

Factor Riesgo Como Estrategia Para Validar la Priorización de Áreas Contra Incendios Forestales¹

José G. Flores Garnica², Alejandra Macías³, Uri D. Casillas⁴

Resumen

La limitación de recursos para el manejo de incendios forestales requiere priorizar áreas forestales para su protección. Para ello se usan criterios como riesgo de incendios. Con los que se generan mapas temáticos para apoyar la toma de decisiones. Sin embargo, previo a esto, se requiere de su validación, bajo un proceso estadísticamente robusto. No obstante, actualmente no se cuenta con uno, por lo que se debe partir del aspecto básico, como es la definición de la unidad de muestreo. Lo cual fue el objetivo del presente trabajo, donde se probaron diferentes tamaños de sitios de referencia (SIR), bajo cuatro intensidades de muestreo distribuidos al azar, a lo largo del estado de Jalisco, México. Dentro de cada SIR se determinó el número de incendios, del período 2005-2013. Dando como resultado, que la variabilidad del número de incendios disminuye conforme se incrementó el tamaño del SIR, hasta llegar a un comportamiento asintótico (alrededor de 100 km²). De esta forma, se determinó que un SIR de 100 km² captura la variabilidad del número de incendios, al cual se le denominó como Factor de Riesgo (FR). Finalmente, el uso de este parámetro apoyará la definición del proceso de validación del riesgo. Además, la estandarización del FR permitirá generar información, en diferentes regiones, que no solo sea comparable, sino compatible.

Palabras clave: Áreas prioritarias, factor riesgo (FR), sitios de referencia (SIR)

Introducción

Los incendios forestales son una de las causas más importantes de pérdida de cobertura forestal en el país. Se estima que en México cada año se presentan 8'900 incendios forestales (Cibrián y otros., 2014). De los cuales el 97 por ciento son

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

² Investigador titular Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP); Email: flores.german@inifap.gob.mx

³ Tesista de la Universidad de Guadalajara; Email: arboristale@gmail.com

⁴ Colaborador del proyecto "Validación científica de la metodología de evaluación de áreas prioritarias de protección contra incendios"; Email: green_5@hotmail.com

producidos por actividades humanas (CONAFOR, 2010). Debido a esto, la Comisión Nacional Forestal, a través del Programa Nacional de Prevención de Incendios Forestales, ha implementado una estrategia general de prevención y control de incendios forestales. Sin embargo, debido a que los recursos humanos y económicos son limitados, es necesario definir áreas de atención prioritaria (CONANP, 2009). Para esto se han desarrollado sistemas que evalúan los factores que condicionan la ocurrencia de incendios, y el comportamiento de los mismos (Dentoni y Muñoz, 2012; Julio, 1990). Estos factores se integran, en general, en criterios como riesgo, peligro y vulnerabilidad (Hardy, 2005), cada uno de los cuales se basan en la evaluación y ponderación de una serie de variables específicas (Rojo y otros., 2001). Esta ponderación puede hacerse bajo diferentes enfoques, como lo es el análisis multicriterio (Golubov y otros, 2014), donde grupos de expertos establecen comparaciones entre las variables usadas, y deciden por medio de diferentes métodos cuáles son aquellas que tienen la mayor influencia y les asignan valores de prioridad. Con base a esto, se puede generar cartografía, y estadísticos, que permiten ubicar y dimensionar áreas de atención prioritaria contra incendios forestales (Ager, Vaillant & Finney, 2010; CONAFOR, 2010.)

Sin embargo, el uso de la información de áreas prioritarias contra incendios forestales está totalmente condicionado a la comprobación de sus resultados. Ya que se puede caer en el error de atender áreas que en realidad no son prioritarias o, por el contrario, no atender áreas prioritarias. No obstante, sobre este tema son pocos los trabajos que refieren alguna forma de validación. Más aun, no se cuenta con una metodología estandarizada, que permita un proceso de validación sistemático, ni para la priorización en general, ni para cada uno de los criterios que la definen (Salvati & Ferrara, 2015). Por ejemplo, para el caso del criterio de riesgo, se tienen estrategias variadas, como: a) análisis de regresión logística para establecer las variables de mayor importancia, a través del muestreo aleatorio de unidades de 10 km² (determinada por la resolución espacial de la información usada) y la evaluación de la bondad del modelo de regresión logística (prueba Hosmer y Lemeshow) (Carillo, 2012; Mohammadi, Bavaghar & Shabanian, 2014); b) uso del Índice de Moran y el Coeficiente C de Geary para validar el índice de riesgo definido auto-correlación espacial (Pérez y otros., 2013); c) empleo de bases de datos con antecedentes de 160 días, escogidos en forma sistemática y al azar (5 días por mes y para cada una de las temporadas del período de estudio) (Julio, 1990), d) uso de imágenes de satélite (ej., Modis active fire), para complementar los datos de incendios registrados (Yeguez & Ablan, 2012; Chuvieco y otros, 2007).

Por otra parte, en este tipo de trabajos se ha encontrado que no se justifica adecuadamente el tamaño de la unidad de muestreo, que se usa para la validación. Y, nuevamente, existen formas en las que se determina este tamaño muestral, como, por

ejemplo: i) las variables se cartografían a una resolución espacial de un 1 km² (Chuvienco y otros.2007). De cualquier manera, en todos los casos la sección del tamaño de unidad de muestreo se hace arbitrariamente. De acuerdo con esto, uno de los primeros puntos que se deben definir, en el proceso de validación de áreas de riesgo de incendio, es una metodología que permita estandarizar tanto procesos, como el tamaño de la unidad de muestreo. Por lo que el propósito de este trabajo fue el determinar el tamaño de sitio, estadísticamente adecuado, para soportar dicha validación. A los cuales se les denominó como Sitios de Referencia (SIR), mientras que al número de incendios que se localizan en cada SIR se le nombra Factor de Riesgo (FR). De esta forma, una validación de riesgo determinada consistiría, básicamente, en un análisis comparativo entre el FR determinado en un punto dado y el FR que corresponde a cierta clase de riesgo de incendio forestal. Tradicionalmente, estas clases se definen dividiendo la sumatoria de los valores ponderados de cada variable, entre el número de clases a considerar (Castillo y otros., 2013; Julio, 2010). Sin embargo, en este trabajo se propone la determinación de los rangos de número de incendios con base a su probabilidad de ocurrencia. Es decir, considerando cierto número de varianzas para cada clase de riesgo de incendio forestal a determinar.)

Materiales y métodos

Para definir el área de referencia de riesgo de incendios forestales, se usó información correspondiente al estado de Jalisco, el cual se ubica en el occidente de México: al Norte 22° 45' y al sur 18° 55' de latitud norte, al este 101° 30', al oeste 105° 42' de longitud oeste (*figura 1*). Su superficie comprende 78,588 km², donde en el 68 por ciento predomina el clima cálido subhúmedo (costa y la zona centro), en el 18 por ciento de su territorio el clima es templado subhúmedo (partes altas de las sierras) y el 14% del estado es seco y semiseco (Norte y Noreste). La temperatura media anual es de 20.5° C y la precipitación promedio anual son 850 mm aproximadamente, aunque en las zonas costeras es de más de 1,000 milímetros. Dominan los bosques de coníferas y encinos; le siguen en importancia las selvas caducifolias y subcaducifolias (sierra que colinda con la costa); hay pastizales (norte y noroeste del estado); matorrales y áreas cubiertas de pasto; palmares, manglares y tulares (zona costera) (IIEG, 2014).

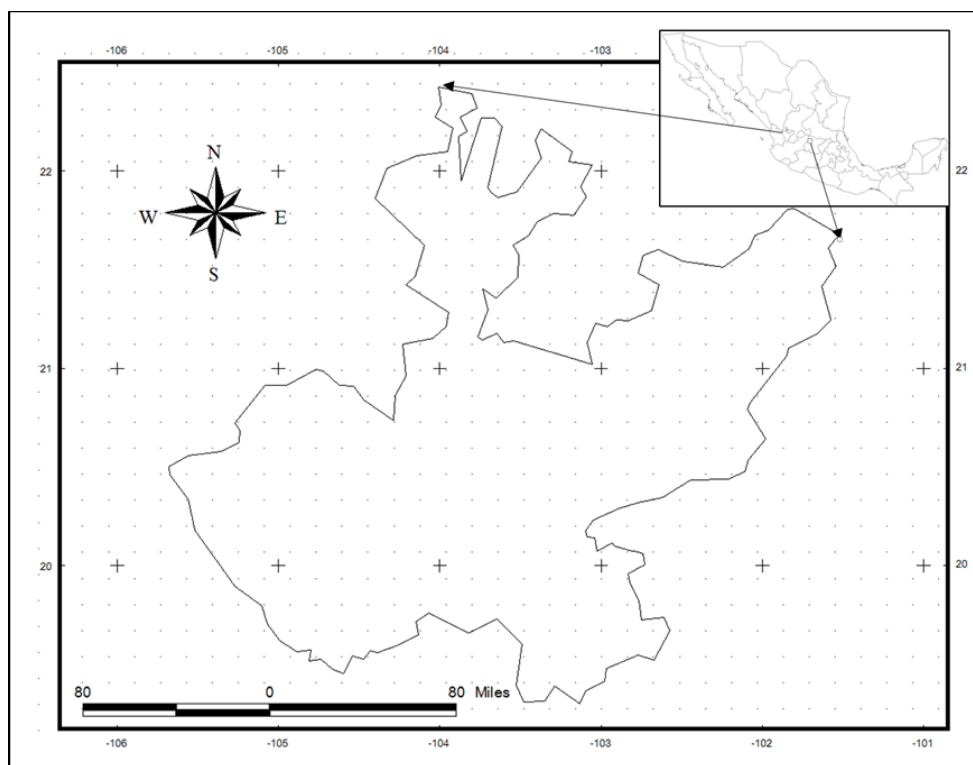


Figura 1— Ubicación del área de estudio, que corresponde al estado de Jalisco, México.

Ocurrencia de incendios forestales

En promedio, en el estado de Jalisco se queman entre 17,000 (SEMADET, 2014) y 20,761.58 (Dato calculado, de la Base de datos de CONAFOR, 2015 de registro de ocurrencia de incendios) hectáreas cada año, con un número promedio de 500 (SEMADET, 2014) a 566 (CONAFOR, 2015) incendios por año. El tipo de vegetación más afectado son los pastizales, con un promedio de casi 7,000 ha por año. Le siguen las áreas forestales con arbustos y matorrales, donde se afectan cada año un promedio de casi 6,000 ha. Las áreas con arbolado adulto, en promedio, son afectadas en 2,500 ha. (SEMADET, 2014).

Sitios de referencia

En este proyecto se define la superficie, de la unidad de muestreo, más adecuada que permitiera captar la variabilidad del número de incendios forestales. Por lo cual, se analizaron una serie de superficies, que definieron áreas denominadas como sitios de referencia (SIR). Estos sitios fueron polígonos circulares, definidos con las siguientes superficies: 1, 2, 4, 8, 10, 15, 30, 50, 70, 100, 150 y 200 km². Estos polígonos se ubicaron concéntricamente en los sitios de muestreo. Y posteriormente con base a la

información de estadísticas de los incendios de la CONAFOR (2005 – 2013) (*figura 2*), se ubicaron geográficamente cada uno de los incendios forestales reportados. Esto permitió hacer un conteo y registro de los incendios que se localizaban dentro de cada SIR (*figura 3*). Por otra parte, con el objetivo de captar la variabilidad de número de incendios que podría presentarse debido a la densidad de puntos de muestreo, se establecieron las siguientes intensidades de muestreo: 100, 300, 500 y 1000 puntos. En todos los casos, el muestreo fue distribuido completamente al azar a lo largo del estado de Jalisco, México.

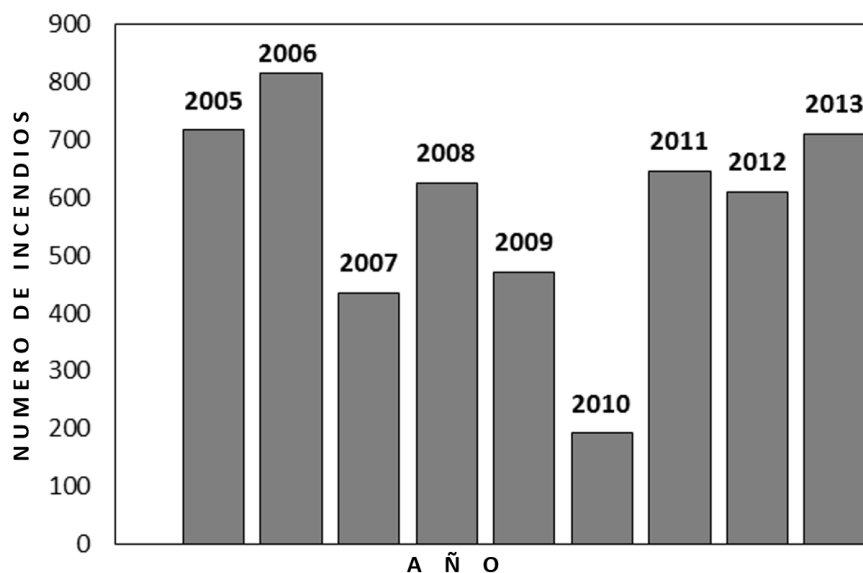


Figura 2— Número de incendios por año en el estado de Jalisco, en el periodo del 2005 al 2013 (CONAFOR, 2015).

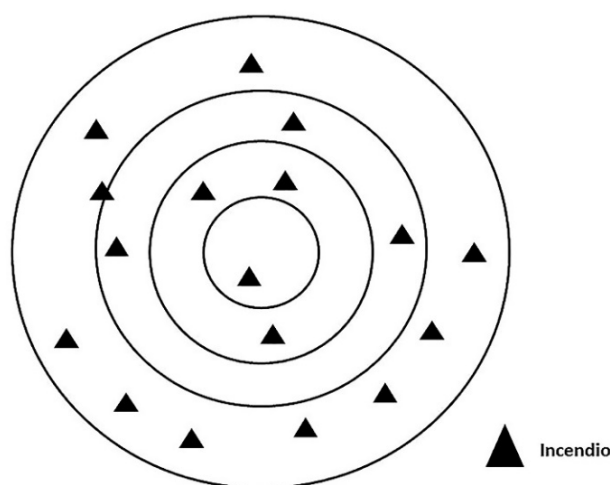


Figura 3— Esquematación teórica de la localización de incendios forestales en referencia a la variación de superficies analizadas.

Análisis de variabilidad

Considerando cada una de las cuatro intensidades de muestreo señaladas, se determinó el número de incendios en cada uno de los SIR's correspondientes. Con base a esto, se generaron estadísticos descriptivos en relación al número de incendios por cada una de las doce superficies analizadas. Por otra parte, a través de análisis de varianza y pruebas de medias de Tukey, se observó si la diferencia entre el número de incendios por superficie fue significativa. Posteriormente, para definir la superficie del SIR que captara la variabilidad del número de incendios, se graficó la variación de esta variabilidad (coeficiente de variación) en relación a los 12 tamaños de SIR. Como criterio de variabilidad se usó el coeficiente de variación, ya que describe la cantidad de variabilidad (en relación con la media) sin basarse en las unidades. Por lo que, a diferencia de la desviación estándar, se puede comparar la dispersión de las diferentes intensidades de muestreo, utilizadas en este trabajo, independientemente de la diferencia en sus medias. Estas graficas se generaron en forma independiente para cada una de las cuatro intensidades de muestreo probadas. En estas graficas se determinó la superficie del SIR donde la tendencia de la variabilidad inicia un comportamiento asintótico. Con la cual se determinó el Factor de Riesgo, que significa el número de incendios que se ubican dentro dicha superficie (SIR).

Resultados y discusión

Estadísticos de SIR's

Con base a las cuatro intensidades de muestreo probadas (100, 300, 500 y 1000 sitios), se calcularon los estadísticos correspondientes a los diferentes tamaños de sitio evaluados (*tabla 1*). Sin importar el tamaño del sitio, el valor mínimo fue de cero incendios. Mientras que el número máximo de incendios por sitio fue desde 8 (en 1 km²), hasta 276 (en 200 km²). Por otro lado, de acuerdo con las medias y las modas, se deduce que en la mayoría de los SIR muestreados no se ubicó ningún incendio. En cuanto a la variabilidad, considerando el coeficiente de variación, esta se empieza a estabilizar a partir del tamaño de sitio de 70 km².

Tabla 1— Estadísticos del número de sitios que se ubican por tamaño de sitio, en relación a las intensidades de muestreo.

Intensidad de		Tamaño del sitio (km ²)											
Estadístico	muestreo	1	2	4	8	10	15	30	50	70	100	150	200
Media	100	0.01	0.06	0.16	0.37	0.49	0.74	1.5	2.44	3.33	4.66	6.75	8.97
	300	0.05	0.09	0.23	0.47	0.55	0.8	1.48	2.45	3.32	4.62	7	9.41
	500	0.05	0.11	0.21	0.42	0.53	0.77	1.41	2.36	3.31	4.73	7.36	9.89
	1000	0.04	0.08	0.15	0.3	0.38	0.61	1.26	2.11	2.92	4.18	6.31	8.53
Error típico	100	0.01	0.03	0.05	0.12	0.16	0.21	0.37	0.57	0.76	0.94	1.22	1.57
	300	0.02	0.03	0.09	0.15	0.16	0.2	0.3	0.45	0.56	0.7	0.96	1.19
	500	0.01	0.03	0.05	0.09	0.11	0.15	0.24	0.36	0.44	0.58	0.83	1.06
	1000	0.01	0.01	0.02	0.04	0.04	0.06	0.12	0.18	0.22	0.3	0.41	0.53
Desviación estándar	100	0.1	0.28	0.53	1.24	1.6	2.14	3.67	5.72	7.55	9.41	12.24	15.7
	300	0.34	0.55	1.51	2.59	2.74	3.5	5.25	7.8	9.67	12.21	16.61	20.62
	500	0.25	0.77	1.23	2.09	2.55	3.45	5.47	8.14	9.89	12.88	18.48	23.83
	1000	0.31	0.43	0.69	1.15	1.41	1.96	3.66	5.62	7.1	9.39	13.09	16.82
Varianza de la muestra	100	0.01	0.08	0.28	1.55	2.56	4.6	13.46	32.73	57.07	88.49	149.8	246.5
	300	0.12	0.3	2.28	6.68	7.51	12.24	27.53	60.8	93.48	149.1	275.9	425.1
	500	0.06	0.6	1.51	4.37	6.49	11.89	29.96	66.22	97.89	166	341.5	567.8
	1000	0.1	0.19	0.47	1.33	1.99	3.84	13.43	31.53	50.44	88.26	171.5	283
Coeficiente de variación	100	10	4.63	3.29	3.36	3.26	2.9	2.45	2.34	2.27	2.02	1.81	1.75
	300	6.43	6.12	6.66	5.46	4.95	4.35	3.55	3.18	2.91	2.64	2.37	2.19
	500	5.19	7.19	5.87	5.03	4.83	4.5	3.89	3.45	2.99	2.72	2.51	2.41
	1000	8.36	5.74	4.62	3.86	3.73	3.22	2.91	2.67	2.43	2.25	2.07	1.97

Factor de Riesgo (FR)

La *figura 4* define la variabilidad, basada en el coeficiente de variación, en relación al tamaño del sitio. Donde es posible observar que la variabilidad del número de incendios disminuye conforme el SIR incrementa su tamaño. Esto ocurre en todas las intensidades de muestreo, hasta llegar a una asíntota, donde los valores del coeficiente de variación tienden a estabilizarse. En el caso de la intensidad de muestreo de 100 sitios, el coeficiente de variación (CV) empieza a estabilizarse a un tamaño de sitio de 40 km², alcanzando un comportamiento asíntótico cuando la superficie del SIR está entre los 80 y 100 km². Para la intensidad de muestreo de 200, la asíntota de la curva se inicia en el SIR de 100 km². Por otra parte, las intensidades de muestreo de 300 y 500 sitios definieron tendencias similares en la disminución del CV. Alcanzando un inicio de la disminución del CV aproximadamente a un tamaño de sitio de 80 km². Mientras que la estabilización del CV se define entre los SIR's de 120 y 140 km². Finalmente, tendencia de la variabilidad en la intensidad de muestreo de 1000 sitios inicia un comportamiento asíntótico entre los 60 y 80 km². Alcanzando, aproximadamente, el menor CV a un tamaño de SIR de 100 km².

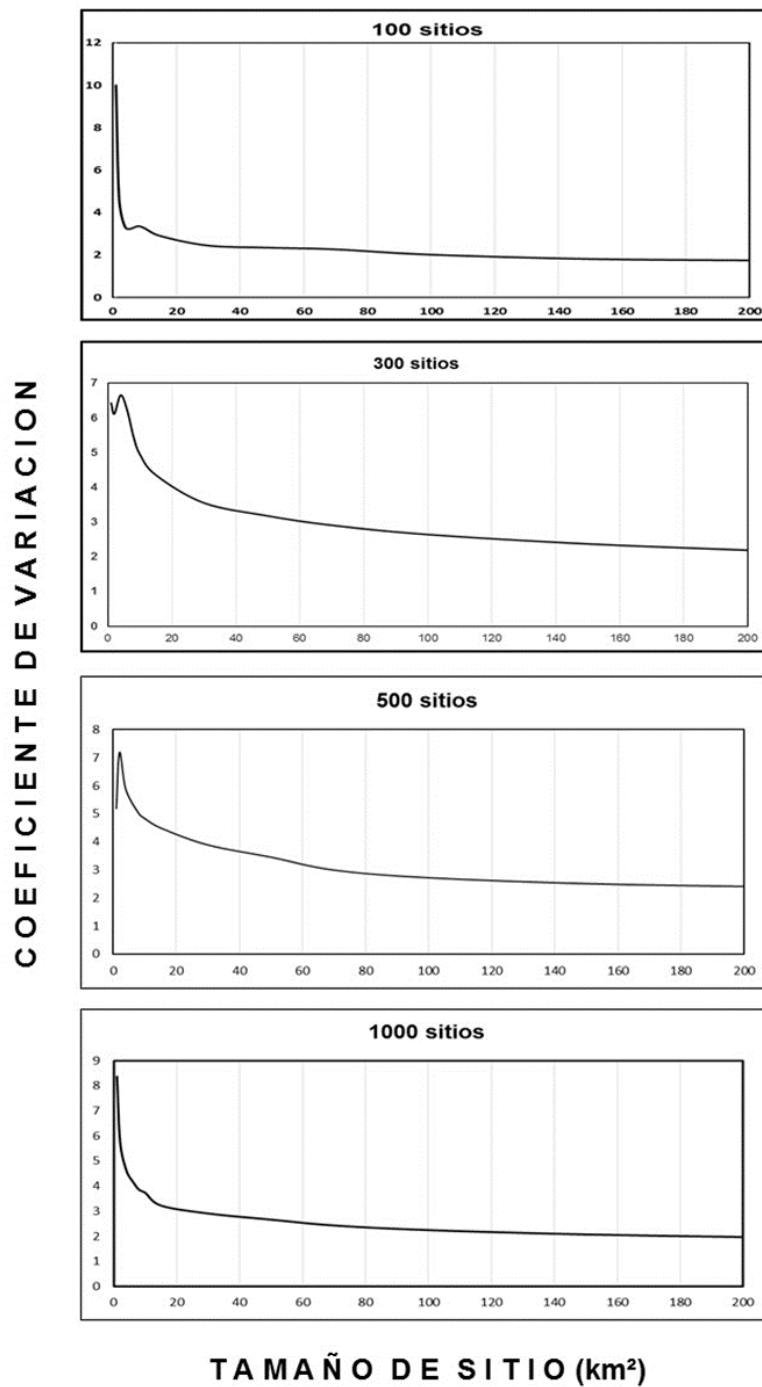


Figura 4—Tendencia del coeficiente de variación en relación al tamaño de sitio, para diferentes intensidades de muestreo.

De acuerdo a lo anterior, se considera que, en general, el comportamiento asintótico del CV se presenta en un tamaño de SIR de, aproximadamente, 100 km². Por lo que esta superficie se usó para definir el Factor de Riesgo. Aunque, en los

casos de las intensidades de muestra de 300 y 500 sitios, el comportamiento asintótico se define más claramente en entre los SIR's de 120 y 140 km², la disminución del CV que se logra, en relación al SIR de 100 km² no es significativa. Esto se corrobora al comparar los valores de CV que se determinan en cada una de las intensidades de muestreo probadas (*cuadro 1*). Donde los valores de CV son muy similares, entre las diferentes intensidades de muestreo, considerando un SIR de 100 km², 2.01864, 2.64275, 2.72100 y 2.24920 respectivamente para 100, 300, 500 y 1000 sitios muestreados. Con base a toda esta información, el factor de riesgo se conceptualiza como el número de incendios que se ubican en una superficie circulares de 100 km².

Número de incendios por hectárea

El Factor de Riesgo (número de incendios en 100 km²), puede referirse también como el número de incendio por hectárea (NIH). La *figura 5* muestra la tendencia del NIH, estimado con base al número de incendios que se ubicó en promedio en cada uno de los tamaños de sitio probados. Los cuales, a su vez, se diferencian por cada una de las intensidades de muestreo probadas. Los valores de NIH variaron en un rango que va desde los 0.00010 hasta los 0.00060 NIH. Como se observa, existe una alta variabilidad en el número de incendios por hectárea en los SIR's menores a 30 km². Esto incluso considerando las diferentes intensidades de muestreo. Por otra parte, a después de SIR de 30 km², el promedio de NIH se estabiliza entre los 0.00040 y los 0.00050 NIH. La intensidad de muestreo que mostro mayor variabilidad fue la de 100 sitios. Mientras que las intensidades de 500 y 1000 sitios presentaron una tendencia más constante. Finalmente, el tamaño de SIR de 100 km² define una estabilización en el número de incendios por hectárea.

Considerando lo anterior, se hicieron análisis de varianza para las intensidades de muestra de 500 y 1000 sitios. En ambos casos las diferencias fueron significativas, ($p=0.0001$). Lo cual implica que existe diferencia entre las del número de incendios forestales que se ubican en cada uno de los 12 tamaños de sitios. La *figura 6* muestra las relaciones comparativas resultantes de la prueba de Tukey, con la que se compararon cada tamaño de sitio con todos los demás. Se resalta que, tanto para la intensidad de muestreo de 500, como la de 1000 sitios, las medias de los SIR's de 100, 150 y 200 km², resultaron ser diferentes en comparación al resto de los SIR's.

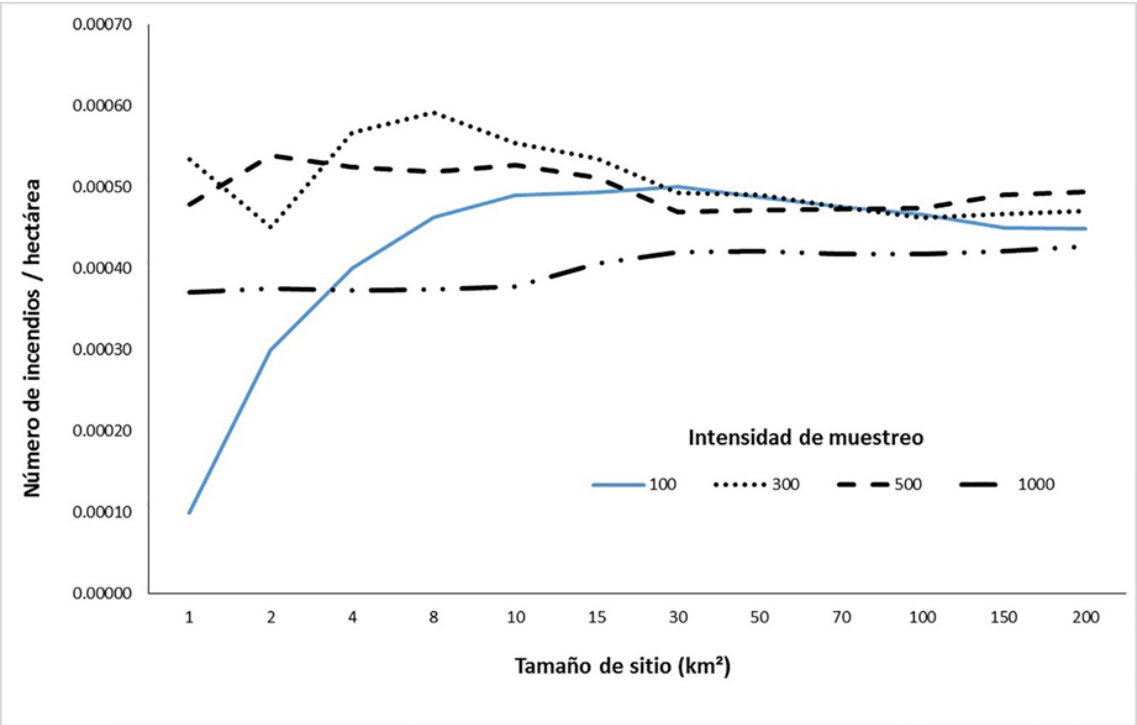


Figura 5—Comportamiento de la media del número de incendios forestales por hectárea, por tamaño de sitio e intensidad de muestreo.

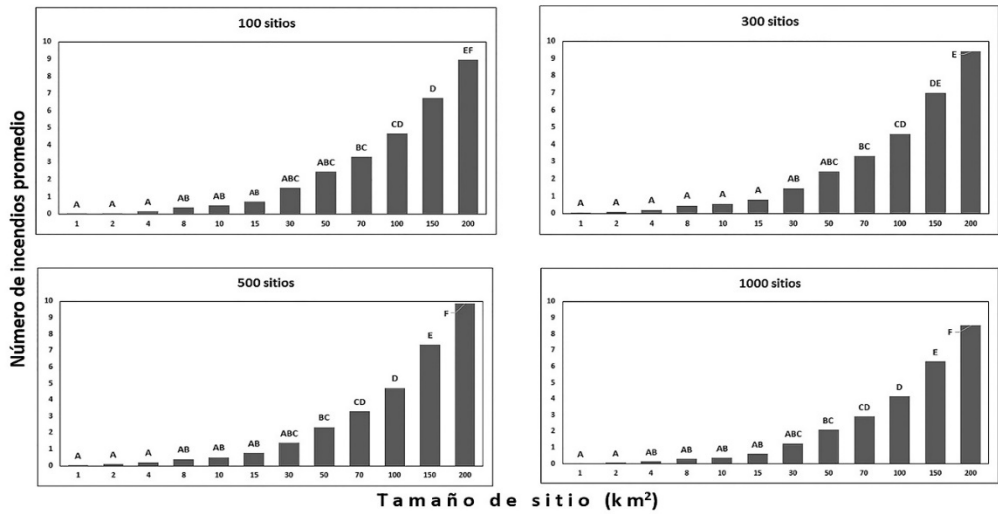


Figura 6—Resultado de la comparación de medias (prueba de Tukey), de los diferentes tamaños de sitio, en relación a las intensidades de muestreo

Conclusiones

Con base a los resultados del presente estudio se definen las siguientes conclusiones:

- 1) La variación del número de incendios se empieza a estabilizar, aproximadamente, a un tamaño de SIR de 100 km².
- 2) Las diferentes intensidades de muestreo definieron tendencias similares en cuanto a la variabilidad del número de incendios.
- 3) El Factor de Riesgo (FR) se conceptualiza como el número de incendios detectados dentro de una superficie circular de 100 km².
- 4) Existe diferencia significativa, en el número de incendios, ubicados en los diferentes tamaños de SIR.
- 5) Aunque es posible definir el número de incendios por hectárea (NIH), su estimación se basa en la definición del FR. Por lo que solo debe usarse para fines comparativos cuando la superficie a analizar sea menor a 100 km².
- 6) El FR puede ser usado para apoyar la definición de una estrategia estandarizada de validación en la definición de áreas de riesgo de incendios forestales.
- 7) Con base al FR se puede determinar el número de incendios forestales de una serie de sitios de muestreo. Con lo que se podrá no solo hacer comparaciones, sino también el compartir información entre diferentes áreas.

Referencias

- Ager, A.A., Vaillant, N.M. & Finney, M.A. 2010. A comparison of landscape fuel treatment strategies to mitigate wildland fire risk in the urban interface and preserve old forest structure. *Forest Ecology and Management*, 259: 1556-1570.
- Calkin, D.E., Cohen, J.D., Finney, M.A. & Thompson, M.P. 2014. How risk management can prevent future wildfire disasters in the wildland-urban interface. *PINAS*, 111(2): 746-751.
- Calkin, D.E., Thompson, M.P., Finney, M.A. & Hyde, K.D. 2011. A real-time risk assessment tool supporting wildland fire decision-making. *Journal of Forestry*, 109: 274-280.
- Carrillo, G. R., Rodríguez, T.D, Hubert, T., Monterroso, R. & Santillan, P. 2012. Análisis espacial de peligro de incendios forestales en Puebla, México. *INTERCIENCIA*, 37(9), 678-683.
- Castillo, S., Garfias, S., Julio, A. & Correa, J. 2013. Riscos: Naturales, Antrópicos e Mistos. Incendios forestales en Chile. Análisis general de riesgos. Universidad de Coímbra. Portugal.
- Chuvienco, E., Aguado, I., Yebra, M., Nieto, H., Martín, M., Vilar, L., Salas, J. 2007. Generación de un Modelo de Peligro de Incendios Forestales mediante Teledetección y SIG. Ed. Martin. Pp. 19-26.
- Cibrian, T., Martínez, D. & Raygoza M. 2014. Incendios forestales. Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) Serie Fascículos. Secretaria de Gobernación. CONAFOR. México. 44 p.

- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP).** 2009. Estudio de inventario de combustibles y generación de información base para el Programa de Manejo Integrado de Fuego en los Chimalapas. México: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR).** 2010. Incendios forestales. Guía práctica para comunicadores. 3a ed. México: Autor.
- Dentoni, M. C., & Muñoz, M.M.** 2012. Evaluación de peligro de incendios. Informes técnicos. Sistemas de evaluación de peligro de incendios. Informe técnico N. 1. Argentina. Plan Nacional de Manejo del Fuego. Programa Nacional de Evaluación de Peligro de Incendios y Alerta Temprana.
- Golubov, J., Mandujano, S., Guerrero-Eloisa, R., Mendoza, Koleff, González, A., Barrios, Y. & Born, G.-SCHMIDT.** 2014. Análisis multicriterio para ponderar el riesgo de las especies invasoras, en R. Mendoza y P. Koleff (coords). Especies acuáticas invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, pp.123-133.
- Hardy, C.C.** 2005. Wildland fire hazard and risk: Problems, definitions, and context. *Forest Ecology and Management*, 211: 73-82.
- Instituto de Información Estadística, Geográfica. (IIEG).** 2014. Conociendo Jalisco. Gobierno del Estado Jalisco. México: Autor.
- Julio, A.** 1990. Diseño de índices de riesgo de incendios forestales para Chile. *Bosque*, 1(2): 59-72.
- Martín I., M.P. & Rejalaga N., L.K.** 2010. Cartografía de incendios forestales en Paraguay mediante imágenes Aqua-Modis. *Serie Geográfica*, 16: 61-70.
- Mildrexler, D., Yang, Z., Cohen, W.B. & Bell, D.M.** 2016. A forest vulnerability index based on drought and high temperatures. *Remote Sensing of Environment*, 173:314-325.
- Mohammadi, F., Bavaghar, M. R. & Shabanian N.** 2014. Forest fire risk zone modeling using logistic regression and GIS: an Iranian case study. *Small-scale Forestry*, 13, 117-125.
- Pan, J., Wang, W. & Li, J.** 2016. Building probabilistic models of fire occurrence and fire risk zoning using logistic regression in Shanxi Province, China. *Nat Hazards*, 81: 1879-1899.
- Pérez, V., Márquez, L., Cortés, O. & Salmerón, M.,** 2013. Análisis espacio-temporal de la ocurrencia de incendios forestales en Durango, México. *Madera y Bosques*, 19 (2): 37-58.
- Rojo, M., Santillán, P., Ramírez, M. & Arteaga M., B.** 2001. Propuesta para determinar índices de peligro de incendio forestal en bosque de clima templado en México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 7(1): 39-48.
- Salvati, L. & Ferrara, A.** 2015. Validation of MEDALUS Fire Risk Index using Forest Fire Statistics through a multivariate approach. *Ecological Indicators*, 48, 365-369.
- Schroeder, W., Csiszar, I., Giglio, L., and Schmidt, C.C.** 2010. On the use of fire radiative power, area, and temperature estimates to characterize biomass burning via moderate to coarse spatial resolution remote sensing data in the Brazilian Amazon. *Journal of Geophysical Research*, 115: 1-10.
- SEMADET.** 2015. Consultado 13 de enero de 2016 en <http://incendios.semadet.jalisco.gob.mx/estadisticas>.
- Vilar, H. L., Martín, I. M.P. & Martínez, V. F. J.** 2011. Logistic regression models for human-caused wildfire risk estimation: analysing the effect of the spatial accuracy in fire occurrence data. *Eur J Forest Res*, 130, 983-996.

Yeguez, M. & Ablan, M. 2012. Índice de riesgo de incendio forestal dinámico para la cuenca alta del río Chama. *Revista Forestal Venezolana*, 56 (2): 127-134.