

## ORIGINAL

# ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE PELIGROSIDAD DE INCENDIOS FORESTALES EN UN ÁREA DEL PARQUE GRANMA PERTENECIENTE A LA UNIDAD EMPRESARIAL DE BASE SILVÍCOLA BAYAMO

Analysis of the index of danger of forest fires in an area of the Granma Park belonging to the Bayamo  
Silvicultural Business Unit

Ing. Jorge Alberto Anaya-Morales, Universidad de Granma, [janayam@udg.co.cu](mailto:janayam@udg.co.cu), Cuba

Ing. Marjoris Álvarez-Suárez, MINAG Jiguaní, Cuba

Recibido: 24/09/2017- Aceptado: 25/11/2017

## RESUMEN

Este trabajo se realizó en un área del Parque Granma perteneciente a la Unidad Empresarial de Base Silvícola Bayamo, con el objetivo de evaluar los factores de comportamiento del fuego. Se utilizó una variante del método de Intersecciones Planares para medir el material combustible en 6 puntos de muestreo de 40 x 40 metros para dos cuadrantes, se evaluaron el clima, la topografía y el material combustible, y se determinó el índice de peligrosidad de incendio forestal para esa área. La inclinación del terreno sugiere que la velocidad de propagación del fuego será elevada y el número de árboles muertos será considerable. El material leñoso analizado, determina la carga combustible al ocupar un 69 % del total, que significa mayor esfuerzo para disminuir esta fracción para ambos cuadrantes. Esta fracción conserva 0,28 t/ha de carbono, que podrían liberarse a la atmósfera durante un incendio. Los cuadrantes estudiados muestran una alta peligrosidad, por tanto, será en ellos donde habrá que poner especial atención, tanto desde el punto de vista de la ejecución de trabajos relacionados con la disminución de la peligrosidad del bosque, así como la asignación y distribución de medios contra incendios.

**Palabras clave:** incendios; forestales; carga combustible; índice de peligrosidad

## ABSTRACT

This work was carried out in an area of the Granma Park belonging to the Bayamo Silvicultural Business Unit, with the objective of evaluating the fire behavior factors. A variant of the Planares

Intersections method was used to measure the combustible material in 6 sampling points of 40 x 40 meters for two quadrants, the climate, the topography and the combustible material were evaluated, and the forest fire hazard index was determined for that area. The inclination of the terrain suggests that the rate of propagation of the fire will be high and the number of dead trees will be considerable. The woody material analyzed determines the fuel load by occupying 69% of the total, which means greater effort to reduce this fraction for both quadrants. This fraction conserves 0,28 t / ha of carbon, which could be released into the atmosphere during a fire. The quadrants studied show a high danger, therefore, it will be in them where special attention will have to be paid, both from the point of view of the execution of works related to the reduction of the dangerousness of the forest, as well as the allocation and distribution of means fire protection.

**Key words:** fires; forest; fuel load; hazard index

## **INTRODUCCIÓN**

El fuego tiene un importante papel en los procesos que gestionan el Sistema Tierra. La abundancia de carbones en los sedimentos demuestra que el fuego ha actuado desde hace 400 millones de años (principios del Devónico) cambiando su frecuencia e intensidad según los niveles de oxígeno atmosférico y el clima. Como componente del sistema terrestre, el fuego ha influido en la composición de los gases de la atmósfera, el clima, la biota, las geoformas, el transporte de materiales y las tasas de sedimentación (Scott, 2009).

Cuba es uno de los países con una tasa positiva de reforestación – deforestación, resultado de una acertada política seguida por la dirección del país desde 1959 hasta la fecha, encontrándose enmarcado en la actualidad el desarrollo forestal en el Programa de Desarrollo Económico Forestal hasta el año 2015, el cual (MINAGRI, 1996) contempla satisfacer los requerimientos del mercado interno, sustituir importaciones y generar los ingresos necesarios para su propio desarrollo y convertirse en un rubro importante de ingresos de divisas al país, acrecentando al mismo tiempo el importante papel de protección que desempeña el bosque.

La provincia de Pinar del Río es la que muestra en Cuba los valores más elevados de incendios y de áreas afectadas por estos, según datos facilitados por el Cuerpo de Guardabosques (CGB, 2004). Estos resultados alcanzan valores más alarmantes debido al alto contenido de material combustible como el factor fundamental en la propagación de incendios forestales.

La ubicación y distribución del material combustible en el Parque Granma del municipio Bayamo no permite el enfrentamiento efectivo de las fuerzas en el combate de incendios forestales, por lo que este trabajo tiene como objetivo, evaluar los factores de comportamiento del fuego.

## **POBLACIÓN Y MUETRA**

### Descripción del área de estudio

El trabajo se realizó en un área del Parque Granma perteneciente a la Unidad Empresarial de Base Silvícola Bayamo, provincia de Granma. El área cuenta con una superficie de 21,6 ha.

- Datos Climáticos

Según los datos registrados por la estación climática del CITMA provincial a 55 msnm con 1 año de observación, se puede decir que el área presenta un clima tropical húmedo, donde el promedio anual de la temperatura del aire es de 25.68°C, siendo el mes más frío Enero con 17.5 °C y el más cálido julio con 35°C, la máxima absoluta se presentó con un valor de 26.9 °C, máxima media 18.6°C, mínima absoluta 34.7°C mientras que la mínima media fue de 17.5°C; el total de precipitaciones en el año fue de 1217mm.

- Vegetación

Se estudiaron dos cuadrantes donde la vegetación predominante la ocupan las especies de *Leucaena leucocephala* y *Bambusa vulgaris*, las cuales pertenecen al patrimonio forestal de la UEB Silvícola, Bayamo. La vegetación se estudió en parcelas de 1600 m<sup>2</sup>, mediante la medición de los parámetros dendrométricos tales como: diámetro a 1,30 m del suelo, las alturas y el cálculo del área basal.

### Procedimiento para la toma de información

El área se dividió en 2 cuadrantes (C1 y C2). Se delimitaron los sitios (Parcelas) de 2 a 3 por cuadrantes, con dimensiones de 40x40 metros, adaptación de la técnica de intersecciones planares, metodología propuesta por Brown (1972).

### Fase de procesamiento de datos

- Material leñoso caído

Para el cálculo de peso (t/ha) de residuos del material leñoso caído (MLC) según la clase del diámetro de las partículas (Hepp, 1983), se utilizaron las siguientes expresiones matemáticas.

a) Para partículas entre 0,0 y 7,5 cm de diámetro.

$$w = \frac{(1.234)(n^0)(d_q^2)(S)(a)(C)}{(N)(L)}$$

b) Para partículas mayores de 7,5 cm de diámetro.

$$w = \frac{(1.234)(\sum d^2)(S)(a)(C)}{(N)(L)}$$

Donde: w: carga de combustible, t/ha. 1.234: constante de transformación de volumen a t/ha.  $n^0$ : número de intersecciones por clase (0,0 a 7,5 cm).  $d_q^2$ : cuadrado del diámetro cuadrático promedio en  $\text{cm}^2$ . S: peso específico de la clase de tamaño de combustible,  $\text{g/cm}^3$ .  $\sum d^2$ : suma del diámetro al cuadrado para intersecciones mayores a 7,5 cm. a: factor de corrección por ángulo no horizontal de las partículas. C: factor de corrección por pendiente. N: número de líneas muestreadas. L: longitud de líneas de muestreo (m).

Se definió el  $d_q^2$ , para cada una de las clases de combustibles, el cual se obtuvo con la siguiente fórmula (Vera, 1980):

$$d_q^2 = \frac{(\sum d^2)}{(n)}$$

Donde:  $d_q^2$  = cuadrado del diámetro cuadrático medio en  $\text{cm}^2$ .  $\sum d^2$  = suma de los diámetros al cuadrado. n = número de intersecciones de la clase diamétrica sobre la longitud total de las líneas.

- Material vivo

Una vez que el material fue registrado y colectado se llevó al laboratorio, utilizando una estufa de secado para obtener su peso seco a una temperatura promedio de 76 °C hasta que el material obtuvo un peso constante.

Una vez obtenido el peso seco, se calculó la carga del material vivo por componente colectado en cada parcela, usando la siguiente ecuación:

$$C = \frac{10 (PS)}{N}$$

Donde: C: carga del material vivo en Kg/ha. PS: peso seco (Kg). N: tamaño de la parcela en m<sup>2</sup>.  
10: factor de conversión de unidades.

- Capa orgánica del suelo

Se realizaron mediciones y anotaciones para las capas de hojarasca y fermentación, así como el tipo de material. La densidad y carga de estas capas se calcularon relacionando las profundidades con las densidades aparentes, calculadas en el sitio.

Primero se calculó la densidad de la capa orgánica del suelo, promediando las profundidades de cada capa para obtener el volumen y después relacionarlo:

$$d(a) = \left[ \frac{P}{a \cdot h} \right] \times 10$$

Donde: d(a): densidad aparente (t/ha/mm). P: peso seco (g). a: área del cuadro (cm<sup>2</sup>). h: promedio de las profundidades de hojarasca (cm). 10: constante para convertir la densidad de hojarasca g/cm<sup>3</sup> en t/ha/mm.

Carga de la capa orgánica por sitio:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n (hi)(d)}{3}$$

Donde: C: carga de la capa de hojarasca (t/ha). hi: profundidad de hojarasca (mm) ya sea HO y F. d: densidad aparente (Mg/ha/mm).

### Índice de Peligrosidad de Incendios Forestales

Para la determinación del grado de peligrosidad se tuvieron en cuenta los resultados del comportamiento general de la carga combustible por cuadrante, comparando así esos valores.

## ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

### Composición florística y estructura del bosque

La diversidad de especies presentes en los cuadrantes estudiados quedó registrada en la Tabla 4. Se listaron 9 especies pertenecientes a 9 géneros y 7 familias, siendo la familia *Mimosaceae* la de mayor riqueza con tres especies.

Tabla 1. Listado florístico de los dos Cuadrantes estudiados en el área.

Familia	Nombre científico
Mimosaceae	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit. <i>Albizia procera</i> (Roxb.) Benth. <i>Dichrostachys cinerea</i> (L.) Wight & Arn.
Bambusaceae	<i>Bambusa vulgaris</i> Schrad. ex H.Wendl
Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i> A. Rich.
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> Lin.
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sargent.
Poaceae	<i>Panicum maximum</i> Jacq.
Euphorbiaceae	<i>Jatropha gossypifolia</i> Lin.

En el caso de las familias *Mimosaceae* y *Bambusaceae*, son las que mayor cantidad de material combustible aportan a la superficie del terreno, tanto de manera natural como por antropización, ya que en esta área la presencia del hombre como agente perturbador de la naturaleza es muy común. A su vez, la *Leucaena leucocephala* es una de las especies principales, pero es indicadora de perturbación y según (Jiménez 2012), favorece el establecimiento de comunidades secundarias tempranas, proporcionando así mayor cantidad de combustible vivo.

En cuanto a la distribución diamétrica de los árboles en los dos cuadrantes (Figura 1), se presenta una notable irregularidad dada la presencia de varias especies arbóreas tales como: *Cordia alliodora* A. Rich., *Bursera simaruba* (L.) Sargent., entre otras, distintas a la especie principal.

Esto también es resultado de la aplicación de tratamientos silviculturales muy espaciados que estimulan el crecimiento y desarrollo de la vegetación latifolia (Samek, 1974), y a su vez favorece la presencia de abundante material combustible leñoso.

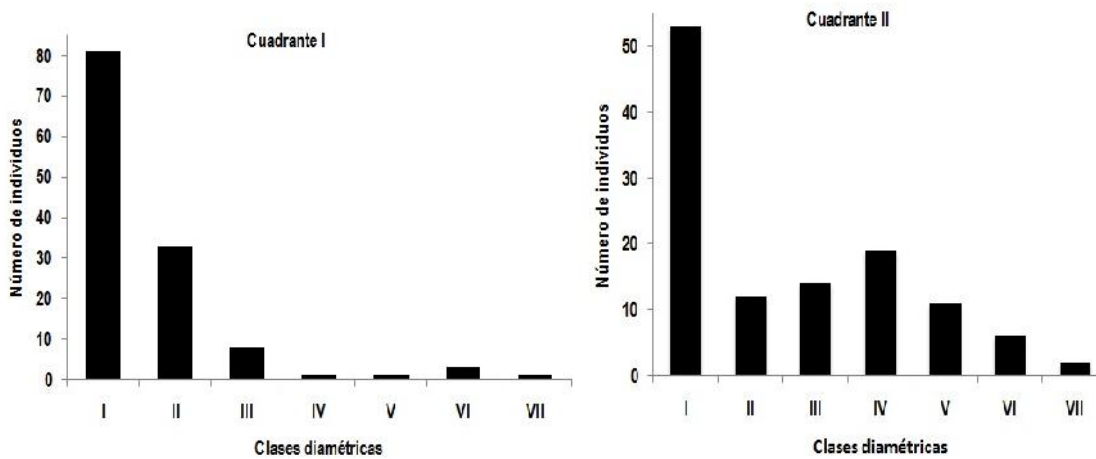


Figura 1. Estructura diamétrica de los dos Cuadrantes estudiados

#### Análisis dasométrico de los cuadrantes estudiados

El análisis de la estructura vertical es importante, ya que tiene relación directa con la incidencia de incendios de copa, que aunque son los que se presentan más rara vez, son categorizados como los de mayor daño y más violentos (Pausas y Keeley, 2009). Estos incendios provocan la deshidratación o quema.

#### Análisis del material combustible

- Evaluación del combustible leñoso

Al analizar las cargas de combustibles por tiempo de retardo (Tabla 7), se pueden separar en “ligeros” o de un diámetro menor a 7,5 cm y pesados o mayores a 7,5 cm de diámetro. La relevancia es que los combustibles ligeros juegan un papel importante en el incremento de la velocidad de propagación del fuego, ya que pierden humedad más rápidamente, mientras que los de diámetros mayores tardan periodos más largos de baja humedad ambiental para estar disponibles, pero una vez encendidos producen mucho calor y arden por tiempos largos, lo que dificulta su control (Wong y Villers, 2007).

Tabla 2. Combustible leñoso por tiempo de retardo

CUADRANTES	Número de Sitios	Mat. Leñoso x Tiempo de retardo (h)				TOTAL (t/ha)
		1	10	100	1000	
I	3	0.4	1.96	34.5	22.34	59.2

<b>II</b>	<b>3</b>	0.43	1.93	52.14	21.6	76.1
<b>TOTAL</b>		0.83	3.89	86.64	43.94	135.3

La mayor cantidad de material leñoso se concentró en los tiempos de retardo de 100 y 1 000 horas fundamentalmente en el cuadrante II, llama la atención que este presenta la mayor cantidad de combustible para todos los tiempos y su carga total supera a la del primer cuadrante en 16,9 t/ha, esto indica que la mayor vulnerabilidad frente a la persistencia de un incendio estará en dicho cuadrante, esto alerta sobre las potencialidades de este cuadrante para el desarrollo de un incendio de mayor durabilidad y magnitud, donde se debe trabajar para disminuir la cantidad de material y evitar un mayor impacto en el ecosistema, en el caso de aparecer una fuente de calor.

Por otra parte el cuadrante I aportó la menor carga de combustible leñoso, esto sugiere una menor lentitud en la propagación de un incendio, ya que, entre más pequeño sea el material, consigue arder con más facilidad debido a la relación entre el volumen de la unidad y la superficie de contacto con las llamas, haciendo que el material pierda la humedad a una velocidad mayor y alcance más pronto la temperatura a la que pueda arder.

- Evaluación del combustible vivo

El análisis del material vivo (Tabla 3), es de sumo interés ya que este interviene en la propagación superficial de los incendios y puede favorecer la formación de antorchas o el fuego de copa cuando hay continuidad vertical con el estrato arbóreo.

Como se aprecia en la tabla, existen diferencias significativas entre las cargas de combustible vivo en ambos cuadrantes y por tanto existirá un comportamiento diferente si ocurriese un incendio. La mayor cantidad de material combustible vivo se encuentra en los sitios de muestreo 4, 5 y 6 pertenecientes al cuadrante II con valor de 36,5 t/ha, esto se debe a la abundancia de regenerantes en el estrato herbáceo.

Tabla 3. Carga de combustible vivo (t/ha). Media  $\pm$  desviación estándar

<b>Cuadrantes</b>	<b>Número de sitios</b>	<b>Combustible vivo (t/ha)</b>
I	3	23,43 $\pm$ 10,4513 <sup>aa</sup>



II

3

36,45 ± 19,5213<sup>aa</sup>

- Evaluación de la capa orgánica

La capa orgánica (Tabla 4) se analizó teniendo como base la cantidad en t/ha de hojarasca y fermentación para cada uno de los cuadrantes analizados. Al evaluar estos dos componentes, según (Naranjo 2014), es importante ya que son los que facilitan que se dé más rápidamente la propagación del fuego, así como el horizonte orgánico puede consumirse en fuegos bajo la tierra o incendios subterráneos, que si bien son escasos, causan muchos daños a nivel de suelos y la fauna asociada a estos.

Tabla 4. Carga combustible de la capa orgánica

CUADRANTES	Número de Sitios	Carga Capa Org. (t/ha)
I	3	0.83
II	3	0.54

Los resultados alcanzados revelan una capa orgánica con una pequeña carga combustible y escasa profundidad, por tanto, no se propone transformación alguna, como sí lo recomienda (Naranjo 2014) para plantaciones mixtas en el Estado de Guerrero, México, al encontrar cantidades elevadas de carga orgánica.

Tabla 5. Análisis de la carga de combustible de la capa orgánica. Media ± desviación estándar

Cuadrantes	Número de sitios	Carga de combustible de la capa orgánica (t/ha)

		Hojasca	cm	Fermentación	cm
I	3	$17,50 \pm 0,5196^{aa}$	17,5	$1,9000 \pm 0,4582^{aa}$	1,9
II	3	$18,57 \pm 3,2883^{aa}$	18,5	$1,6000 \pm 0,2645^{aa}$	1,6

- Comportamiento general de la carga combustible por cuadrante

La carga combustible reportada para cada cuadrante se encuentra en el rango de 10-300 t/ha reportado por (Ramos y Martínez 2009) en la evaluación de combustibles forestales para Cuba. La carga combustible de manera general y teniendo en cuenta su distribución por cada una de sus fracciones se comporta con mayor peso en el cuadrante II, al exponer la mayor cantidad de t/ha de carga combustible leñoso (Tabla 6).

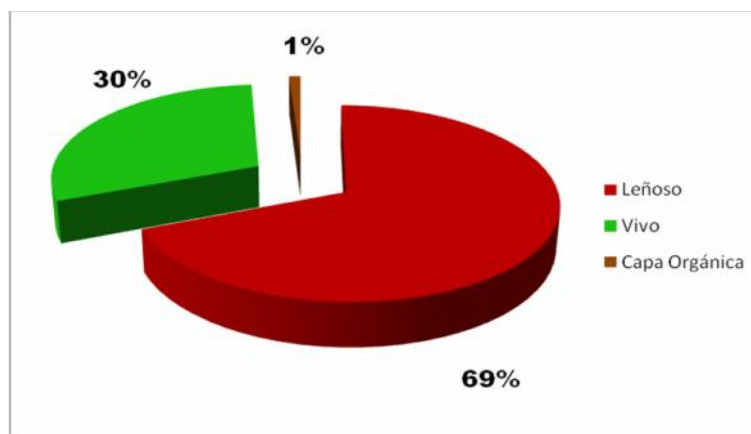
Estas cargas de combustibles se pueden considerar excesivas cuando se comparan con los resultados expuestos en los estudios llevados a cabo por (Morfín *et al.*, 2007) en algunos sitios, quienes registraron alrededor de 80 toneladas por hectárea, esto responde a que los estudios se han realizado en formaciones forestales diferentes, que responden a condiciones climáticas y edáficas diferentes que influyen en la generación de las cargas combustibles.

**Tabla 6. Cargas totales de combustible por Cuadrante (t/ha)**

Cuadrantes	Total (t/ha)
I	83,4
II	113,1

Como se aprecia en la figura 10, fueron los combustibles leñosos los que determinaron la carga combustible en los cuadrantes estudiados, al ocupar un 69 % del total, lo cual significa que es sobre estos donde se debe realizar el mayor esfuerzo en función de la disminución de esta fracción para la prevención de incendios forestales, teniendo en cuenta que la capacidad de los

sólidos del bosque para incrementar su poder de combustión depende, según (Acosta y Paretas 2011), en gran medida de las condiciones de humedad o sequedad que prevalezcan en el medio y afecten la vegetación.



**Figura 2. Porcentaje de las cargas totales de combustible.**

Al analizar todos los resultados podemos decir que en caso de ocurrencia de un incendio forestal la duración será mayor en el segundo cuadrante, debido a su alto contenido de material leñoso y mayor cantidad de combustible vivo, en este caso la propagación del incendio será en niveles inferiores pero de manera rápida y en ambos al existir un bajo contenido de materia orgánica, la humedad del suelo será baja, propiciando así que las llamas se propaguen con mayor rapidez.

Como consecuencia de lo anterior se recomienda encausar los esfuerzos de prevención hacia el cuadrante II, que presentó la mayor carga combustible, al igual que sugirió (Rentería 2004) para el control de combustible en el manejo del ecosistema forestal en Durango, México ya que representan el mayor peligro potencial de incendios.

#### Grado relativo de peligro de incendio

En la tabla 7 se presenta la situación relativa del grado de peligrosidad de los cuadrantes estudiados. De acuerdo con esto, ambos presentan un índice de peligrosidad muy alto para el surgimiento y propagación de los incendios forestales. Por tanto, se debe tener en cuenta que será en el segundo cuadrante, donde habrá que poner especial atención, tanto desde el punto de vista de la ejecución de trabajos relacionados con la disminución de la peligrosidad, como la asignación y distribución de medios contra incendios

**Tabla 7. Clasificación de grados relativos de peligro de incendio**

Grado de peligrosidad	Coloración	Rangos de carga combustible (t/ha)	Cuadrantes
Muy alto	Rojo	> 80	I y II
Alto	Naranja	70 a 80	
Medio	Amarillo	60 a 70	
Bajo	Verde	30 a 60	
Muy bajo	Azul	0 a 30	

Potencialmente la vegetación del segundo cuadrante recibirá mayores afectaciones, ya que según (Vélez 2000), el fuego afecta a los árboles directamente y el ambiente donde están establecidos. Este puede impactar los tejidos de las plantas ocasionando la muerte de sus células, y en el caso de los tejidos del cambium de las ramas principales, las hojas y las raíces próximas a la superficie puede generar lesiones graves en la capa generatriz.

## CONCLUSIONES

1. En dependencia de la relación entre la vegetación y la inclinación del terreno cabe esperarse que la altura de las llamas y el número de árboles afectados sean considerables y que las mayores afectaciones por incendio ocurran en el segundo cuadrante.
2. Son los combustibles leñosos los que determinan la mayor carga al ocupar un 69 % del total del área, lo cual significa que el mayor esfuerzo debe realizarse para disminuir esta fracción y prevenir incendios forestales, de forma particular en el cuadrante II.
3. El material leñoso encontrado en ambos cuadrantes conservan un total de 0,28 t/ha de carbono, que podrían liberar 1,02 t/ha de CO<sub>2</sub> a la atmósfera durante un incendio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acosta, R. y Paretas, J. J. (2011). Incendios forestales. La Habana. Ed: Científico- Técnica.
2. Brown, J. K. (1972). "Field of a Rate of Fire Spread modelin Slash Fuels ".Intermountain Forestand Range Experiment Station. U.S.D.A. Forest Service, Research Paper INT-116.

3. Cuerpo de Guardabosque (CGB). (2004). Informe anual del Cuerpo de Guardabosque de la República de Cuba. Pinar del Río.
4. Hepp K., A. (1983). Aplicación de un método para la estimación del peso y volumen de desechos de explotación. Corporación Nacional Forestal. Departamento Manejo de Fuego. Santiago, Chile.
5. Jiménez, A. (2012). Contribución a la ecología del bosque semideciduo mesófilo en el sector oeste de la Reserva de la Biosfera "Sierra del Rosario", orientada a su conservación. 111 h. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales). Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saiz Montes de Oca". Cuba.
6. MINAGRI (1996). Programa de Desarrollo Económico Forestal 1997 – 2015.
7. Morfín Ríos, J.E.; Alvarado C., E.; Jardel P., E.J.; Vihnanek, R.E.; Wright, D.K.; Michel F., J.M.; Wright, C.S.; Ottmar, R.D.; Sandberg, D.V. y Nájera Díaz, A. (2007). Fotoseries para la Cuantificación de Combustibles Forestales de México: Bosques Montanos Subtropicales de la Sierra Madre del Sur y Bosques Templados y Matorral Submontano del Norte de la Sierra Madre Oriental. Gen.Tech. Rep. PNW-GTR-. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 98 p.
8. Naranjo E. E. D. (2014). Evaluación de la carga de combustibles forestales en un bosque mixto de la Sierra de Coyuca de Benítez, estado de Guerrero, México. 40 h. Trabajo de diploma (en opción al título de Licenciado en Ingeniería Forestal) Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. CR.
9. Pausas, J. G. y Keeley, J. E. (2009). Abording story: the role of fire in the history of life. Bioscience 59: 593-601.
10. Ramos, M. P. y Martínez B., L. W. (2009). Evaluación de combustibles forestales. Proyecto: Desarrollo del sector forestal en Cuba. Actividad 120-B: Sistema de evaluación de peligro de incendio forestal (Existencia y características del material combustible en el bosque. Modelos combustibles).
11. Rentería, J. B. (2004). Desarrollo de modelos para el control de combustibles en el manejo de ecosistemas forestales en Durango México. 141 h. Tesis (en opción al grado científico de doctor en Ciencias en Manejo de Recursos Naturales) Universidad Autónoma de Nuevo León, México.

12. Scott, A. C. (2009): «Forest fire in the fossil record», en Fire effects on soils and restoration strategies (Cerdà, A. y Robichaud, P. R., coord.). Enfield, Edit. Science Publishers, 1-37.
13. Vélez, R. (2000). La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y experiencias. Madrid.
14. Vera G. F. (1980). Presentación de la técnica de intersecciones planares en un caso de inventario de residuos forestales en el campo experimental Zoquiapan, Mexico. 79 h. Trabajo de Diploma (en opción al título de Ingeniero Agrónomo especialista en bosques). UACH. Chapingo, México.
15. Wong, J. y Villers, M. (2007). Evaluación de combustibles y su disponibilidad en incendios forestales: un estudio en el Parque Nacional La Malinche. Investigaciones geográficas (62): 87-103.