

Análisis de Costo de Reducción de Combustible de Incendios Forestales: Modelado Estadístico y Modelo de Usuario Para Especialistas en Incendios en California¹

John Loomis², Sam Collie², Armando González-Cabán³, José J. Sánchez³, Douglas Rideout⁴

Resumen

Esta investigación ofrece a los especialistas en incendios forestales herramientas para estimar el costo de la conducción de varios tipos de tratamientos de combustible de incendios forestales. La variable dependiente en la regresión de costos es lo que el Servicio Forestal del USDA llama Costo Directo Planificado por acre. Las variables independientes incluyeron la configuración en la que se llevó a cabo el tratamiento de combustible (por ejemplo, la interfaz forestal urbana (IFU) y el área metropolitana), acres del tratamiento y la actividad específica de reducción de combustible. Los datos primarios para el análisis provienen del Sistema de Actividades de Servicios Forestal (SASF). Se estimaron modelos separados para las actividades relacionadas o realizadas como parte de los proyectos de reducción de combustibles prescritos y para las actividades de reducción mecánica de combustible. Además, California se divide en dos Centros de Coordinación de Áreas Geográficas (CCAG): CCAG de California del Sur y California del Norte. No es sorprendente que los costos de realizar la quema prescrita y la reducción mecánica de combustible sean más altos en las áreas IFU y en las áreas metropolitanas donde los costos laborales son más altos. El poder explicativo (R^2) de los modelos es del 12% al 24%. Se ha creado un programa de hoja de cálculo Excel para permitir a los gerentes utilizar fácilmente los cuatro modelos de regresión para estimar el costo de cualquier programa específico de tratamiento de combustible en el territorio. El usuario selecciona hasta tres tratamientos de combustible SASF que se proponen, ya sea que el tratamiento de combustible esté en el CCAG del norte o sur de California, luego el condado específico del tratamiento y si el tratamiento propuesto está en un área de IFU. Basándose en esta selección, el modelo de hoja de cálculo

¹ Una versión abreviada de este trabajo se presentó en el Quinto Simposio Internacional sobre Economía, Planificación y Política de Incendios: Servicios Ambientales e Incendios Forestales, 14-18 de noviembre de 2016, Tegucigalpa, Honduras.

² Profesor y exalumno de posgrado, Departamento de Economía Agrícola y de Recursos, Universidad Estatal de Colorado, Fort Collins, CO 80523; Correo electrónico: John.Loomis@colostate.edu

³ Economista de Investigación y Estadístico de Investigación respectivamente, USDA Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Riverside, CA 92507.

⁴ Profesor, Departamento de Ciencias Forestales y Cuencas, Universidad Estatal de Colorado, Fort Collins, CO 80523

utiliza el modelo de regresión respectivo para proporcionar una estimación del costo por acre para cada actividad del SASF y el costo total del tratamiento que refleja el número de acres del proyecto que el usuario ha especificado previamente. La hoja de cálculo suma los costos para cada actividad del SASF que implicaría el proyecto general de tratamiento de combustibles. El modelo ha sido "probado" con especialistas en incendios en California, quienes consideraron que fue una herramienta útil para ayudar a estimar los costos de los proyectos de reducción de combustible.

Palabras clave: California, costo de reducción mecánica de combustible, costo de la quema prescrita

Introducción y Objetivos

Los tratamientos de combustible son cada vez más vistos como un medio para reducir la gravedad de los incendios forestales, y hacer que estos fuegos sean más fáciles de controlar y suprimir. Un objetivo secundario es reducir los daños a la propiedad y las vidas perdidas debido a los incendios forestales. Si bien estos son objetivos deseables de un programa de tratamiento de combustible, la quema prescrita y la reducción de combustible mecánica son costosas de llevar a cabo. Como tal, tienen que ser presupuestados. Para presupuestarlos, es necesario contar con algún método sistemático para estimar los costos.

El objetivo general de este proyecto de investigación es proporcionar a los administradores forestales y especialistas en incendios forestales herramientas para estimar el costo de la conducción de varios tipos de tratamientos de combustible de incendios forestales. En concreto, esta investigación proporciona:

(a) análisis estadístico de los datos del Servicio Forestal del USDA para desarrollar un modelo de estimación de costos; y (b) un modelo de hoja de cálculo impulsado por macros que es amigable con el usuario basado en el análisis estadístico para el uso fácil en campo del Servicio Forestal del USDA.

Análisis estadístico de costo del tratamiento mecánico del combustible y de la quema prescrita

Dado que nuestro objetivo principal con este modelo era dar a los gerentes una herramienta de estimación de costos en California, nuestro análisis fue guiado por un cierto grado de pragmatismo. Si bien el modelo tenía que ser conceptualmente correcto y consistente con la literatura pasada, también tenía que proporcionar una estimación tan precisa del costo por acre consistente con los datos del Servicio Forestal del USDA. Por lo tanto, esto es investigación aplicada, no un intento de avanzar los métodos

econométricos utilizados para estimar los costos de tratamiento de reducción de combustible. El lector debe tener esto en cuenta en la discusión que sigue.

Especificaciones iniciales del modelo

Guiada por la revisión de la literatura (González-Cabán y McKetta, 1986, Rideout y Omi, 1995, Wood, 1998), se especificó un modelo de regresión múltiple inicial. La variable dependiente fue la que el Servicio Forestal del USDA denominó Costo Directo Planificado por acre en su conjunto de datos. Las variables independientes incluyeron el ajuste en el que se llevó a cabo el tratamiento de combustible (por ejemplo, IFU y área metropolitana), acres del tratamiento y cada actividad SASF.

IFU: si la actividad se produjo en o adyacente a "... un área o zona donde las estructuras u otro desarrollo humano se encuentran o se entremezclan con tierras silvestres o combustibles vegetativos no desarrollados" (Manual SASF, página 39). El signo esperado es positivo (es más caro realizar actividades en el área de la IFU debido a la precaución adicional necesaria). Específicamente, la variable IFU significa que el área de tratamiento de combustible está en un área de Interfaz Forestal-Urbana. Usando el menú desplegable el usuario selecciona si está en una IFU (Sí) o no (No). Si un área de tratamiento de combustible incluye ambos, entonces el programa se debe ejecutar dos veces: una vez con las hectáreas en la IFU y una vez con las hectáreas que no están en IFU. El costo total del tratamiento es la suma de los costos en las áreas IFU y no-IFU.

Condado metropolitano: Una variable "dummy" que toma el valor 1 para los condados urbanos, o cero sino es creada usando el nombre del condado en la base de datos SASF. Esta designación se basó en la clasificación del Servicio de Investigación Económica del USDA de las áreas económicas. La razón de esta variable es que el costo por acre de tratamiento de combustible suele estar influenciado por si el área de tratamiento se encuentra en un área metropolitana donde los salarios son más altos. El usuario selecciona el condado que contiene el tratamiento de combustible en el menú desplegable y, a continuación, la variable si el condado está en un área metropolitana o no se establece en 1 o 0 automáticamente para el usuario. Al igual que con la IFU, si el área de tratamiento abarca dos condados, el modelo de usuario debe ejecutarse dos veces, una vez con la cantidad de acres en un condado y otra vez con las hectáreas en el otro condado. El costo total del tratamiento es la suma de los costos en los condados metropolitanos y no metropolitanos.

Acres: El número de acres efectivamente tratados por la actividad

Datos

Los datos primarios para el análisis provienen del Sistema de Actividades de Servicios Forestales (SASF). Este sistema cubre todos los códigos de trabajo rutinariamente utilizados por el Servicio Forestal del USDA. De la gran lista de actividades disponibles en el SASF, se utilizó la especificación del modelo anterior y la literatura para solicitar un subconjunto de todas las variables. Además, las variables que a menudo fueron codificadas como texto se recodificaron a valores numéricos. Otras variables incluyeron el Agente de Trabajo y el Guardabosque de Distrito. Esto resultó en 25 variables. Para el análisis preliminar se consideraron los siguientes códigos de actividad relacionados con el combustible en el sentido de que una o más de estas actividades se llevaron a cabo como parte de proyectos de reducción de combustible. La Tabla 1 en la siguiente página proporciona una breve definición de las actividades del SASF en el Modelo de Usuario. Las descripciones detalladas de estas variables se pueden encontrar en la Guía del Usuario del SASF (Servicio Forestal del USDA, 2013; <http://fsweb.nrm.fs.fed.us>).

Después de revisar los conjuntos de datos iniciales hubo una cantidad significativa de discusión acerca de algunas preocupaciones con los datos. Algunos costos por acre se reportaron como cero. Hubo una cantidad significativa de discusión acerca de si estos eran simplemente marcadores de posición ingresados en el programa, ya que no parecía probable que la actividad en particular tuviera costos cero. También hubo un gran número de costos que fueron de \$ 1 por acre. El consenso fue dejar caer estas observaciones con costos cero y costos de \$ 1 por acre, ya que no es probable que reflejen los costos reales incurridos. En el extremo superior del espectro algunos costos por acre eran más de cinco desviaciones estándar. Hubo algunos costos que fueron incluso diez desviaciones estándar de los costos medios. A cinco desviaciones estándar de la media el costo fue de \$ 1818 por acre. A diez desviaciones estándar de la media, el costo fue de \$ 3843 por acre, con el siguiente costo más alto siendo más de \$ 1,000 más alto que \$ 3843. Se tomó la decisión de cortar los costos a 10 desviaciones estándar de la media (\$ 3843). Esto resultó en la pérdida de apenas 15 observaciones (0.1% de la muestra).

Tabla 1. Listado de ID del SASF Relacionados con el Combustible Considerado para el Análisis Estadístico

<u>ID SASF</u>	<u>Nombre de Actividad</u>
1111	Quema por Emisión
1112	Quema "Jackpot"
1113	Quema de Baja Intensidad Baja
1120	Combustibles Removidos por Jardinería
1130	Quema de Material Apilado
1131	Pila de Cubierta de Cepillo a Quemar
1136	Poda para Levantar la Cubierta
1150	Combustibles Reorganizados
1152	Combustibles Compactos/Reducidos
1153	Pila de Combustibles Manual/Mecánico
1154	Combustible de Astillas
1160	Adelgazamiento de Combustibles
1180	Rompimiento de Combustible
2360	Rango de Control de Vegetación
2370	Rango de Pila de Cortado
2530	Invasivo-Mecánico
4220	Adelgazamiento Comercial
4231	Corte de Salvamento (Tratamiento Intermedio)
4455	Preparación de Corte de Pre-Sitio
4471	Prep. del Sitio para la Siembra-Quemada
4474	Prep. del Sitio para la Siembra-Mecánica
4475	Prep. del Sitio para la Siembra-Manual
4511	Liberación de Árboles y Malezas
4521	Adelgazamiento Pre-Comercial
4530	Poda
4540	Control para la Vegetación del Sotobosque
6101	Quema RX del hábitat de la fauna
8000	Actividades de Insectos y Enfermedades
<u>10100</u>	<u>Otras actividades</u>

Una descripción detallada de estas variables puede encontrarse en la Guía del Usuario del SASF (Servicio Forestal del USDA, 2013; <http://fsweb.nrm.fs.fed.us>)

Estrategias de Modelación de Regresión

Dado el pequeño tamaño de las muestras para algunas de las actividades de reducción de combustible, se realizó un análisis exploratorio sobre si se debían estimar regresiones separadas para las actividades del SASF para las que había tamaños mínimos de muestra (por ejemplo, $n > 20$) o juntar los datos en varias actividades y estimar un modelo con interceptores para cada actividad. Sólo cuatro actividades del SASF tuvieron un tamaño de muestra superior a 100 (pilas de combustibles, adelgazamiento pre-comercial, reordenamiento de combustibles y trituración de combustibles) y sólo cuatro tuvieron tamaños de muestra entre 77 y 99 (preparación del sitio, liberación de árboles y malezas, jardinería y combustible de astillas). Si se realizaran regresiones individuales del nivel de actividad, se consideraría que no hay suficientes grados de libertad para incluir actividades con muestras mucho más pequeñas. Por lo tanto, la estimación de un modelo con todas las actividades incluidas y la distinción de las actividades por los desplazadores del intercepto tuvo varias ventajas: (a) permitir inicialmente la inclusión de todas las actividades; (b) probar si hubo diferencia estadística en el costo por acre por actividad; (c) mayor poder explicativo y predictivo; mayor R^2 . Dadas estas ventajas, se decidió ir con el modelo combinado.

Dos modelos separados de agrupamiento se estimaron. Uno para las actividades relacionadas o conducidas como parte de los proyectos prescritos de reducción de combustibles y uno para las actividades de reducción de combustible mecánico. Además, California está dividida en las áreas geográficas del CCAG del Sur de California y del CCAG del Norte de California (CCAG significa Centros de Coordinación de Área Geográfica, cada una de las cuales es responsable de los esfuerzos de incendios forestales en sus respectivas regiones). Un análisis estadístico de un modelo de estado único versus dividir el estado en el norte y el sur mostró que los modelos separados fueron estadísticamente superiores. Así, los costos del tratamiento varían sistemáticamente entre el norte y el sur de California. Por lo tanto, tenemos un total de cuatro regresiones individuales: dos para los CCAG del Norte y dos para los CCAG del Sur. Cada región tiene un modelo para la reducción de combustible de quema prescrita y un modelo para el tratamiento de combustible mecánico.

En el modelo de tratamiento de quema de combustibles, la actividad del SASF 1111 Quema por Emisión es usada como actividad de referencia y no se calcula explícitamente un coeficiente separado. Sin embargo, como no hay constante en el modelo, Quema por Emisión es esencialmente la constante. Por lo tanto, todos los coeficientes de costo de la actividad del SASF se miden en relación con la Quema por Emisión. El modelo de usuario agrega o resta automáticamente (dependiendo del signo del otro coeficiente de Actividad SASF) el costo de esa actividad en particular a partir del costo promedio por la Quema por Emisión (\$ 231 Costo Planeado por acre).

Resultados estadísticos

La Tabla 2 presenta los resultados para los cuatro modelos que corresponden al Sur de California (modelos 1 y 2 para la quema prescrita y la reducción mecánica del combustible, respectivamente) y el norte de California (modelos 3 y 4 para la quema prescrita y reducción mecánica del combustible, respectivamente).

La variable dependiente es el logaritmo natural de los costos por acre para permitir la no linealidad en los costos por acre. El caso base para los modelos de quema prescrita 1 y 3 es la actividad 1111 del SASF (quema por emisión). Entonces, cuando todas las otras variables de actividad se ponen a cero, el modelo calcula el costo por acre de la quema por emisión (el programa de la hoja de cálculo en la Sección 3 explica esto automáticamente). Del mismo modo, la actividad omitida para la reducción mecánica del combustible es la actividad SASF 1130 (quema de material apilado).

Los resultados (signo negativo en el coeficiente del LN de acres tratados) sugieren que en tres de las cuatro regresiones que el costo por acre disminuye ligeramente a medida que aumenta el número de acres tratados. Por lo tanto, hay un ligero grado de escalas de economía para la quema prescrita y la reducción mecánica de combustible en el norte de California. No es sorprendente que los costos de realizar la quema prescrita y la reducción mecánica del combustible sean más altos en las áreas IFU, y en las áreas metropolitanas donde los costos laborales son más altos. El poder explicativo de los modelos es más bajo de lo deseable (alrededor del 12% al 24% de la variación en los costos por acre se explica por las variables independientes en los modelos). Atribuimos gran parte del bajo poder explicativo al "ruido" en los datos de costos de tratamiento del SASF, que como se mencionó en la sección anterior no siempre parecen ser precisos. Mientras que eliminamos "datos internos" (obviamente incorrectos \$ 0 y \$ 1 de costo por acre) y valores extremos con 0.1% de observaciones con costos de más de 10 desviaciones estándar de la media, los datos tienen una gran variación que no podría explicarse por la actividad en particular y si se produjo en la IFU o un área metropolitana.

Tabla 2. Regresiones Múltiples de Costos de Tratamiento de Combustible por Acre en el Norte y el Sur de California. Variable Dependiente: LN de Costos por Acre.

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)
	Quema RX Sur	Mec Sur	Quema RX Norte	Mec Norte
LN de acres tratados (errores estándar)	-0.0694*** (0.0130)	0.0138 (0.0137)	-0.0637** (0.0248)	-0.0544*** (0.0132)
IFU	0.170*** (0.0409)	0.466*** (0.0393)	0.366*** (0.0635)	0.273*** (0.0355)
Metropolitanas	0.547*** (0.0430)	0.447*** (0.0398)	0.481*** (0.116)	0.339*** (0.0716)
1131.actividad		-1.184** (0.461)		-1.615*** (0.203)
1136.actividad		0.761*** (0.143)		-0.117 (0.132)
1150.actividad		0.212** (0.0910)		0.204* (0.124)
1152.actividad		1.229*** (0.0924)		0.0424 (0.108)
1153.actividad		0.329*** (0.0773)		0.181** (0.0809)
1154.actividad		0.343*** (0.0966)		-0.0859 (0.123)
1160.actividad		0.295*** (0.0799)		0.242*** (0.0891)
1180.actividad		0.523** (0.203)		0.426*** (0.138)
2360.actividad		-0.863*** (0.238)		
2370.actividad		0.0598 (0.143)		
4220.actividad		0.782*** (0.0907)		0.0764 (0.0959)
4231.actividad		0.382* (0.217)		-0.183 (0.171)
4331.actividad		-0.966*** (0.164)		
4474.actividad		-0.0215 (0.329)		0.941*** (0.162)
4511.actividad		0.743*** (0.133)		0.210* (0.117)
4521.actividad		0.475*** (0.0769)		0.224*** (0.0794)
4530.actividad		-0.442*** (0.167)		-0.409 (0.310)
4540.actividad		0.850*** (0.290)		0.543*** (0.165)
1112.actividad	-0.926*** (0.127)		-0.319 (0.319)	
1113.actividad	-0.333*** (0.106)		0.414** (0.181)	

1130.actividad	-0.550*** (0.0884)		-0.433** (0.169)	
6101.actividad	-1.424** (0.707)		0.347 (0.290)	
4471.actividad			-0.0811 (0.291)	
2530.actividad				0.997*** (0.175)
4455.actividad				0.431** (0.203)
4475.actividad				0.354** (0.140)
4494.actividad				1.161*** (0.208)
Constante	5.351*** (0.0993)	4.621*** (0.0856)	4.772*** (0.188)	5.290*** (0.0846)
Observaciones	1,238	2,135	1,018	2,408
R-cuadrada	0.168	0.243	0.121	0.136

*** es significativo al nivel del 99%, ** es significativo al nivel del 95%,

* es significativo al nivel del 10%.

Programa de estimación de costos de usuario

Se ha creado un programa de hojas de cálculo Excel (versión 2007 o posterior) para permitir a los administradores utilizar fácilmente los cuatro modelos estimados anteriormente para estimar el costo de un programa de tratamiento de combustible.

Para iniciar el análisis, el primer paso es abrir Excel y seleccionar Abrir Archivo y abrir el archivo Estimador de Costos de Tratamiento contra Incendios. Una vez que el archivo se haya cargado, el usuario debe tener una hoja de cálculo que se vea como la Figura 1 en la página siguiente. En general, **las áreas blancas son las que el usuario rellena usando menús desplegable en el lado derecho de cada celda.** El área sombreada gris debajo de las celdas de entrada blancas es el área de resultados que muestra los Costos por Acre y Total del tratamiento. En el ejemplo, el tratamiento de combustible que se propone está en la región geográfica del CCAG del sur de California, el Condado es Mono y el tratamiento propuesto no está en una IFU. En este ejemplo, se han seleccionado tres actividades de tratamiento de combustible SASF, cada una con diferentes acres. Dada esta entrada, los costos se calculan y se muestran en las celdas grises.

Region 5: California		Regression Model	
START HERE (Enter these fields first)			
↓↓↓↓			
GACC	South		
County	Mono County		
Wildland Urban Interface	No		
	Activity Name	Acres Treated	
Activity Treatment #1	1113 Underburn, Low Intensity	200	
Activity Treatment #2	1136 Pruning to Raise Canopy Height	1000	
Activity Treatment #3	4521 Precommercial Thin	10	
	Per-Acre Costs:	Total treatment costs:	
Activity Treatment #1	\$134	\$26,758	
Activity Treatment #2	\$389	\$389,273	
Activity Treatment #3	\$274	\$2,742	
All treatments	\$797	\$418,773	

Figura 1. Captura de pantalla de la Interfaz de la Hoja de Cálculo para el Estimador de Costo del Tratamiento de Combustible R5

Para configurar los valores de entrada, el especialista en incendios usa el menú desplegable en el lado derecho de cada celda blanca. Para que el indicador del menú desplegable sea visible, el usuario debe hacer clic en esa celda de entrada y, a continuación, a la derecha de la celda, aparecerá el triángulo indicador del menú desplegable. El desplegable está indicado por una caja cuadrada con un triángulo hacia abajo en ella (▼). El triángulo desplegable sólo aparece cuando hace clic en la celda, de lo contrario no es visible. Hay seis celdas de entrada. Estas áreas:

- Si el proyecto se encuentra en el CCAG del norte de California o en el sur de California. El menú desplegable tiene Norte o Sur como las opciones.
- Condado. El menú desplegable muestra una lista de condados en ese CCAG. El programa entonces automáticamente (sin ninguna exhibición separada) liga si el condado en ese CCAG se considera un condado metropolitano o no.
- Si el proyecto se encuentra en una zona de Interfaz Forestal-Urbana (IFU) o no. El menú desplegable es simplemente Sí o No
- Entonces, el usuario especifica hasta tres actividades de tratamiento de combustible en una lista desplegable de actividades del SASF.
- Estas actividades pueden ser totalmente quema prescrita, reducción mecánica o una combinación de ambas. El programa selecciona el conjunto apropiado de coeficientes de la variable de actividad SASF para llevar a cabo los cálculos.

- Entonces, el usuario proporciona el número de hectáreas en las que se realizará cada Actividad SASF. Cada actividad puede tener un número diferente de acres.

Basando en esta selección, el modelo de la hoja de cálculo selecciona el coeficiente apropiado del modelo estadístico apropiado para proporcionar una estimación del costo por acre para cada actividad del SASF y el costo total del tratamiento que refleja el número de acres del proyecto que el usuario ha especificado previamente. La hoja de cálculo suma los costos para cada actividad del SASF que implicaría el proyecto general de tratamiento de combustibles.

Conclusión

El objetivo de esta investigación fue proporcionar un manejo de incendios con una herramienta sencilla para estimar el costo de los tratamientos de combustible. Para lograr este objetivo, se desarrolló un estimador de los costos en una hoja de cálculo, cuya base es un modelo de regresión múltiple. Para desarrollar el modelo de regresión de los costos de los tratamientos de combustible en California, obtuvimos los datos de costos de tratamiento de combustible del Servicio Forestal del USDA SASF para California. Estos datos se "limpiaron" primero de errores obvios tales como tratamientos de combustible cuyos costos se reportaron como cero o un dólar por acre. En el otro extremo se encontraban algunos costos de tratamiento de combustible por acre que reportaron ser más de 10 desviaciones estándar de la media (por ejemplo, alrededor de 10 observaciones tenían costos un poco más de \$ 4,000 por acre). Con un conjunto de datos limpio, estimamos cuatro modelos de costos combinados de tratamiento de combustible:

- Quema prescrita en el norte de California
- Quema prescrita en el sur de California
- Tratamiento mecánico de combustible en el norte de California
- Tratamiento mecánico de combustible en el sur de California

En general, estos modelos son razonablemente buenos modelos estadísticos de los factores que influyen en los costos de la quema prescrita y la reducción mecánica de combustible. En particular, en los cuatro modelos los costos de tratamiento aumentaron en la IFU y en los condados metropolitanos (es decir, costos laborales más altos). Hubo un pequeño grado en las economías de escalas, ya que el coeficiente de costo fue negativo y estadísticamente significativo en tres de las cuatro regresiones de costos.

Cada una de estas ecuaciones se programó en una hoja de cálculo Excel (2007 o posterior) basada en macros que fue diseñada para ser fácil de usar por los especialistas en incendios.

Si el tratamiento de combustibles sería en el norte o el sur de California

- El condado donde se ubicaría el tratamiento de combustible (se proporciona una lista desplegable)
- Si el tratamiento de combustible se ubicaría en una IFU
- Hasta tres actividades de tratamiento de combustible SASF. Estos pueden ser cualquier combinación de tres tratamientos mecánicos o quema (se proporciona una lista desplegable)
- Acres de cada tratamiento (pueden ser diferentes o iguales para cada actividad de tratamiento de combustible).

Después de ingresar estos datos, el programa calcula automáticamente los costos por acre de cada actividad de tratamiento y el costo total de cada actividad de tratamiento y el costo total.

Sentimos que esta es una herramienta útil y un enfoque utilizable. Dependiendo de la recepción de los especialistas en incendios en cuanto a la utilidad de esta herramienta, se podría mejorar mediante la programación profesional en un programa más pulido. Además, podría ampliarse a otros CCAG en los EE.UU. Nuestra investigación preliminar sobre estas otras Regiones del Servicio Forestal del USDA indican que existen datos SASF similares, con problemas equivalentes de calidad de datos, que de hecho existen y son susceptibles al mismo tipo de análisis estadístico y por lo tanto del programa que se realiza aquí.

Referencias

- González-Cabán, A. and C.W. McKetta.** 1986. Analyzing fuel treatment costs. *Western Journal of Applied Forestry* 1: 116-121.
- Rideout, D. and P. Omi.** 1995. Estimating the cost of fuels treatment. *Forest Science* 41(4): 664-674.
- USDA Forest Service.** 2013. FACTS User Guide. Available at: <http://fsweb.nrm.fs.fed.us>
- Wood, D. B. 1988.** Costs of prescribed burning in southwestern ponderosa pine. *Western Journal of Applied Forestry* 3(4): 115-119.