforestación es variable por país, aunque generalmente es alta. El promedio para la región es igual a 1 037 000 ha/año o 1.3 por ciento anual (FAO, 1999). La población es de 161 448 000 habitantes.

Sin embargo, nueve países: México, Belice, Guatemala, El Salvador, Nicaragua, honduras, Costa Rica, Panamá y Cuba, aglutinan casi el 96 por ciento de la superficie total, y casi 97 por ciento de la superficie forestal, así como el 85 por ciento de la población. En estos países se centrará la actual presentación principalmente.

---

[1] Una versión abreviada de este trabajo se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación, y economía de los programas de protección contra los incendios forestales: una visión global, 19–22 de Abril, Córdoba, España.

[2] Subdirector de Incendios Forestales, SEMARNAT-CONAFOR. Av. Progreso no. 5, México, D. F., MÉXICO. rmartinez@conafor.gob.mx.

[3] Profesor-Investigador. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Edo. de México, C.P. 56230, MÉXICO. dantearturo@yahoo.com.

El escenario natural

Dada la variación en topografía, con altitudes desde el nivel del mar hasta 5 700 m s. n. m., suelos, y climas, en la región existe tanto vegetación tropical (como el bosque tropical perennifolio, el bosque tropical subperennifolio, el bosque tropical caducifolio, o la sabana), como templado fría (bosques de pino, encino y oyamel, zacatales, pastizales alpinos) y de zonas semiáridas (matorrales espinosos, por ejemplo). Para México y Centroamérica se refieren 73 030 000 ha con bosques y plantaciones (tabla 1).

Tabla 1—*Recursos forestales en México y América Central.*

País	Superficie terrestre (1,000 ha)	Superficie con bosques y plantaciones (1,000 ha)	Biomasa de madera de bosques (ton/ha)
Belice	2,280	1,348	211
Costa Rica	5,106	1,968	220
El Salvador	2,072	121	202
Guatemala	10,843	850	371
Honduras	11,189	5,383	105
México	190,869	55,206	54
Nicaragua	12,140	3,278	161
Panamá	7,443	2,876	322
Total región	241,942	73,030	95
Total mundial	13,063,900	3,869,455	109

Fuente: FAO (2002).

La región es muy rica en biodiversidad. Conforma el "corredor biológico mesoamericano", con recursos naturales de importancia ambiental, social, cultural, científica y económica. Sin embargo, hay fuerte presión social por el crecimiento poblacional y las necesidades de subsistencia de la gente del campo. En años recientes se está dando mayor valor a estas áreas, por parte de la sociedad en general, vía la valoración por servicios ambientales, una mayor participación ciudadana y la creación e importancia de las organizaciones no gubernamentales. Sin embargo, se requiere de mayor cooperación internacional para fortalecer y consolidar los esfuerzos de los gobiernos para la protección de los ecosistemas forestales. Debe reconocerse que es importante la gestión regional que realizan CCAD-CCAB y CCAP, para la obtención de recursos de la comunidad internacional. Asimismo, falta

mayor impulso institucional y de recursos para la aplicación de políticas forestales ante el mayor problema ambiental que enfrenta la región: la deforestación y los incendios forestales.

En la región existe vegetación adaptada al fuego, con regímenes de incendios frecuentes (cada dos a 10 años) y poco intensos (superficiales), como en muchos pinares, diversos encinares, diversos palmares, pastizales, sabanas y humedales. También existe vegetación con regímenes píricos caracterizados por incendios relativamente frecuentes (cada 50 a 100 años), intensos, de copa, como el caso de muchos matorrales. Finalmente, están los regímenes catastróficos muy poco frecuentes, con incendios cada varios siglos, como los bosques de oyamel (con incendios de copa) y los bosques tropicales perennifolios (selvas altas) y subperennifolios (con incendios subterráneos o de copa).

A reserva de que es necesario mejorar la determinación de causas en la región, de 3 a 12 por ciento de la causalidad se debe a rayos. En el caso de México, se estima que la mitad de 32 tipos de vegetación, con el 58 por ciento de la superficie forestal, tiene regímenes de fuego con periodos de retorno de hasta 100 años.

Ejemplos de ecosistemas adaptados a incendios frecuentes en Centroamérica, son los de sabana, palmares, y pinares como *Pinus tropicales, P. oocarpa* y *P. caribaea*. En el caso de México, Rodríguez y Fulé (2003) señalan 35 especies de pino con diversas adaptaciones al fuego.

Historia de los incendios antrópicos en la región

Por su latitud, el primer sitio al que el hombre antiguo llegó fue lo que hoy es México, hace unos 40 000 años. De ahí siguió su marcha a lo que hoy son los otros países. Antiguamente usaba el fuego para abrirse paso entre la espesura o para facilitar la cacería o para atraerla a sitios con rebrotes. Con el descubrimiento de la agricultura en Mesoamérica hace varios miles de años, se da paso a otro uso del fuego, el de la limpieza de la cubierta forestal para establecer cultivos. Los Olmecas y los mayas, idearon hace unos 3 000 años un sistema agroforestal eficiente para las áreas tropicales, particularmente aquellas con suelos pedregosos y poco profundos: el tumba roza y quema, que en la actualidad y debido al aumento de la población y a la atomización de la tierra, ha visto reducido su periodo de barbecho o descanso de varias décadas a dos o tres años, convirtiéndose en importante agente deforestador y en riesgo de incendio en zonas tropicales. La posterior influencia europea incluye causas relacionadas con pastoreo y con el más intenso aprovechamiento de los bosques. Actualmente, prevalecen las mismas causas de incendio, las agropecuarias.

El factor social

En todos los países de la región hay una importante población rural, dedicada a actividades agrícolas, pecuarias y forestales. Sin embargo, los niveles de pobreza siempre han sido altos y tienden a aumentar. En la Conferencia Hemisférica sobre Reducción de Desastres, en Costa Rica, en el 2001, se señaló que de 1990 a 1999, la pobreza absoluta en América Latina incrementó de 200,000,000 a 225,000,000 de personas. El 20 por ciento en el intervalo superior de ingresos por hogar, gana 20 veces más que el 20 por ciento más pobre, convirtiendo a la región en el líder mundial en inequidad de ingresos. Ante la falta de opciones y de cultura forestal, los

cambios en el uso del suelo de forestal a agrícola, la quema de pastizales y bosques con fines de pastoreo (que en muchos casos se cataloga como sobre pastoreo), y los incendios originados a partir de quemas en terrenos agrícolas con fines de limpieza, fertilización y control de plagas, así como su aplicación del tumba roza y quema, son muy comunes y se erigen como el principal grupo causal de incendios forestales.

En México, 41 por ciento de la superficie afectada entre 32 estados corresponde a Chiapas y Oaxaca, que tienen de los dos más bajos índices de desarrollo humano en el país, incluyendo servicios, educación, y diferencias entre género.

Estadísticas de incendios

Cada año, en promedio, unos 21 000 incendios registrados afectan, también en promedio, unas 677 000 ha (32.2 ha/incendio). El peor año en la historia de la región ha sido 1998, con 56 731 incendios registrados sobre 2 330 000 ha (41 ha/incendio), esto es, el equivalente al 3 por ciento de la superficie forestal, y una superficie igual a 2.25 veces la tasa de deforestación anual media para la zona (tabla 2).

Tabla 2—*Número de incendios forestales y superficie afectada por incendios y quemas agropecuarias durante la histórica temporada 1998 en México y Centroamérica.*

País	Número de incendios	Superficie forestal afectada (ha)	Superficie afectada en quemas agropecuarias (ha)	Superficie total afectada (ha)
Belice	656	22,960	16,400	39,360
Costa Rica	1,511	52,885	37,775	90,660
El Salvador	227	7,945	5,675	13,620
Guatemala	10,906	381,710	272,500	654,210
Honduras	9,594	335,790	239,850	575,640
Nicaragua	15,196	531,860	379,900	911,760
México	14,445	849,632	4,288,670	5,139,302
Panamá	4,196	146,860	104,900	251,760
Total	56,731	2,329,642	5,345,670	7,676,312
Promedio 1998	7,091	291,205	668,209	959,539

Fuente: Taller de Incendios Forestales en Centroamérica. San pedro Sula, honduras, Junio de 1998.

La superficie agropecuaria afectada en ese mismo año fue del orden de 5 346 000 ha, para un total (incendios forestales más quemas agropecuarias) registrado de 7 680 000 ha bajo fuego, una superficie equivalente a poco más que la de todo Panamá.

A lo largo de los doce meses del año hay incendios en alguna parte de la región, si bien en la mayor parte la temporada abarca de enero a mayo. La mayor siniestralidad se presenta en el mes de abril.

Respecto a las causas, un promedio de 43 por ciento se relaciona con actividades agropecuarias (limpia de terrenos, quema de pastizales para promover emisión de rebrotes). Oros grupos causales importantes son fumadores, fogatas, quemas de basureros, quemas intencionales por litigios o por cazadores u otras razones, o para facilitar el cambio de uso del suelo, que cubren un promedio de 42 por ciento. Las causas naturales, los rayos, varían de 3 a 12 por ciento en los distintos países. Las actividades forestales y otras causas, incluidas las desconocidas, cubren el porcentaje restante.

Entre los impactos de los incendios forestales está la emisión de 1 000 000 ton CO_2/mes en promedio durante la temporada de incendios en las zonas tropicales de la región (Wei otros, 1990).

Prevención

La prevención física, la educativa y la legislativa se llevan a cabo con diferente intensidad en los distintos países del área. La distribución de afiches, folletos y material escolar con motivos preventivos, así como los mensajes en prensa, radio y televisión, además de documentales, son comunes, al igual que charlas con escolapios y capacitación y pláticas a comunidades rurales, incluidas las de alto riesgo. La apertura de brechas cortafuego es otra actividad común. En países como Honduras y México se llevan a cabo quemas prescritas.

Una muestra de esta actividad se presenta para México, con 1 423 acciones de difusión de la Norma Oficial Mexicana de Manejo del Fuego, 6 846 489 impresos, difusiones en televisión, radio o audiovisuales, 1 224 conferencias de prensa, radio, televisión, y boletines informativos, 4 359 acciones de extensión a comunidades rurales, 7 700 ha de quemas prescritas (principalmente líneas negras), 7 589 Km de apertura de brechas cortafuego y 6 656 Km de mantenimiento de brechas cortafuego.

Recursos para la lucha contra el fuego

En diferentes partes de la región se llevan a cabo parte o la totalidad de las formas de detección: Participación civil, detecciones terrestre (fija y móvil), aérea y satelital. Como referencia, México cuenta con 190 torres observatorio. En relación a la detección satelital, NOAA proporciona información sobre puntos calientes en la región por internet. En el caso de México, la CONABIO ha establecido una estrecha relación con CONAFOR para proporcionar detección de puntos calientes, que también se hace para Guatemala y que podría extenderse a toda Centroamérica. El SMN de México está comenzando a prestar un servicio semejante en México.

No se cuenta con datos precisos para todos los países, incluso en algunos no hay brigadas oficiales para el combate de incendios forestales, con el trabajo siendo realizado por voluntarios. Entre México, Guatemala, Cuba y Costa Rica, suman 16 500 efectivos permanentes (Martínez, 2002; SIPECIF, 2002; Ramos, 2003; Murullo, 2002). Se estima que la región cuenta con por lo menos 17 500 combatientes permanentes, de las principales agencias responsables.

En el caso de los recursos materiales, la situación es también muy variable, en algunos casos con carencia de equipo especializado. En la mayoría de los países, aunque en cantidades variables, se cuenta con herramientas manuales agrícolas, herramientas manuales especializadas, mochilas aspersoras, juegos de prendas de vestir de protección, vehículos, y equipos de radiocomunicación. En algunos países se cuenta con estuches meteorológicos portátiles

La disponibilidad de vehículos terrestres y aéreos especializados es también muy variable. En Cuba, cuentan con tanques aéreos dromedarios PZL-M18 y con carros bomba (Ramos, 2003). En el Salvador operan dos helicópteros (Ibarra y Marroquín, 2002). En Honduras utilizan carros cisterna de los bomberos (AFE, 2002).

Para referir un caso con mayor detalle, entre diferentes dependencias de México, se cuenta con casi 50 000 juegos de herramientas manuales y especializadas, 3 663 equipos menores especializados, 684 geoposicionadores, 249 campamentos, 334 centros de control, 898 vehículos para brigadas, 2 786 equipos de radiocomunicación, 55 aeronaves para detección y 49 helicópteros para combate (Martínez, 2002). El año pasado se incorporaron una decena de carros bomba.

El monto para el programa de incendios forestales es de $ 8 000 000 de Quetzales en Guatemala (SIPECIF, 2002), $ 60 000 000 de lempiras en Honduras, y $ 191 600 000 de pesos (incluyendo gastos de operación central, salarios de brigadas, programa de empleo temporal y gastos de operación en delegaciones) en México (sólo gobierno federal) (Martínez, 2002), correspondientes a US$ 987 654, US$ 3 348 214 y US$ 17 461 686, para un total de US$ 21 797 554 en estos tres países.

Organización para el combate de incendios

En México el principal responsable de la prevención y combate de incendios forestales es CONAFOR, el gobierno federal, con la participación de los gobiernos estatales y municipales. Participan también la Secretaría de la Defensa Nacional, los dueños y poseedores del bosque, las cámaras industriales forestales, los profesionales prestadores de servicios forestales, los productores agropecuarios, la sociedad civil (ONG's, académicos, empresarios, productores), las confederaciones campesinas (CNC, CCI, entre otras), que junto con el personal de las áreas naturales protegidas, entre todos dan forma al Programa de Protección contra Incendios Forestales.

En relación con la institucionalidad en las actividades de prevención y combate, existe la rectoría de una institución o varias. Los casos con una institución comprenden a Costa Rica (Ministerio del Ambiente y Energía, con la Comisión Nacional sobre Incendios Forestales), Cuba (Cuerpo de Guardabosques del Ministerio del Interior), Honduras (Administración Forestal del Estado, COHDEFOR), Nicaragua (Instituto Nacional Forestal), México (Comisión Nacional Forestal), y Panamá (Autoridad Nacional del Ambiente, con la Comisión Nacional para la prevención y Combate de Incendios Forestales). Los casos con varias instituciones incluyen a Belice (Departamento Forestal y Ejército), El Salvador

(Cuerpo de Bomberos, Comité Nacional de Emergencias), y a Guatemala (Sistema Nacional de Prevención y Control de Incendios Forestales del Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría de Coordinación Ejecutiva de la Presidencia, CONRED, Ejército, instituto Nacional de Bosques, y el Consejo Nacional de Áreas Protegidas).

En casi todos los países se cuenta con un Centro Nacional de Operaciones, si bien no siempre los hay o no los hay a escalas estatales o provinciales.

Capacitación y Educación

Los cursos de formación de instructores proporcionados a técnicos y profesionales de varios países latinoamericanos y de España, por parte del Servicio Forestal de los Estados Unidos, con instructores de los Estados Unidos y de España, y con el apoyo de la AID, en 1984 y 1985, en Marana, Arizona, fueron la base de una reacción en cadena en México que paulatinamente se fue fortaleciendo, gracias al interés del área federal de prevención y combate de incendios forestales y a la continua posibilidad de participación en cursos en los Estados Unidos, España y Canadá. Poco a poco fue aumentando el nivel de capacitación de los combatientes, y se fue diversificando el tipo y nivel de los cursos.

En la actualidad, en México se tiene un curso internacional cada año, para 60 participantes nacionales y de otros países, que se imparte desde 1990. Se cuenta con cursos para manejo de emergencias (básico o intermedio), para manejadores de helibaldes, así como la impartición de 900 cursos básicos anuales a ejidos y comunidades, y un curso nacional para la Defensa Nacional, además de dos para pilotos de la Fuerza Aérea Mexicana y una certificación para éstos por parte del USFS.

En otros países la tendencia ha sido semejante. En Guatemala, por ejemplo, durante el 2002 se impartieron 103 cursos de distintos niveles (la gran mayoría para bomberos forestales, dos para formar instructores y uno para manejo de emergencias) (SIPECIF, 2002). En Honduras, se tuvieron 28 cursos el mismo año, tres con capacitadores internacionales y 25 con capacitadotes nacionales (AFE, 2002). En Nicaragua, entre 1998 y 2002 se han tenido 33 cursos por año, que han capacitado a 226 técnicos e instructores y a 1 615 combatientes (INAFOR, 2002).

Aunque con diferentes niveles de profundidad, la educación técnica, profesional y de posgrado cubre el tema incendios en distintos tópicos a nivel de la región. En el caso de México, todas las instituciones a nivel licenciatura en ciencias forestales proporcionan un curso sobre protección forestal o que incluye el tema. Por ejemplo, en la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo se imparte el curso Protección Forestal (asignatura obligatoria), así como el de Uso del Fuego (asignatura optativa). En el programa de posgrado de la misma institución, desde el año 2000 se ofrecen los cursos Ecología del Fuego, y el de Restauración de Ecosistemas Forestales (desde el 2001) (que incluye temas sobre manejo del fuego), y un problema especial sobre el humo de los incendios forestales. Otro programa que ofrece cursos relacionados con el tema es la UAAAN, con manejo de combustibles forestales.

Investigación

La investigación sobre el tema está aumentando, particularmente en ecología del fuego, gracias al interés de investigadores nacionales o internacionales, aunque queda mucho trecho por delante. Por referir un caso, la Universidad Autónoma Chapingo, CONACYT, CONAFOR, el Gobierno de la Ciudad de México y la Comunidad Santo Tomás Ajusco, llevan a cabo un proyecto sobre ecología del fuego y manejo integral del fuego en pinares de altura (*Pinus hartwegii*), denominado el Proyecto Ajusco (tabla 3). Asimismo, la Universidad de Guadalajara, la Universidad de Washington y el INIFAP llevan a cabo otro proyecto también con aproximación ecológica y social en la Reserva de Manantlán, Jalisco, que incluye la elaboración de guías estereoscópicas de combustibles forestales.

Otro campo que ha recibido gran impulso, es el de los sistemas de información geográfica y la estadística espacial aplicados a problemas de incendios, gracias a instituciones como la CONABIO, el INIFAP, la Universidad de Colima, y el Colegio de Posgraduados, entre otras.

Tabla 3—*El proyecto Ajusco.*

Antecedentes. El Distrito Federal tiene una superficie de 150 000 ha, y cuenta con 35 000 ha de bosques de pino, encino, oyamel, pastizales y matorrales xerófilos. Entre los bosques de pino destacan los de *Pinus hartwegii*, o pino de las alturas (también presente en Guatemala), que se halla entre los 2 200 y 4 000 m s.n.m. En términos de número de incendios, en promedio el D. F. ocupa el tercer lugar a nivel nacional, algunos años con más de 1 000 incendios. Sin embargo, la buena cobertura por las fuerzas de combate de los gobiernos de la Ciudad de México y el federal, y el buen acceso disponible hacen que en superficie afectada quede en el lugar 20. Aquí se conjugan las causas de incendio de las zonas rurales, relacionadas con actividades agropecuarias, principalmente el pastoreo, y las de la población urbana, una de las más pobladas del planeta (fogatas y fumadores), además de la presión del crecimiento de la Ciudad de México y la contaminación. Por tratarse de uno de los ecosistemas más adaptados al fuego, primordial en términos de conservación y restauración por ubicarse en las partes altas de las montañas y por incluir especies endémicas y con estatus, además de su problemática de incendios forestales, el área resulta de particular interés para la aplicación del proyecto. Algunas investigaciones del proyecto se han realizado en este tipo de ecosistema en otros sitios del D. F. o en el Estado de México.
Objetivo. El objetivo del proyecto es contribuir a un uso del fuego que implique conciliación con el papel ecológico del fuego en este ecosistema, de tal manera que se posibilite su uso con fines ganaderos moderados, maximizando los impactos positivos del fuego prescrito a baja intensidad (diversidad de especies, mayor crecimiento secundario, reciclaje de nutrimentos, creación de camas para el semillero, reducción de peligro de incendios forestales, entre otros) y minimización del los impactos negativos de los incendios, que obviamente tienen una mayor intensidad (mortalidad de arbolado, plagas, deforestación, erosión, contaminación). Al seguir constituyendo una opción para el campesino, se espera que en el futuro pueda contribuir en la reducción de incendios forestales en la entidad. El proyecto está siendo desarrollado preponderantemente por tesistas de posgrado y de licenciatura.

Continúa…

Continuación…

Metodología y Resultados. A 3 500 m s.n.m., se trataron áreas aledañas con quemas prescritas de baja intensidad (en marzo) e incendios confinados experimentales en el pico de la temporada (mayo) del año 2002, y se dejó un testigo sin quemar. Se cuenta con resultados a un año, pero se obtendrán por tres más, por lo menos, para analizar la duración de los efectos encontrados. A continuación se refieren los principales resultados sintéticos con que se cuenta a la fecha.

Comportamiento del fuego. El fuego prescrito, temprano en la temporada y a las primeras horas del día, en contra de viento y pendiente (55 pct) se propagó a no más de 1 m/min, con largos de llama de 0.5 m. El fuego del incendio, en las horas de mayor peligro y en plena temporada, a favor de viento y pendiente, llegó a alcanzar 6 y hasta 8 m de largo de llama, y velocidades de propagación de hasta 60 y 80 m/min.

Crecimiento radial de *P. hartwegii*. El ancho del anillo de crecimiento formado el año siguiente a la aplicación de fuego en marzo, fue mayor que el testigo cuando se afectó solamente el tercio inferior de la copa por el calor del fuego (un efecto de la poda natural que elimina las ramas bajas, con follaje menos eficiente fotosintéticamente, donde se consume más de lo que se produce, y de la fertilización de las cenizas). Los chamuscados de copa de 33 pct a 66 pct, implicaron anchos de anillo semejantes a los del testigo. Chamuscados de copa mayor a 66 pct, se asociaron con menores anchos de anillo que el testigo (González y Rodríguez, enviado).

Supervivencia y susceptibilidad a plagas. La supervivencia de árboles juveniles (de 2 a 6 m de altura), no tuvo diferencias estadísticamente significativas entre las áreas de quema prescrita de marzo y el testigo (con 96 pct en ambos casos). En los incendios de mayo la supervivencia fue de 48 pct, si bien en las áreas de mayor densidad este valor fue igual a 0%, por la mayor acumulación de hojarasca que transmitió al quemarse mayores temperaturas a las raíces superficiales de los árboles, matándolos (Castro y Rodríguez, enviado).

Riqueza, diversidad de especies y especies indicadoras de áreas quemadas. En el verano con lluvias que caracteriza a la región, se registraron 12 especies herbáceas y arbustivas en las áreas testigo y 21 en las quemadas de maneras prescritas o incendiadas. Entre las especies más dominantes e indicadoras de áreas incendiadas están: *Penstemon gentianoides, Senecio callosus, Lupinus montanus, Eupatorium* spp. y *Senecio tolucanus* (Martínez y Rodríguez, 2003). En general la riqueza de especies es baja por la altitud del área de estudio.

Plantación en áreas quemadas. La supervivencia inicial (a seis meses de la plantación) de árboles de la especie plantados en las áreas tratadas, no tuvo diferencias estadísticamente significativas entre las áreas testigo y las de quema prescrita en marzo (con 93 y 88 pct). Las áreas incendiadas en mayo tuvieron menor supervivencia (60 pct) (Ortega y Rodríguez, 2003).

Humo de los incendios. Las emisiones de NO_X, SO_2 y CO fueron, respectivamente, de 9.37 Kg/ha, 2.84 Kg/ha y 198.69 Kg/ha. *Senecio cinerarioides*, una especie que apareció abundantemente en muchas áreas de la región central, afectadas por los históricos incendios de la temporada 1998, es el principal emisor de estos gases. Si tales áreas se vuelven a quemar contaminarán más que lo que hubieran contaminado de quemarse los combustibles superficiales típicos de estos pinares (Contreras y otros, 2003).

Germinación de *Lupinus bilineatus*. Las semillas de esta especie tienen dormición física. Sin ningún tratamiento, a 20°C de día y 15°C de noche, con 12 horas de fotoperiodo, germina sólo el 18%. Con escarificación pírica, la germinación aumenta a 39 pct, con diferencias estadísticamente significativas (Martínez y Rodríguez, enviado).

Proyectos e Iniciativas existentes

Son los siguientes:

Programa Mesoamericano de Cooperación. Con la reunión cumbre de jefes de estado y de gobierno de los países integrantes del Mecanismo de Diálogo y Concertación Tuxtla IV.

Corredor Biológico Mesoamericano. Programa para la consolidación del mismo, con la participación de PNUD, GEF, GTZ, DANIDA, CCAD y gobiernos de México, Belice, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá.

Programa Mundial de Alimentos de la ONU. Para movilización de brigadas voluntarias en Honduras.

Manejo Integrado del Ecosistema en Tierras Indígenas y de la Comunidad en América Central. Con la participación del GEF.

Proyecto Centroamericano de Información Geográfica del Banco Mundial, con participación de CATIE y CIAT.

Programa Ambiental Regional para Centroamérica. Del USAID.

Plan Emergente de Prevención y Control de Incendios Forestales a nivel nacional (INAB).

Programa de Capacitación y Formación de Instructores en Incendios Forestales (OFDA-AID).

Redes de Cooperación

Incluyen:

Cooperación Británica-Nicaragüense (NOAA, MARENA, INAFOR). Para la detección de puntos de calor con uso de satélites.

Prevención y Combate de Incendios Forestales en Mesoamérica (CCAD-Tuxtla IV).

Red Interamericana de Información sobre Biodiversidad (IABIN).

Programa de detección de puntos de calor mediante técnicas de percepción remota (CONABIO-CCAD).

Alianza Centroamericana para el Desarrollo Sostenible (ALIDES).

Grupo de Trabajo sobre el Manejo de Incendios Forestales (COFAN: Estados Unidos, Canadá y México).

Escenario futuro de incendios

El escenario de los próximos años, aún manteniendo el nivel actual de acciones y recursos, es de más incendios y mayores superficies afectadas. Lo anterior dadas las prospecciones existentes sobre el calentamiento climático global (que derivan en mayores temperaturas, menor humedad, extensión de vegetación más inflamable como matorrales y pastizales, reducción de bosques, y mayor presencia de rayos en

seco sobre diversas áreas del planeta), así como los efectos de El Niño. Aunando que la pobreza no tiene visos de ser resuelta en la región, la resultante es una mayor presencia de fuego natural y antrópico.

Debe recordarse que los bosques tropicales, bastión de la biodiversidad, luego de ser afectados por los incendios quedan con mayor peligro de incendio, hasta que se convierten en sabanas y pastizales, progresivamente.

Afrontando el escenario probable

Sin duda que la mayor cooperación de agencias dentro de cada país y entre países, así como la búsqueda de esquemas de financiamiento para reforzar acciones de prevención, presupresión y supresión, con mayores recursos humanos, materiales, técnicos, tecnológicos y financieros, es de capital importancia para reducir los embates de las llamas. Por ejemplo, entre los retos para la cooperación internacional a futuro están: Establecer mecanismos regionales para asegurar el aporte de recursos técnicos y económicos por parte de la comunidad internacional, con el propósito de fortalecer y consolidar los esfuerzos gubernamentales de los países de la región para la planificación, prevención, detección y combate de incendios, que permitan la capacitación, la formación de brigadas y su equipamiento especializado, así como establecer sistemas de respuesta en el manejo de emergencias.

Otra vertiente que se está manejando es la de alternativas en lugar del fuego, en actividades agropecuarias, y que convendría aumentar particularmente en las áreas tropicales, como el caso del tumba roza y pica, en lugar del tumba roza y quema. Igualmente, la aún mayor incorporación de sistemas agroforestales bien planificados es otra opción.

No obstante, hay una tendencia adicional naciente, en varios países, por iniciativa de sus académicos y técnicos, y con participación o iniciativa de otras naciones, y que tiene dos componentes. El primero se relaciona con el papel ecológico del fuego, ese formidable adversario sobre el que se puede triunfar temporalmente, pero que no puede se excluido del planeta, pues está presente en la vegetación desde hace millones de años, y la mayoría de los ecosistemas terrestres han evolucionado bajo su frecuente presencia o su rara influencia, según el caso. Se están iniciando esfuerzos de investigación científica y a escala operativa, para el uso del fuego con fines ecológicos y silvícolas de manera extensiva.

También debe considerarse que el ser humano, por un lado ha quemado con excesiva frecuencia la vegetación, rebasando su tolerancia al fuego y degradándola. Por otra parte, la exclusión del fuego acumula más combustibles que harán más intenso, peligroso, con mayores impactos negativos, y caro y difícil de combatir el siguiente incendio. Se visualiza la utilidad de un justo medio, mediante el uso del fuego con bases técnicas y científicas.

Por ejemplo, TNC está comenzando quemas prescritas con fines ecológicos en reservas como La Amistad, Costa Rica; Madre de las Aguas, República Dominicana, y Río Bravo, Belice. En México, se están comenzando también esfuerzos en el manejo ecológico e integrado del fuego, o en su manejo ecológico, vía quemas prescritas en vegetación con regímenes de fuego frecuentes poco intensos, y/o planes de manejo integrado del fuego en el Parque Cumbres del Ajusco, y en reservas como Manantlán, La Sepultura, La Encrucijada, El Ocote, Sierra de los Ajos, y la Sierra de Arteaga, con la participación de la CONANP, IMADES, IHNACH, la Universidad

Autónoma Chapingo, la Universidad de Guadalajara, la Universidad Antonio Narro e INIFAP, por parte de México, y de TNC, el Servicio Forestal de los Estados Unidos, AID y la Universidad de Washington, por parte de los Estados Unidos.

El segundo componente se refiere a la participación comunitaria en el problema de los incendios, que está siendo revalorada, incluyendo la búsqueda de mecanismos eficientes para impactar y proporcionar alternativas en las comunidades rurales.

Sin embargo, siendo evidente la necesidad de más recursos para reforzar prevención, detección y combate, el alcance de las alternativas referidas se puede ver limitado por la propia falta de recursos.

Literatura citada

AFE (Administración Forestal del Estado). 2002. **Honduras.** 1ª Reunión mesoamericana de Incendios Forestales. Guatemala, Guatemala. Julio 2002.

Castro S., U. B.; Rodríguez T., D. A. **Efecto del fuego en la supervivencia de *Pinus hartwegii*** (enviado).

Contreras M., J.; Rodríguez T., D. A.; Retama H., A.; Sánchez R., J. J. M. 2003. **Gases del humo de incendios en bosques de *Pinus hartwegii*.** Agrociencia 37(3): 309-316.

FAO. 1999. **Situación de los bosques del mundo.** FAO. Roma.

González R., A.; Rodríguez T., D. A. **Efecto del chamuscado de copa en el crecimiento en diámetro de *Pinus hartwegii*** (enviado).

Ibarra, R. y Marroquín, F. 2002. **Presentación de la República de El Salvador**. 1ª Reunión mesoamericana de Incendios Forestales. Guatemala, Guatemala. Julio 2002.

INAFOR (Instituto Nacional Forestal). 2002. **Nicaragua.** 1ª Reunión mesoamericana de Incendios Forestales. Guatemala, Guatemala. Julio 2002.

Martínez D., R. 2002. **Programa nacional de protección contra incendios forestales. México**. 1ª Reunión mesoamericana de Incendios Forestales. Guatemala, Guatemala. Julio 2002.

Martínez H. H. C.; Rodríguez T., D. A. 2003. **Sinecología del sotobosque de *Pinus hartwegii* en áreas quemadas.** En: Corlay C., L.; Zavala C., F.; Pineda P., J.; Robledo S., E.; Maldonado T., R. (eds.). Suelo y bosque: Conservación y aprovechamiento. Chapingo, Edo. de Méx.: UACH; 175-178.

Martínez J., M.; Rodríguez T., D. A. **Tratamientos naturales y artificiales para la escarificación de la semilla de *Lupinus bilineatus*** (enviado).

Murullo M., L. 2002. **Manejo del fuego en Costa Rica.** 1ª Reunión mesoamericana de Incendios Forestales. Guatemala, Guatemala. Julio 2002.

Ortega B., V.; Rodríguez T., D. A. 2003. **Calidad de planta y supervivencia inicial de *Pinus hartwegii* en áreas quemadas del Ajusco.** En: Corlay C., L.; Zavala C., F.; Pineda P., J.; Robledo S., E.; Maldonado T., R. (eds.). Suelo y bosque: Conservación y aprovechamiento. Chapingo, Edo. de Méx.: UACH; 147-150.

Ramos R., M. P. 2003. **An overview on forest fires in Cuba.** International Forest Fires News 22: 20-23.

Rodríguez T., D. A. y Fulé, P. Z. 2003. **Fire ecology of Mexican pines and a fire management proposal.** International Journal of Wildland Fire 12: 23-37.

Rowell, A.; Moore, P. T. **Global review of forest fires.** WWF, IUCN. 64 p.

SIPECIF (Sistema Nacional de Prevención y Control de Incendios Forestales). 2002. **Guatemala.** 1ª Reunión mesoamericana de Incendios Forestales. Guatemala, Guatemala. Julio 2002.

Wei Min Hao, Mei-Huey, L., and Crutzen, P. J. 1990. **Estimates of annual and regional releases of CO_2 and other trace gases to the atmosphere from fires in the tropics, based on the FAO statistics for the period 1975-1980.** In: Goldammer, J. G. (ed.). Fire in the tropical biota. Berlin: Springer-Verlag.; 440-486.

Esta página se deja en blanco intencionadamente.

This publication is available online at www.fs.fed.us/psw/. You may also order additional copies of it by sending your mailing information in label form through one of the following means. Please specify the publication title and series number.

Fort Collins Service Center

Web site	http://www.fs.fed.us/psw/
Telephone	(970) 498-1392
FAX	(970) 498-1122
E-mail	rschneider@fs.fed.us
Mailing address	Publications Distribution Rocky Mountain Research Station 240 West Prospect Road Fort Collins, CO 80526-2098

Pacific Southwest Research Station
800 Buchanan Street
Albany, CA 94710



Federal Recycling Program
Printed on Recycled Paper

PENCO