

Mapeo del índice de peligro de incendio forestal en el bosque de coníferas del Área Natural Protegida de Flora y Fauna: Maderas del Carmen, Coahuila

RECIBIDO: 15/10/15 ACEPTADO: 02/04/16

NÉSTOR FABIÁN BRONDI RUEDA *
 FREDDY XAVIER LASSO GARZÓN **
 ALEJANDRO ESPINOSA TREVIÑO***

RESUMEN

El fuego es un elemento de importancia en el desarrollo de los ecosistemas, sin embargo cuando es propagado sin control en zonas como selvas y bosques, los efectos negativos al ambiente y ecosistemas son considerables. El Área Natural Protegida de Flora y Fauna de Maderas del Carmen (ANPFFMC) no es una excepción, por lo que el objetivo principal de este trabajo fue mapear el índice de combustible forestal del bosque de coníferas del ANPFFMC, a través de la estimación de combustibles muertos y la carga de la capa orgánica. Se muestrearon 22 conglomerados, la vegetación se delimitó a través de la clasificación de una imagen del satélite Landsat-8. Los resultados permitieron mapear el índice de peligro de incendio forestal a través del método estadístico de interpolación "spline with barriers" generando una barrera de interpolación con la imagen supervisada. Los valores promedio obtenidos para combustibles de 1 hora fueron de 1.22 t-ha⁻¹, para 10 horas 5.24 t-ha⁻¹, para 1,000 horas (Sin pudrición) 8.82 t-ha⁻¹, para combustible de 1,000 horas (Con pudrición) 27.56 t-ha⁻¹. El peso promedio de la carga de la capa orgánica fue de 27.56 t-ha⁻¹ con una profundidad promedio de 2.35 cm.

Palabras clave: combustible forestal, transectos planares, capa orgánica, tiempo de retardo.

MAPPING THE CONTENTS OF FOREST FIRE IN THE CONIFER FOREST NATURAL PROTECTED AREA OF FLORA AND FAUNA: MADERAS DEL CARMEN, COAHUILA

ABSTRACT

Fire is an important element in the development of ecosystems, however when it is spread out of control in areas such as forests and woodlands, the negative effects to the environment and ecosystems are considerable. The Natural Protected Area of Flora and Fauna of Maderas del Carmen (ANPFFMC) is no exception, so the main objective of this work was mapping the rate of forest fuel from the forest of conifers of the ANPFFMC, through the estimation of dead fuels and the burden of the organic layer. 22 conglomerates were sampled, the vegetation was delimited through the classification of a Landsat-8 satellite image. The results allowed mapping the rate of risk of forest fire through the statistical interpolation method "spline with barriers" generating a barrier of the supervised image interpolation. The average values obtained for 1 hour fuels were 1.22 t-ha⁻¹, to 5.24 hours t-ha⁻¹, for 1,000 hours ((With rot) 27.56 t-ha⁻¹. The average weight of the load of the organic layer was 27.56 t-ha⁻¹ with an average depth of 2.35 cm.

Keywords: forest fuel, transects planar, organic layer, delay time

1. INTRODUCCIÓN

A consecuencia de la devastadora temporada de incendios suscitada en México durante el año de 1998, se impulsaron diferentes planes y acciones con la finalidad de fortalecer las capacidades del país para poder enfrentar estos eventos así como del manejo del fuego (Morfin *et al.*, 2012). Los incendios forestales por lo general suelen suceder después de una larga temporada de sequía, en la cual se produce una mayor acumulación de biomasa seca sobre la superficie creándose una cubierta vegetal muerta que proporciona las condiciones adecuadas para que exista continuidad necesaria para su expansión. El fuego se origina teniendo tres elementos base: Calor, oxígeno y combustible, los bosques en particular son los más expuestos a este hecho debido a la acumulación de combustibles. El combustible forestal es toda la materia orgánica ubicada sobre la superficie de los bosques, de este manera las áreas donde exista una mayor concentración de combustible forestal serán aquellas con alta probabilidad de ser incendiadas con mayor intensidad (Alanís y Sánchez, 1994). La acumulación de combustible forestal puede ser estimada de una forma económica y efectiva mediante el uso de técnicas de teledetección que proporcionan una cobertura espacial y temporal adecuada para este tipo de trabajos, reduciendo el costoso trabajo de campo (Cocero *et al.*, 2004). La integración de datos espaciales en un sistema de información georreferenciada permite almacenar y procesar una gran cantidad de datos, así como llevar a cabo análisis espaciales con información procedente de varias fuentes y con distintos formatos (Sunar & Özkan, 2001). Entre los años 70's y 80's el ANPFFMC fue una zona forestal de mucha importancia, durante este tiempo una empresa maderera extrajo las siguientes especies: Pino (*Pinus ponderosa*, *Pinus strobiformis* y *Pinus arizonica*), Abies (*Abies coahuilensis*), Oyameles (*Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii*), Encino (*Quercus intricata*, *Q. pringlei*, *Q. laceyi*, *Q. hypoxanta*) y Ciprés (*Cupressus arizonica*).

En el año 1982 esta compañía llevó a cabo estudios dasonómicos, posteriormente solicitando el permiso de derribo, desarme y troceo de cantidades importantes de árboles por hectárea lo cual fue autorizado; al poco tiempo la compañía quebró, abandonando el proyecto y dejando en el terreno todo el material derribado. Esta

* Magíster en Ciencias Ambientales Plataforma Nacional ante desastres - Perú.
 E-mail: fabianbrondi@hotmail.com

** Magíster en Ciencias Ambientales - Ecuador. E-mail: freddy_xaviercito@hotmail.com

*** Doctor en Ciencias, Biología, Manejo de Vida Silvestre Desarrollo Sustentable- Mexico.
 E-mail: alejandroespinoza@cemex.com

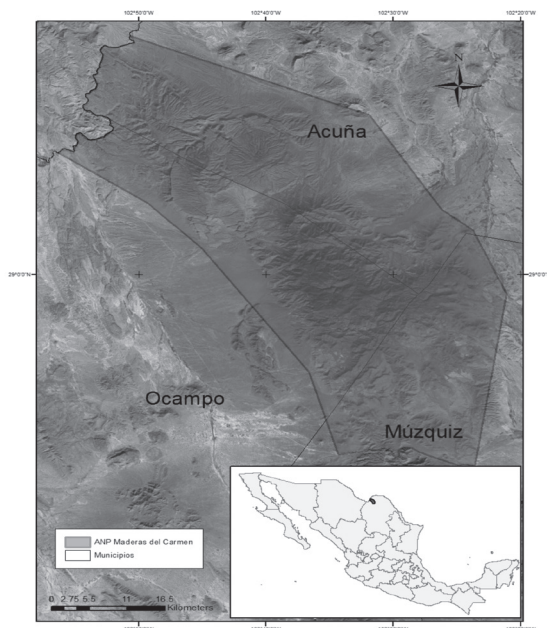
situación hoy en día provoca que haya una carga de combustibles elevada ubicando a esta zona boscosa como de riesgo para incendios de tipo catastrófico (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP], 2015). El objetivo de esta investigación consistió en mapear el índice de peligro de incendio forestal, en el bosque de coníferas del ANPFFMC.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio

El APFFMC se ubica en el extremo noroeste del estado de Coahuila (Figura 1), situada en tres municipios: Múzquiz, Ocampo y Acuña; limita por el norte y noroeste con el río Bravo, es colindante con el parque Nacional Big Bend, por el lado oeste y por el sur limita con la carretera Melchor Múzquiz-Boquillas del Carmen y por el lado este con el camino El Melón-La Linda. La altitud fluctúa entre los 500 a 2720 msnm, en las áreas menores de 1000 m el clima es muy seco semicálido con escasas lluvias todo el año. Las precipitaciones pueden alcanzar los 200 mm, y la temperatura promedio es de 22 °C. A partir de los 1400 msnm el clima es seco semicálido con temperaturas más bajas, la temperatura media anual se encuentra entre el rango de los 18 a 20 °C. La vegetación existente está constituida por: Matorral rosetófilo, microfilo, bosque pino-encino, bosque de pino, bosque de encino, bosque de ayarín y pastizal (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP], 2015).

Figura 1. Ubicación del Área Natural Protegida de Flora y Fauna Maderas del Carmen.

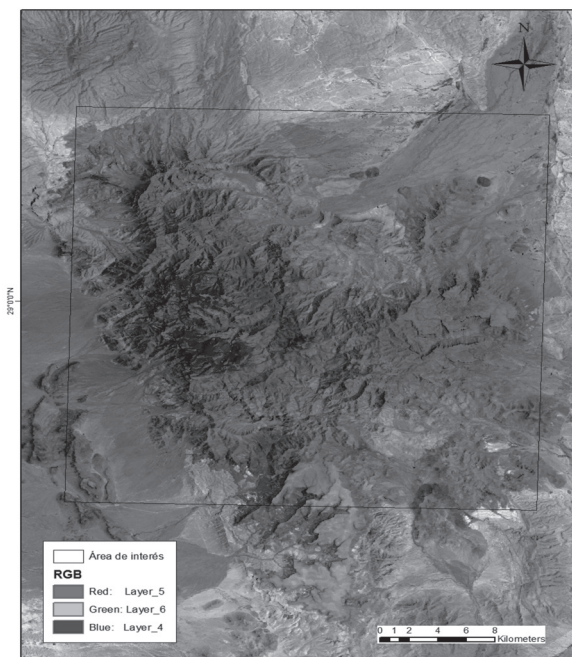


Fuente: Elaboración propia.

2.2. Datos de percepción remota y SIG

La imagen empleada para este trabajo se obtuvo a través del satélite Landsat 8 LDCM, con fecha 12 de junio de 2014 (Figura 2). Para delimitar el bosque de interés (Bosque de coníferas) se utilizó el método de clasificación supervisada (Escuin et al., 2002). Se empleó como guía la cartografía digital de INEGI - Serie V de vegetación con una escala de 1:250,000 y reconocimiento de terreno. Se realizó la evaluación estadística de las áreas de entrenamiento, se analizó la separabilidad espectral de las clases temáticas (Bosque de coníferas, bosque mixto, bosque de latifoliadas, matorral xerófilo y pastizal), máxima verosimilitud, análisis de separabilidad y finalmente el porcentaje de precisión.

Figura 2. Imagen LandSat 8 LDCM de la zona de interés, combinación de bandas rojo 5, verde 6 y azul 4, del 12 de junio de 2014.



Fuente: Elaboración propia.

2.3. Muestreo y selección

El bosque de coníferas tiene un área aproximada de 8,523 ha esta delimitación respondió al resultado de la clasificación supervisada de la imagen. El tipo de muestreo fue por conglomerado y aleatorio, se determinaron 22 sitios de muestreo (Figura 3) cada sitio contó con 16 líneas representando una hectárea, según Sánchez y Zerecero (1983) de manera general para cualquier tipo de bosque se recomienda inventariar

de 15 a 20 líneas, esta intensidad dio como resultado estimaciones con un porcentaje de error de 20 % o menor. Se construyó una malla de 1 x 1 km para cubrir el bosque de coníferas, las consideraciones tomadas en cuenta para la ubicación de los conglomerados fueron: Homogeneidad de la vegetación, densidad y accesibilidad a los sitios de muestreo.

2.4. Métodos

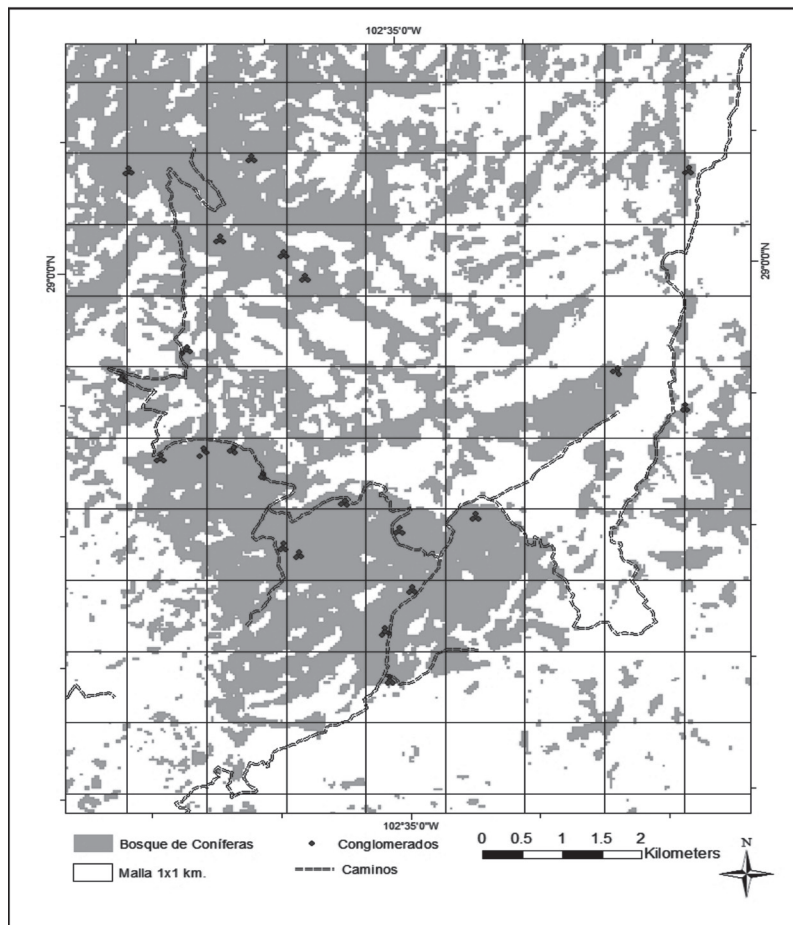
Para el material leñoso se aplicó la técnica de estimación de combustible forestal descrita por Brown (1974), traducida y adaptada por Sánchez y Zerecero (1983), la cual consiste en el conteo de las piezas leñosas caídas, siendo estas intersectadas por la línea de muestreo o transecto. Las piezas serán contabilizadas de acuerdo a su diámetro y ubicación en el transecto (Figura 4).

Esto quiere decir que las piezas entre 0.1 y 2.5 cm de diámetro serán contabilizadas entre los 15 y 20 mts,

las piezas entre 2.5 y 7.5 cm de diámetro dentro de los 20 mts, de igual forma las piezas mayores de 7.5 cm. de diámetro con pudrición y sin pudrición (Morfin et al., 2012). La cantidad de piezas contabilizadas en cada sitio de acuerdo a su diámetro fueron convertidas a t-ha-1 aplicando las ecuaciones de gravedad (Cuadro 1) y corrección de pendiente propuestas por Sánchez y Zerecero (1983).

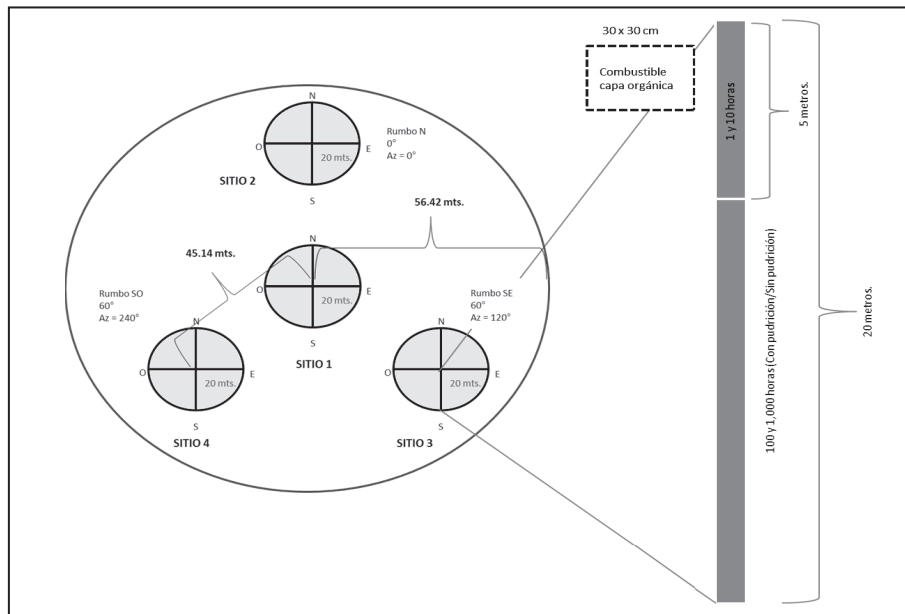
Para la estimación de la carga de humus y hojarasca, se recolectó diez muestras utilizando un cuadro de 30 x 30 cm. Se tomó el peso total de las diez muestras en cada sitio, posteriormente el material colectado (Tres muestras de 100 gr. por sitio) fue conducido al laboratorio para eliminarles la humedad en el horno de secado a una temperatura de 60° C (Norum y Fischer, 1980). Estas permanecieron hasta obtener un peso constante, finalmente se procedió a la conversión a toneladas por hectárea de las muestras de humus y la hojarasca de cada sitio.

Figura 3. Ubicación de 22 conglomerados en el bosque de coníferas del ANPFFMC, la difícil topografía obligó a ubicar los sitios de muestreo en función al acceso permitido por las veredas existentes en la zona de interés.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Estructura de la unidad de muestreo, en donde se aprecia la configuración del transecto con una dimensión de 20 m en cada línea se contabiliza la frecuencia de combustibles identificados de acuerdo con su diámetro, de igual forma la estimación del combustible de la capa orgánica.



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 1. Ecuaciones de gravedad de acuerdo al diámetro del combustible leñoso.

Tiempo de retardo	Diámetro de las piezas (centímetros)	Ecuación
1 hora	< 0.6	$P_{(a)} = \frac{(0.484) (n) (c)}{(N) (L)}$
10 horas	0.6 - 2.5	$P_{(b)} = \frac{(3.369) (n) (c)}{(N) (L)}$
100 horas	2.5 - 7.5	$P_{(c)} = \frac{(3.6808) (n) (c)}{(N) (L)}$
1000 horas	> 7.5 (sin pudrición)	$P_{(d)} = \frac{(1.46) (d^2) (c)}{(N) (L)}$
1000 horas	> 7.5 (sin pudrición)	$P_{(d)} = \frac{(1.46) (d^2) (c)}{(N) (L)}$
1000 horas	> 7.5 (con pudrición)	$P_{(e)} = \frac{(1.46) (d^2) (c)}{(N) (L)}$

Donde:

P(x) = Peso de los combustibles, expresados en toneladas métricas por hectáreas.

n = Frecuencia o número de intersecciones.

c = Factor de corrección por pendiente.

d² = Sumatoria de los cuadrados de los diámetros de cada troza o rama mayor a 7.5 cm.

N = Número total de líneas de muestreo para una zona específica.

L = Longitud de línea de muestreo dada en pies lineales, donde 1 m = 3.28 pies.

2.5. Análisis estadístico.

Con los resultados de los 22 conglomerados se determinaron variables cuantitativas las cuales fueron analizadas a través de prueba ANOVA de un solo factor, test de Tukey (Sokal y Rohlf, 1979) y prueba de correlación de Pearson para medir el grado de relación entre las variables cuantitativas (Pita et al., 1997), las operaciones efectuadas fueron con el programa Minitab16 (Minitab 2006).

3. RESULTADOS

3.1. Evaluación de la clasificación: Matriz de confusión

Se obtuvo un porcentaje de precisión del 88.4 % para la imagen en general, y para el caso del bosque de coníferas la precisión fue de 99.5 % lo cual es bastante significativo en ambos casos (Cuadro 2).

3.2. Combustibles forestales, capa orgánica y perfil de profundidad

Los valores obtenidos de carga de combustible forestal, capa orgánica y su perfil de profundidad en los 22 sitios muestreados son los que se aprecian en el cuadro 3.

3.3. Índice de peligro de incendio forestal

Para llevar a cabo el mapeo del índice de peligro de incendio forestal se empleó el interpolador "spline with barriers" (Torda et al., 2013) a través del programa

Argis 10.1, se ingresaron los resultados de las cargas de combustible de los 22 sitios muestreados, además se utilizó el resultado de la imagen supervisada (bosque de coníferas) la cual sirvió como barrera durante el proceso de interpolación (Figura 5). El rango de carga empleado para determinar las categorías de índice de peligro de incendio es el propuesto por Zapata (1991), permitiendo tener una visión espacial de la distribución del combustible solo en el bosque de coníferas.

3.4. Especies con mayor frecuencia

Dentro del ANPFFMC se encuentran identificadas aproximadamente 25 especies de vegetación (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP], 2015), los pesos de las cargas de combustible de la capa orgánica de los 22 conglomerados están asociados a un tipo de vegetación predominante identificada en cada sitio muestreado: *Pinus arizonica*, *cembroide* y *ponderosa*, *Ptseudosuga menziessii*, *Abies alba* y *religiosa*.

3.5. Variables cuantitativas

Se cuantificaron las siguientes variables: Porcentaje de pendiente, aspecto en grados, valor de combustible total por sitio muestreado, valor de combustible de la capa orgánica, y las especies identificadas con mayor frecuencia re agrupadas y codificadas (Cuadro 4). Con los valores de las variables se procedió a cruzarlas entre sí, obteniendo los resultados que se muestran en el Cuadro 5.

Cuadro 2. Valores obtenidos en la matriz de confusión.

CLASES	% Precisión de usuario	BC	BCL	BL	MX	P	Total Clasificación
Bosque de coníferas	99.5	219	0	1	0	0	220
Bosque de coníferas y latifoliadas	78.6	16	187	2	30	3	238
Bosque de latifoliadas	83.7	3	19	231	22	1	276
Matorral xerófilo	88.5	1	15	2	200	8	226
Pastizal	95.0	2	0	5	2	170	179
Tot. Referencia		241	221	241	254	182	1139
% Precisión del productor		82.4	85.6	94.3	80.2	95.1	
Total de aciertos							1007
% Precisión de la clasificación	88.4						

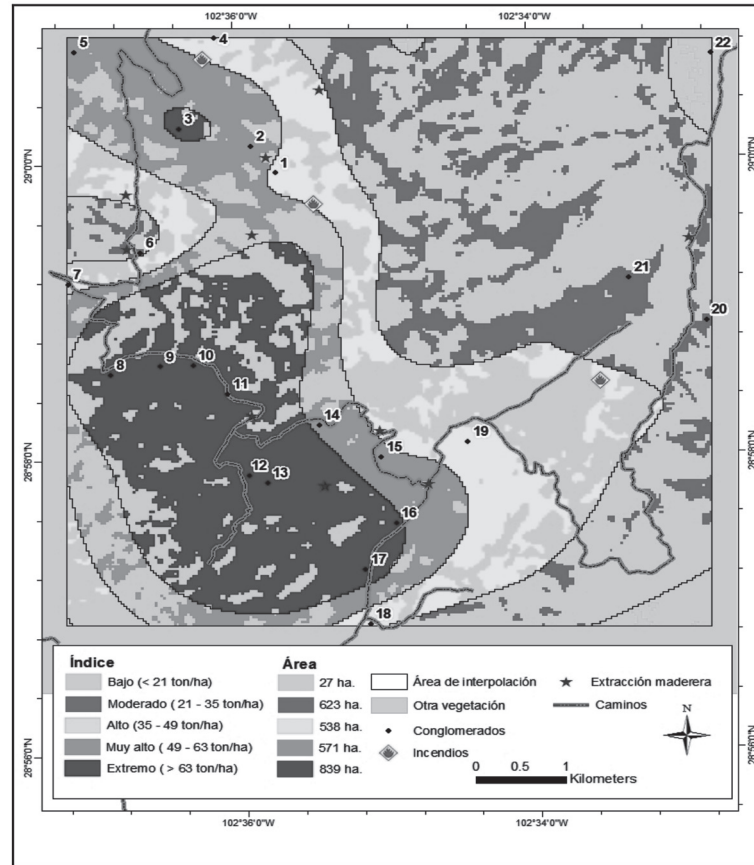
*(BC) bosque de coníferas, (BCL) bosque de coníferas y latifoliadas, (BL) bosque de latifoliadas, (MX) matorral xerófilo, (P) pastizal.

Cuadro 3. Cargas de combustibles en sitios muestreados en el bosque de coníferas, valores máximos, mínimos y perfil de profundidad.

Conglomerado	X	Y	1_hr (t-ha ⁻¹)	10_hrs (t-ha ⁻¹)	100_hrs (t-ha ⁻¹)	1000_hrs SP (t-ha ⁻¹)	1000_hrs CP (t-ha ⁻¹)	Capa Orgánica (t-ha ⁻¹)	Total (t-ha ⁻¹)	Profundidad (cm)
1	734242	3210236	1.31	3.68	5.89	4.78	9.46	22.26	47.37	3.97
2	733968	3210568	0.51	2.11	5.18	4.74	12.40	32.54	57.49	5.34
3	733173	3210779	1.60	5.54	13.49	2.77	28.18	12.80	64.37	1.11
4	733566	3211918	0.62	2.80	7.31	0.00	13.80	16.84	41.37	3.60
5	732016	3211739	0.54	3.61	5.85	0.97	19.62	23.30	53.90	4.60
6	732746	3209232	0.68	3.47	7.63	2.45	12.35	7.29	33.87	1.10
7	731949	3208833	0.81	4.62	4.91	0.78	15.33	18.64	45.08	2.83
8	732420	3207703	0.75	3.09	5.49	2.30	35.36	33.79	80.79	4.00
9	732976	3207810	1.08	3.67	8.09	0.00	69.83	38.46	121.13	5.25
10	733334	3207825	1.67	7.81	16.01	3.21	69.54	35.69	133.94	3.25
11	733714	3207469	2.08	8.27	12.98	10.73	40.14	11.53	85.72	0.63
12	733958	3206454	1.28	4.62	9.47	1.46	60.17	14.26	91.26	2.05
13	734165	3206359	1.47	5.46	9.98	0.00	60.31	15.89	93.11	1.65
14	734731	3207086	1.69	5.96	9.47	0.92	30.59	11.78	60.41	1.13
15	735420	3206688	0.90	5.75	8.49	0.44	20.23	16.15	51.95	1.70
16	735591	3205861	1.20	6.56	13.74	0.00	28.42	14.89	64.81	2.58
17	735248	3205279	1.58	13.16	13.85	1.39	32.78	8.37	71.13	0.57
18	735306	3204594	2.46	7.54	6.52	0.00	4.64	16.99	38.15	2.30
19	736379	3206882	1.43	6.86	11.02	1.48	17.09	8.33	46.21	0.57
20	739020	3208407	1.31	4.24	6.07	1.20	10.40	7.37	30.60	0.70
21	738163	3208937	0.92	3.53	7.91	0.12	10.04	6.51	29.03	1.75
22	739062	3211747	0.89	2.89	4.62	0.00	5.65	5.90	19.97	1.00
Valor promedio (t-ha ⁻¹)			1.22	5.24	8.82	1.81	27.56	17.25	61.89	2.35
Cargas máximas (t-ha ⁻¹)			2.46	13.16	16.01	10.73	69.83	38.46	133.94	5.34
Cargas mínimas (t-ha ⁻¹)			0.51	2.11	4.62	0.00	4.64	5.90	19.97	0.57

* (SP) carga sin pudrición y (CP) carga con pudrición.

Figura 5. Resultado de interpolación “spline with barriers”, de acuerdo a la categoría del índice se estimó su extensión en hectáreas; además se encuentran identificados los puntos donde existen antecedentes de haberse producido incendios forestales, de igual manera las zonas en donde se llevó a cabo aprovechamiento maderero durante la década de los 70 y 80.



Fuente: Elaboración propia.

4. DISCUSIÓN

Las valores correspondientes a las cargas máximas de los diferentes combustibles de acuerdo a sus diámetros y capa orgánica se encuentran situados entre los conglomerados 8 al 17, cabe señalar que de acuerdo al plan de manejo 2013 del ANPFFMC (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP], 2015), se hace mención que parte de la problemática de riesgo potencial de incendio forestal con resultados devastadores, está ligado al abandono de grandes cantidades de árboles los cuales fueron derribados para su aprovechamiento y que por motivos económicos no se pudo retirar de la zona. Durante el trabajo de campo se pudo constatar que el apilamiento de estos combustibles se encuentra identificado entre los conglomerados mencionados (Cuadro 3). Esta zona en particular (Conglomerados 8 al 17) presenta un panorama muy distinto del resto de sitios muestreados, existe una gran acumulación de piezas derribadas mayores de

7.5 cm de diámetro, probablemente desplazadas y abandonadas desde las zonas más altas del bosque de coníferas, se presume que este sector sería de acopio antes de ser depositadas a su destino final, esta suposición relacionada al hecho de que esta acumulación de piezas se encuentra en las orillas de la única vía de evacuación del bosque de coníferas (Figura 6).

El mapeo del índice de peligro (Figura 5), presenta un panorama en donde la categoría de extremo (> 63 t-ha⁻¹) ocupa un área de 839 ha lo cual representa el 32 % del bosque de coníferas, este resultado se encuentra asociado al hecho que durante el trabajo de campo se pudo identificar esta zona como la de mayor acumulación asociado a la problemática ya mencionada. La categoría de bajo (< 21 t-ha⁻¹) es la de menor ocupación en la zona de estudio, con una área de extensión de 27 ha, lo cual representa el 1.03 % del bosque de coníferas.

Cuadro 4. Resumen de variables cuantitativas, sorteadas de forma ascendente en función de los valores de la capa orgánica.

Conglomerado	Aspecto grados	Pendiente (%)	Capa Orgánica (t-ha ⁻¹)	Total carga (t-ha ⁻¹)	Especie con mayor frecuencia (re agrupada)	Código por especie
9	302	51	38.46	121.13	<i>Pinus arizonica/Pinus ponderosa</i>	1
10	10	30	35.69	133.94	<i>Pinus arizonica/Pinus ponderosa</i>	1
8	344	42	33.79	80.79	<i>Pinus arizonica/Pinus ponderosa</i>	1
2	210	56	32.54	57.49	<i>Pinus arizonica/Pinus ponderosa</i>	1
5	238	53	23.30	53.90	<i>Pinus arizonica/Pinus ponderosa</i>	1
1	343	26	22.26	47.37	<i>Pinus arizonica/Pinus ponderosa</i>	1
7	33	62	18.64	45.08	<i>Pinus cembroides</i>	2
18	328	16	16.99	38.15	<i>Pinus cembroides</i>	2
4	25	48	16.84	41.37	<i>Pinus cembroides</i>	2
15	349	11	16.15	51.95	<i>Pinus cembroides</i>	2
13	297	55	15.89	93.11	<i>Pinus cembroides</i>	2
16	151	27	14.89	64.81	<i>Pinus cembroides</i>	3
12	74	43	14.26	91.26	<i>Pinus cembroides</i>	2
3	229	25	12.80	64.37	<i>Abies</i>	3
14	33	47	11.78	60.41	<i>Abies</i>	3
11	37	27	11.53	85.72	<i>Abies</i>	3
17	87	102	8.37	71.13	<i>Abies</i>	3
19	298	16	8.33	46.21	<i>Abies</i>	3
20	304	63	7.37	30.60	<i>Abies</i>	3
6	243	62	7.29	33.87	<i>Abies</i>	3
21	351	36	6.51	29.03	<i>Abies</i>	3
22	256	85	5.90	19.97	<i>Abies</i>	3

Para el caso de los valores correspondientes a la capa orgánica (Cuadro 4), las cargas de combustibles más altas (14.26 t-ha⁻¹ a 38.46 t-ha⁻¹) están ligadas en sitios en donde son más frecuentes las especies: *P. arizonica*, *P. ponderosa* y *P. cembroides*, y este hecho es debido a que el tamaño de sus acículas son mayores de 5 cm. formando una capa orgánica con mucha acumulación, más esponjosa pero a la vez con un peso mayor. Para el caso de las cargas de combustibles entre 5.90 t-ha⁻¹ y 12.80 t-ha⁻¹ estas se encuentran relacionadas con sitios en donde son más frecuentes las especies: *Pseudotsuga menziesii*, *Abies alba* y *Abies religiosa*, una de las particularidades de estas especies es que el tamaño de sus acículas son menores a 5 cm generando una capa menos densa y consecuentemente una carga

de combustible menor (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO], 2015).

El valor "P" obtenido de la prueba Anova (Cuadro 5) evidencia estadísticamente que las medias de los pesos de las cargas de las especies identificadas con mayor frecuencia (re agrupadas) al menos una es diferente; por otro lado la prueba de Tukey nos da como resultado la diferencia en tres grupos de especies más frecuentes entre ellas.

No sucedió lo mismo con el cruce de variables especies con mayor frecuencia (re agrupadas) versus valor de carga total por cada sitio, el valor "P" resultante nos indica que no existe una relación entre las variables mencionadas.

Cuadro 5. Resultado de las pruebas estadísticas llevadas a cabo entre las variables cuantitativas.

Variables cruzadas		Prueba estadística 1	Prueba estadística 2	Prueba estadística 3	Observaciones
Especie con mayor frecuencia	Valor de carga de capa orgánica por sitio	Anova (Valor P = 0.000)	Tukey (Tres grupos diferentes)		
Especie con mayor frecuencia	Valor de carga total por cada sitio	Anova (Valor P = 0.105)	Tukey (Tres grupos iguales)		
Pendiente en porcentaje	Valor de carga de capa orgánica por sitio			Pearson (-0.159)	Correlación negativa muy baja
Pendiente en porcentaje	Valor de carga total por cada sitio			Pearson (-0.120)	Correlación negativa muy baja
Aspecto en grados	Valor de carga de capa orgánica por sitio			Pearson (-0.011)	Correlación positiva muy baja
Aspecto en grados	Valor de carga total por cada sitio			Pearson (-0.310)	Correlación negativa baja
Aspecto en grados	Especie con mayor frecuencia			Pearson (-0.127)	Correlación negativa muy baja

Respecto al cruce de las variables cuantitativas estantes a través de la prueba de correlación de Pearson (Cuadro 5), se puede apreciar que los valores obtenidos indican que no existe una relación lineal entre estas.

5. CONCLUSIONES

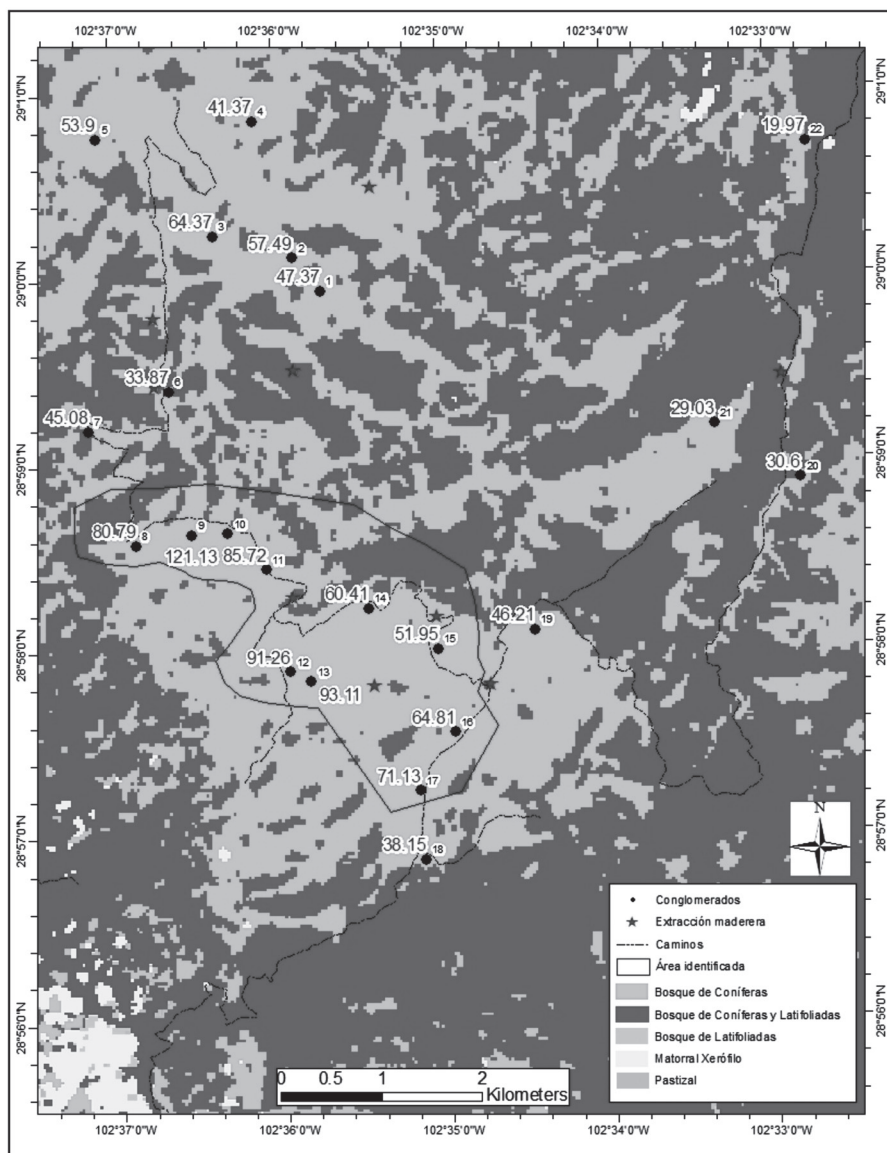
Existe un grave problema de acumulación de combustible forestal de manera muy particular entre los conglomerados 8 al 17, ubicando esta zona con índice de peligro de incendio forestal categoría de extremo ($> 63 \text{ t-ha}^{-1}$). Las pruebas estadísticas Anova y Tukey constataron que existe diferencia entre los pesos de las medias de las especies re agrupadas (*Pinus arizonica* - *Pinus ponderosa*, *Pinus cembroides* y *Abies*) identificadas con mayor frecuencia en cada sitio muestreado. Las especies *Pinus arizonica*, *ponderosa* y *cembroides* son aquellas que contribuyen a generar una mayor carga de combustible de capa orgánica (14.26 t-ha^{-1} a 38.46 t-ha^{-1}), y este hecho directamente relacionado al tamaño de sus acículas las cuales son mayores de 5 cm. Caso contrario con las especies: *Pseudotsuga menziesii*, *Abies alba* y *Abies religiosa*, para este

caso el tamaño de sus acículas son menores a 5 cm por lo cual los valores obtenidos en la capa orgánica se encuentran en un rango comprendido entre 5.90 t-ha^{-1} y 12.80 t-ha^{-1} . De manera general los resultados de las pruebas estadísticas en donde no se obtuvo una relación lineal puede ser atribuido al hecho de la problemática de la zona: Aprovechamiento, abandono y acopio de piezas madereras.

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación no hubiese sido posible sin el apoyo incondicional de la "Gerencia de conservación de CEMEX" a cargo del doctor Alejandro Espinosa, el cual realizó las coordinaciones necesarias para poder desempeñarnos en las mejores condiciones en el ANPFFMC; asimismo cabe destacar el importante aporte y colaboración de los siguientes profesionales: Dr. Eulogio Sanchez, Dr. Jonás Villalobos, Dr. Mario Manzano, Biol. Rosalva Miranda, Ing. Jorge Cantú, M. en C. Neidy Lucio, M. en C. Fernanda Román, Mtra. Zorel Gómez y en C. Iván López, Mg Miluska Vucetich y M. en C. Diego Mora.

Figura 6. Descripción de la zona de estudio en donde se encuentra identificada la zona con una alta acumulación de combustibles mayores de 7.5 cm de diámetro.



Fuente: Elaboración propia.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=UACHBC.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=022829>
- [2] Brown, J. (1974). Handbook for inventorying downed woody material. USDA, Forest Service. General Technical Report, INT-16. Ogden, UT. USA. pp.1-24.
<http://www.treearch.fs.fed.us/pubs/28647>
- [3] Cocero, D.; Riaño, D.; Meza, E. y Chuvieco, E. (2004): "Cartografía del tipo y estado de los combustibles", en Nuevas tecnologías para la estimación del riesgo de incendios forestales, pp. 33-62, Colección de Estudios Ambientales y Socioeconómicos (CSIC), Madrid. ISBN: 84-00-08275-3.
http://portal.uned.es/portal/page?_pageid=93,987834&_dad=portal&_schema=PORTAL
- [4] CONABIO (2015), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Recuperado el 4 de julio de 2015 de <http://bdi.conabio.gob.mx/fotoweb/Grid.fwx?position=33&archiveId=5000&columns>

- =4&rows=8&sorting=ModifiedTimeAsc&search=Pinaceae
- [5] CONANP (2015), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Recuperado el 2 de febrero de 2015 de http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/pdf/programas_manejo/Maderas_del_Carmen_2013.pdf
- [6] Escuin, S., Fernández-Rebollo, P., & Navarro, R. M. (2002). Aplicación de escenas Landsat a la asignación de grados de afectación producidos por incendios forestales. *Rev. Teledetección*, 1, 25-36.
<http://www.aet.org.es/revistas/revista17/AET17-09.pdf>
- [7] Minitab Inc. (2006). Minitab 16. Quality Plaza 1829 Pine Hall Rd State College PA 16801-3210 USA Web: <http://www.minitab.com>
- [8] Morfin - Ríos, J.E., E.J. Jardel P., E. Alvarado C. y J.M. Michel-Fuentes. (2012). Caracterización y cuantificación de combustibles forestales. Comisión Nacional Forestal-Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México.
<http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?lisisScript=sibe01.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=004473>
- [9] Norum, R.A. and W. C. Fischer (1980), Determining the moisture content of some dead forest fuel using a Microwave Oven, Research Note int-277, usda Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Ogden, Utah.
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=bN8YHC hCsQC&oi=fnd&pg=PA7&dq=NORUM,+R.+A.+y+FISCHER,+W.+C.+1980.+Determining+the+moisture+content+of+some+dead+forest+fuels+using+a+microwave+oven&ots=HWNBMHSXmL&sig=TU6C95Hb0cZSV HJgNmXpgXDmMNY#v=onepage&q&f=false>
- [10] Pita Fernández, S., & Pértega Díaz, S. (1997). Relación entre variables cuantitativas. *Cad Aten Primaria*, 4, 141-4.
www.fisterra.com/mbe/investiga/var_cuantitativas/var_cuantitativas2.pdf
- [11] Sánchez, J.; Zerecero, G. 1983. Método práctico para calcular la cantidad de combustibles leñosos y hojarasca. Nota Divulgativa No. 9. CIFONOR, INIF, SARH. México. 14 pp.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11322013000100004&script=sci_arttext
- [12] Salas, J. y Cocero, D. (2004): "El concepto de peligro de incendio. Sistemas actuales de estimación del peligro", en *Nuevas tecnologías para la estimación del riesgo de incendios forestales*, pp. 23-32, Colección de Estudios Ambientales y Socioeconómicos (CSIC), Madrid. ISBN: 84-00-08275-3.
http://portal.uned.es/portal/page?_pageid=93,987834&_dad=portal&_schema=PORTAL
- [13] Sokal, R.R., & F.J.U. Rohlf. (1979). *Biometría. Principios y métodos estadísticos de la investigación biológica*. H. Blume Ed, Madrid 832 pp.
<http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?lisisScript=sibur.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=002544>
- [14] Sunar, F., y Özkan, C. (2001). Análisis de incendios forestales con datos de teledetección. *Revista Internacional de Teledetección*, 22 (12), 2265-2277.
http://www.aet.org.es/revistas/revista33/Numero33_4.pdf
- [15] Torda, G., Lundgren, P., Willis, B. L., & Oppen, M. J. H. (2013). Genetic assignment of recruits reveals short and long distance larval dispersal in *Pocillopora damicornis* on the Great Barrier Reef. *Molecular ecology*, 22(23), 5821-5834.
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/mec.12539/abstract;jsessionid=98072B28CA910BD297ADE7FAE3C7570D.f01t04?systemMessage=Wiley+Online+Library+will+have+intermittent+access+on+8th+August+2015+from+10%3A00-16%3A00+BST+%2F+05%3A00-11%3A00+EDT+%2F+17%3A00-23%3A00+SGT+for+essential+maintenance.++Apologies+for+the+inconvenience.&userIsAuthenticated=false&deniedAccessCustomisedMessage=>
- [16] Zapata Pérez, C. (1991). Determinación de indicadores de peligro potencial de incendios forestales con base en la cuantificación del material combustible. Seminario de Titulación. DICIFO, UACH. Chapingo, Edo. de Méx.
<http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?lisisScript=BOSQUE.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=002327>