

Evaluación de combustibles forestales en el Parque Nacional “El Chico”, Hidalgo.

Biól. Israel Estrada Contreras¹, M. en C. Efraín R. Ángeles Cervantes²

Resumen

Dada la importancia de preservar en buen estado los recursos naturales, se planteo necesario identificar dentro del Parque Nacional El Chico, las áreas que presentan una mayor cantidad de combustibles forestales para ejecutar acciones tendientes a minimizar el riesgo de que se inicie un incendio forestal. El muestreo de combustibles forestales se efectuó durante el periodo de estiaje del año 2005. Primero se obtuvieron las unidades ecológicas en cuanto a tipos de roca, suelo y vegetación, y se realizó la caracterización ecológica de cada una de ellas; el tamaño del sitio de muestreo utilizado fue de 1,000 m² para el estrato arbóreo, 100 m² para el estrato arbustivo y de 1 m² para la vegetación herbácea. Posteriormente, a través de un análisis de Cluster se agruparon las unidades ecológicas que fueron similares en cuanto tipo de vegetación, condiciones generales del sitio y densidad arbórea; de cada grupo se eligió la más representativa para realizar la evaluación de combustibles forestales.

La evaluación de los combustibles forestales se efectuó mediante la técnica de Intersecciones Planares, utilizando 5 líneas de muestreo de 15 m de longitud cada una, donde se contaron las partículas cuyo diámetro fue menor a 0.6 cm, de 0.6 a 2.5 cm, de 2.5 a 7.5 cm y por ultimo, las partículas mayores a 7.5 cm. (podridas o no). Así mismo, en cada línea se tomaron 4 mediciones de la profundidad del material no leñoso (materia orgánica) y en cada sitio se tomaron 4 mediciones del peso de la materia orgánica en un área de 0.25 m² c/u.

Se encontró que el mayor peso de combustibles forestales se ubica en el bosque de *Abies religiosa* con 65.858 Ton ha⁻¹; para el caso del mayor peso del material no leñoso, este se ubica también en *Abies religiosa* con 78.40 Ton ha⁻¹; sin embargo, el mayor espesor de material no leñoso se encontró en el bosque de *Pinus sp* con 13.80 cm. Cabe mencionar que los valores obtenidos en el Parque Nacional El Chico, se ubican dentro del rango de valores reportado por otros autores.

Los valores obtenidos durante cualquier evaluación de combustibles forestales pueden servir como base para la elaboración de mapas de riesgo de incendio forestal, al conjugar otros parámetros como tipo de suelo, tipo de vegetación y actividades permitidas dentro de la zona de influencia, para así definir el nivel de riesgo a la ocurrencia de incendios forestales.

¹ Biólogo egresado de la Facultad de Estudios Superiores “Zaragoza”, UNAM.

Dirección: Calle Juan Enríquez No. 520-5 Col. Juan Escutia, C.P. 09100, Delegación Iztapalapa, México, D.F. Tel: 55 57 44 06 43

e-mail: is_raicesec@yahoo.com.mx y/o is_raicesec@hotmail.com

² Profesor de Carrera Tiempo Completo Asoc. “C” de la Facultad de Estudios Superiores “Zaragoza”, UNAM. Dirección: Ramón Prida No. 6 Col. Jardín Balbuena, C.P 15900, Delegación Venustiano Carranza, México D. F. Tel. 55 57 68 92 91. e-mail: eancer2002@yahoo.com.mx

Introducción

La ocurrencia de incendios forestales es producto de condiciones climatológicas, principalmente, sequías prolongadas, gran cantidad de material combustible y un factor de ignición natural (rayos, vulcanismo) o humano (incendios provocados).

Es frecuente observar que las áreas de más alta posibilidad de un incendio se encuentran próximas a caminos, carreteras o poblados, así como en áreas de fuertes pendientes, zonas de pastoreo, lugares de recreo o áreas de aprovechamiento maderable, (Martínez *et al.* 1990).

En los bosques de coníferas los incendios forestales se consideran el factor de disturbio que más influye en su dinámica, por ello es necesario investigar y prevenir los incendios.

Existen varias técnicas para el desarrollo de planes de prevención de incendios, una de estas se basa en la delimitación de las zonas cuyas características naturales son favorables para la presentación de siniestros. Esta demarcación comprende factores topográficos, de clima, de vegetación, de material combustible muerto, vías de acceso y las actividades que se realizan dentro y fuera del bosque, (Martínez *et al.* 1990).

De esta forma, al analizar una serie de criterios como la cantidad de combustibles forestales, parámetros climáticos como la temperatura y la humedad relativa, rasgos topográficos, así como la influencia de las actividades humanas, y asignarles un valor de importancia sobre el peligro, se pueden obtener indicadores, de gran utilidad para identificar áreas susceptibles de incendios forestales (Muñoz *et al.* 2001).

Evaluación de combustibles forestales

El combustible forestal esta constituido por materiales leñosos y ligeros, vivos o muertos. El material leñoso lo constituyen las ramillas muertas, ramas, tallos y troncos de los árboles y arbustos que han caído y que se encuentran en o sobre la superficie del suelo. El material ligero u hojarasca, comprende aquellos materiales que se acumulan por caída natural de los diferentes estratos vegetales, y sus principales componentes son hojas y humus.

Para efectuar el inventario de volúmenes y pesos de los combustibles forestales, se adecuó la técnica de intersecciones planares, metodología propuesta por Brown (1974, *cit. pos.* Sánchez y Zerecero, 1983), la cual consiste en el conteo de las intersecciones de las piezas leñosas en planos de muestreo verticales, similares a "guillotinas que cortan" los combustibles caídos. Con base en este muestreo se estiman los volúmenes, y el peso se calcula con base en el volumen y la aplicación de estimadores de la gravedad específica del material leñoso.

Sánchez y Zerecero (1983), mencionan que este método se puede aplicar apropiadamente a cualquier tipo de bosque y que los procedimientos de inventario son rápidos y fáciles de usar.

Algunos puntos básicos de esta técnica son:

1. Las piezas leñosas menores de 7.5 cm. de diámetro, son medidas por clases de tamaño y las piezas de 7.5 cm. y mayores se registran por sus diámetros.
2. Las clases de tamaño de 0-0.6 cm., de 0.6-2.5 cm. y de 2.5-7.5 cm., fueron elegidas por medición de las intersecciones, porque los intervalos de clase

proporcionan mayor resolución para combustibles finos y son lo suficientemente pequeños para permitir estimadores precisos de volumen y corresponden en el incremento de 1, 10 y 100 horas promedio de tiempo, de retención de humedad o “tiempo de retardación” para muchos materiales leñosos. Los materiales cuyo diámetro es mayor a 7.5 cm. corresponden a la clase de 1000 horas promedio de tiempo.

El “tiempo de retardación” es una medida de la rapidez con la cual una partícula alcanza el contenido de humedad de equilibrio y se define como el tiempo requerido para perder aproximadamente 63% o 2/3 de la diferencia entre el contenido de humedad actual o inicial y el contenido de humedad de equilibrio. Este tiempo depende mayormente del tamaño o grosor (es decir, la relación de área superficial-volumen) de la partícula. Los combustibles ligeros llegan más rápidamente a estar en equilibrio con su ambiente que los más gruesos. Así se tiene que:

Tabla 1—*Tiempo de retardación de algunos combustibles forestales*

Diámetro (mm)	Tipo	Tiempo de retardo (hr)
< 6	Hojas, ramillas finas, acículas y pastizales.	1
6- 25	Ramillas.	10
25 –75	Ramas.	100
> 75	Ramas gruesas, troncos.	1000

Fuente: Sánchez y Zerecero (1983).

Por ejemplo, una partícula fina esta en la categoría “1 hora”, lo que quiere decir que, si se expone esa partícula a nuevas condiciones de temperatura y humedad relativa, tardará una hora en cambiar 2/3 de la diferencia entre el contenido de humedad de combustible inicial y el contenido de humedad en equilibrio con el ambiente nuevo.

Reglas prácticas en el inventario de combustibles leñosos

De acuerdo a la variabilidad de condiciones que se pueden presentar en la disposición de los combustibles en el campo con respecto a la línea de muestreo, es necesario observar algunas reglas que ayuden a normar el criterio del que va a realizar el inventario. Estas reglas se aplican a las piezas leñosas de cualquier diámetro.

1. La medición de estos combustibles debe comprender el material leñoso muerto (ramillas, tallos, ramas o tocones) de árboles y arbustos, que hayan caído a la superficie del suelo y que se han separado de la fuente original de crecimiento. Por tanto se omitirán las ramas muertas que están fijadas a los troncos de árboles en pie.
2. Se consideraran las ramas o ramillas que estén dentro o sobre la capa de hojarasca. Sin embargo, no serán medidas si la ramilla se encuentra dentro de la capa de humus.
3. Si el plano de muestreo intersecta la parte final de una troza, esta sólo se medirá si el plano de muestreo cruza el eje central de la misma.

4. No se medirán aquellas piezas cuyo eje central coincida exactamente con la línea de muestreo, lo cual ocurre raramente.
5. Si el plano de muestreo intersecta más de una vez una pieza curvada, se medirá cada intersección.
6. Si se encuentran astillas y trozas dejadas después del aprovechamiento, se debe visualizar la forma de estas piezas dentro de cilindros para determinar el tamaño de clase o registrar los diámetros.
7. Se deben medir los tocones enraizados o no, que no estén cubiertos por tierra, para lo cual se considera a los tocones no fijos como troncos de árboles o raíces individuales, dependiendo de donde son interceptados por la línea de muestreo. No se deben medir tocones sin alteración.

El parque Nacional El Chico presento en 1998 incendios forestales de gran magnitud, además de que en la mayoría de la Áreas Naturales Protegidas de México no se tienen evaluaciones de combustibles forestales ni mapas de riesgo de incendios, por lo que el objetivo de este trabajo fue: Evaluar la cantidad de combustible forestal presente en el Parque Nacional “El Chico”, Hidalgo, México.

Zona de estudio

El Parque Nacional El Chico, se localiza en la porción austral del Eje Neovolcanico Transversal, geográficamente esta ubicado entre los 20° 10' 10" y 20° 13' 25" de Latitud Norte y los 98° 41' 50" y 98° 46' 02" de Longitud Oeste en el extremo occidental de la Sierra de Pachuca, al N de la ciudad de México. La altitud varia de 2320 hasta 3090 m. snm y cuenta con una superficie total de 2 739 ha.

Mapa 1—Ubicación del Parque Nacional El Chico



Fuente: Administración del Parque Nacional El Chico

El parque presenta un clima templado húmedo con verano fresco y largo, temperatura media anual de 14.8°C, temperatura media del mes más frío entre -3 y 18°C y la del mes más caliente de 17.9°C. La precipitación anual media es de 1479.5

mm, con un porcentaje de precipitación invernal con respecto al total de menos del 5 %, con poca oscilación térmica y presencia de canícula (Mimbrera y Medina, 2001).

Los suelos son Andosoles y Cambisoles, de textura limoso-arenosos o arenosos. El pH varia de ácidos hasta neutros. El horizonte superior tiene un alto contenido de humus, alcanzado en algunos lugares hasta un 70 %. (Madrigal, 1967; citado por Galindo-Leal *et al.* 1988).

Las características topográficas, geográficas y climáticas de la región donde se localiza el parque le confieren una vegetación con gran riqueza de especies. De los 9 géneros de coníferas representados en México, 6 se encuentran en esta área (Medina y Rzedowski, 1981). Entre las diferentes comunidades vegetales que se encuentran dentro del Parque Nacional El Chico, tenemos las siguientes:

Bosque de *Abies religiosa* (oyamel). A menudo el bosque de oyamel se presenta puro, aún cuando también se le puede encontrar mezclado, sobre todo con árboles de los géneros *Pinus*, *Quercus*, *Pseudotsuga* y *Cupressus* (Rzedowski, 1978).

Bosque de *Quercus*. Este tipo de bosque se distribuye por casi todo el parque y esta conformado por una o varias especies de *Quercus*, en ocasiones se encuentra mezclado con *Abies religiosa* y *Pinus spp.*

Bosque de *Abies religiosa* - *Quercus*. Este bosque posee una menor extensión que el bosque de *Abies* y se encuentra en los alrededores del parque, en sitios cercanos a poblados, en lugares perturbados o cercanos a áreas de cultivo.

Bosque de *Pinus*. Este tipo de vegetación es escasa y ocupa pequeñas superficies dentro del parque, y se le encuentra mezclado con *Abies religiosa*, *Quercus spp.* y *Pseudotsuga macrolepis*.

Bosque de *Juniperus deppeana*. Los árboles miden de 3 a 5 m. de altura, se distribuye principalmente en los llanos y alrededores de pastizales, de 2500 hasta 3000 m snm de altitud. También se localiza en laderas secas donde otros bosques han sido destruidos, por lo que se puede mencionar que este tipo de vegetación constituye una etapa sucesional (Gallina, *et al* 1974).

Pastizal. Este tipo de vegetación se ubica en los valles planos intermontanos, donde se presentan principalmente suelos profundos y con drenaje lento, abundan los zacates (*Muhlenbergia*, *Agrostis*, *Deschampsia* y *Trisetum*) y hierbas de tamaño pequeño.

Método

Selección de sitios de muestreo.

La selección se realizó mediante unidades ecológicas (áreas homogéneas en geología, suelo y vegetación), las cuales se obtuvieron a través del método de sobreposición de mapas (Vela-Boyas, 1984), para lo cual se utilizó el material siguiente:

- Carta geológica Pachuca F14 D81, escala 1:50,000 (INEGI)
- Carta edafológica Pachuca F14 D81, escala 1:50,000 (INEGI)
- Mapa de vegetación Plan de manejo Parque Nacional “El Chico”, escala 1:20,000 (Galindo-Leal *et al.* 1988).

Con cada uno de estos materiales, se digitalizó la zona de influencia de “El Chico”, se ajustaron las imágenes a un mismo tamaño y finalmente fueron sobrepuestas para obtener una imagen final. Cada unidad ecológica obtenida se presenta con la siguiente fórmula: “Tipo de roca; Tipo de suelo; Tipo de vegetación”

La extensión superficial de las unidades ecológicas así obtenidas, se estimó sobreponiendo un cuadrículado con líneas equidistantes, que representa distancias de 100 metros entre cada una de ellas, sobre la imagen final.

Muestreo de Vegetación.

Se realizó una caracterización ecológica de cada unidad ecológica. El tamaño del sitio de muestreo utilizado fue de 1,000 m² para el estrato arbóreo, 100 m² para el estrato arbustivo y de 1 m² para la vegetación herbácea, de acuerdo con el “Instructivo para la Caracterización Ecológica de los Sitios de Muestreo del Estudio Ecológico Forestal del Eje Neovolcánico”, (Madrigal *et al.* 1970). Además, se determinó el estadio del desarrollo forestal del arbolado con base en la estructura diamétrica del mismo, definiéndose como joven o maduro.

Posteriormente, a través de un análisis de Agrupamiento, las unidades ecológicas se agruparon tomando en cuenta las condiciones generales del sitio y la densidad del arbolado; finalmente de cada grupo obtenido, se eligió la unidad ecológica más accesible y representativa para realizar la evaluación de combustibles forestales.

Evaluación de combustibles forestales.

En cada unidad seleccionada se ubicaron 5 líneas de muestreo, una central y las 4 restantes hacia los 4 puntos cardinales, cuya dirección de cada una de ellas fue hacia el NW, definida aleatoriamente con anterioridad. El muestreo de combustibles se realizó durante el periodo de estiaje del año 2005, es decir de marzo a junio.

La evaluación de los combustibles forestales se efectuó mediante la técnica de Intersecciones Planares (Sánchez y Zerecero, 1983), con ayuda de 1 forma de registro de campo (Anexo 1) y utilizando líneas de 15 m. de longitud para la cuantificación de los combustibles, de acuerdo al siguiente cuadro:

Tabla 2—Longitud de la línea de muestreo a utilizar y tamaño de partícula.

Combustibles forestales		Longitud de medición del combustible (m).
Tipo	Diámetro (cm)	
Fino	0 – 0.6	0 - 2
Ligero	0.6 – 2.5	0 - 4
Mediano	2.5 – 7.5	0 - 10
Pesado	> 7.5 cm	0 - 15

Nota: Las dimensiones de la línea de muestreo se obtuvieron al realizar una modificación con base en los trabajos de Vera (1980), Sánchez y Zerecero (1983) y Rodríguez (1995).

Una vez definido el sitio para realizar la evaluación de los combustibles forestales, se marco con una estaca el punto central, posteriormente se determinó la pendiente, cuando esta existía, en el sentido de la dirección de la línea mediante un clisímetro.

Dado que es necesario hacer la corrección de la pendiente a una base horizontal, el factor de corrección se calculó mediante la siguiente fórmula, de acuerdo a Sánchez y Zerecero (1983):

$$c = \sqrt{1 + \frac{(\%pendiente)^2}{100}}$$

Para obviar los cálculos anteriores, se presenta la siguiente tabla:

Tabla 3—Factor de corrección de la pendiente.

Pendiente (%)	Factor de corrección (c)	Pendiente (%)	Factor de corrección (c)
0	1.00	60	1.17
10	1.00	70	1.22
20	1.02	80	1.28
30	1.04	90	1.35
40	1.08	100	1.41
50	1.12	110	1.49

Una vez tendidas las líneas de muestreo, se contaron y se midieron los diámetros de los materiales encontrados. Por lo tanto, para cada línea de muestreo en los 2 primeros metros se contaron las partículas cuyo diámetro fue menor a 0.6 cm.; de igual manera de los 0 a los 4 m. sobre la línea de muestreo, se contaron las partículas cuyo diámetro fue entre 0.6 y 2.5 cm.; así mismo, las partículas cuyo diámetro osciló entre 2.5 y 7.5 cm. se contaron desde los 0 y hasta los 10 m.; y por ultimo, las partículas mayores a 7.5 cm. de diámetro (podridas o no) fueron contadas a lo largo de la longitud total de la línea de muestreo y anotado el diámetro y estado de las mismas.

Así mismo, se tomaron 4 mediciones de la profundidad de la materia orgánica, desde la parte superior de la hojarasca hasta el suelo mineral. Además, para cada sitio y al final de cada línea de muestreo externa, se tomo 1 medición del peso de la materia orgánica en un área de 0.25 m², y el espesor de la misma.

Calculo del peso de los combustibles forestales

De acuerdo a Sánchez y Zerecero (1983), para efectuar los cálculos, se utilizan las siguientes formulas:

Tamaño de clase: 0 – 0.6 (cm.)

$$P_A = \frac{(0.484)(n)(c)}{(N)(L)}$$

Tamaño de clase: 0.6 – 2.5 (cm.)

$$P_B = \frac{(3.369)(n)(c)}{(N)(L)}$$

Tamaño de clase: 2.5 – 7.5 (cm.)

$$P_C = \frac{(36.808)(n)(c)}{(N)(L)}$$

> 7.5 sin pudrición (cm.)

$$P_D = \frac{(1.46)(\sum d^2)(c)}{(N)(L)}$$

> 7.5 con pudrición (cm.)

$$P_E = \frac{(1.21)(\sum d^2)(c)}{(N)(L)}$$

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.

$\sum d^2$ = 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 1m. = 3.28 pies

Para obtener el peso parcial de los combustibles se tienen las siguientes formulas:

Combustibles livianos $P_{Liv} = P_A + P_B + P_C$

Combustibles grandes $P_{Gdes} = P_D + P_E$

Para obtener el peso total de los combustibles se tiene:

$$P_{Tot} = P_{Liv} + P_{Gdes}$$

Para la obtención de Kg/m^2 del área de interés, P_{Tot} se divide entre 10.

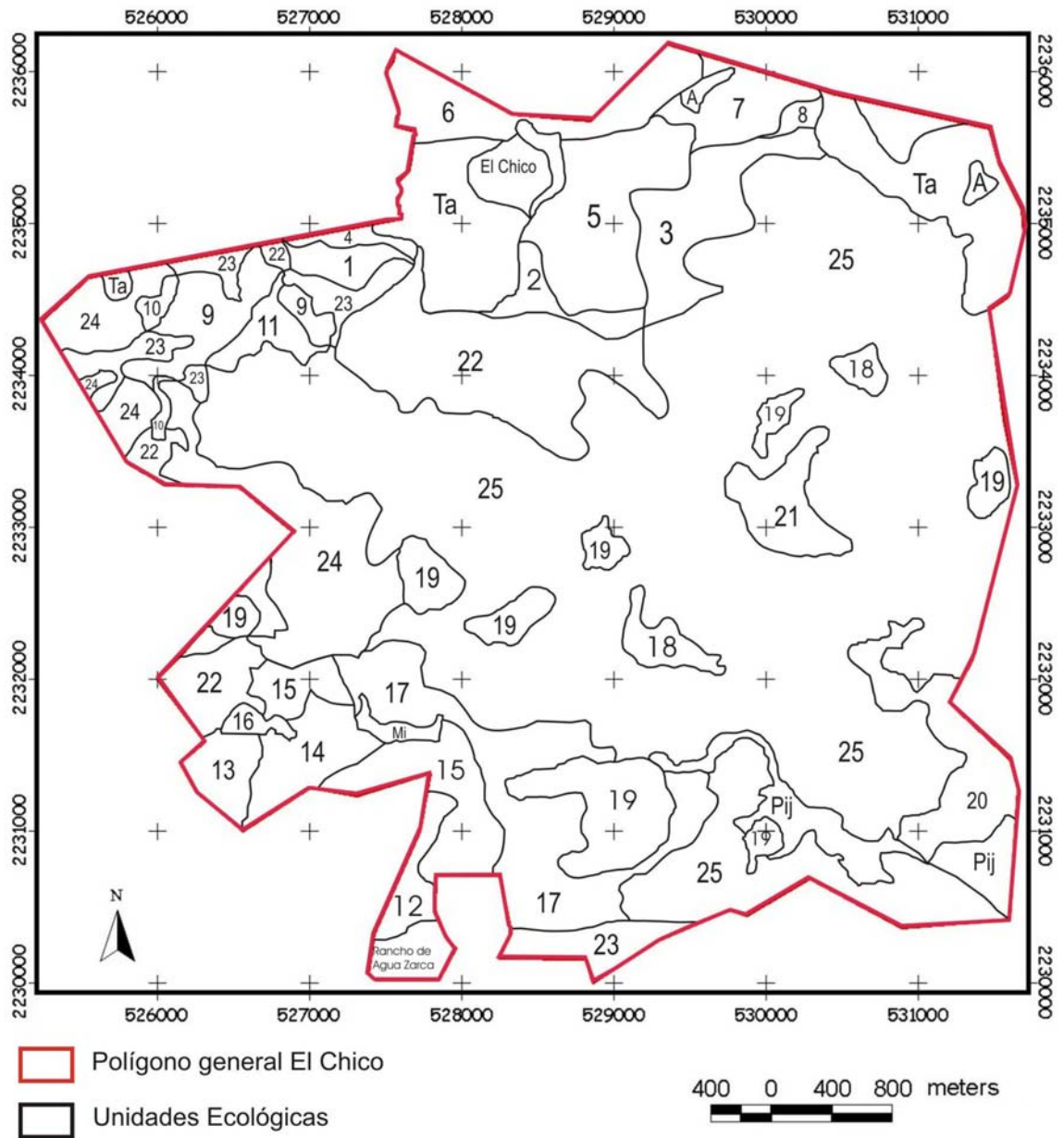
Resultados

Unidades Ecológicas

Se encontraron un total de 25 unidades (Mapa 2), cuyas características fueron las siguientes:

1. Andesita–Brecha volcánica andesítica; Cambisol húmico–Feozem haplico; *Quercus*
2. Andesita–Brecha volcánica andesítica; Cambisol húmico–Feozem haplico; *Quercus–Abies religiosa*
3. Andesita–Brecha volcánica andesítica; Cambisol húmico–Feozem haplico; *Abies religiosa*
4. Andesita–Brecha volcánica andesítica; Regosol eutríco; *Quercus*
5. Andesita–Brecha volcánica andesítica; Regosol eutríco; *Quercus–Abies religiosa*
6. Andesita–Brecha volcánica andesítica; Litosol–Regosol eutríco; *Quercus–Pinus*
7. Andesita–Brecha volcánica andesítica; Litosol–Regosol eutríco; *Quercus–Abies religiosa*
8. Andesita–Brecha volcánica andesítica; Litosol–Regosol eutríco; *Abies religiosa*
9. Ígnea extrusiva ácida; Litosol–Regosol eutríco; *Quercus*
10. Ígnea extrusiva ácida; Litosol–Regosol eutríco; *Quercus–Abies religiosa*
11. Ígnea extrusiva ácida; Litosol–Regosol eutríco; *Abies religiosa–Quercus*
12. Ígnea extrusiva ácida; Feozem haplico; *Quercus–Juniperus*
13. Riolita–Toba riolítica; Feozem haplico; *Cupressus*
14. Riolita–Toba riolítica; Feozem haplico; *Quercus–Abies religiosa*
15. Ígnea extrusiva ácida; Feozem haplico; *Quercus–Abies religiosa*
16. Ígnea extrusiva ácida; Feozem haplico; *Cupressus–Abies religiosa*
17. Ígnea extrusiva ácida; Feozem haplico; *Abies religiosa–Juniperus*
18. Ígnea extrusiva ácida; Cambisol húmico–Feozem haplico; *Juniperus*
19. Ígnea extrusiva ácida; Cambisol húmico–Feozem haplico; *Abies religiosa–Juniperus*
20. Ígnea extrusiva ácida; Cambisol húmico–Feozem haplico; *Pinus*
21. Ígnea extrusiva ácida; Cambisol húmico–Feozem haplico; *Abies religiosa–Quercus*
22. Ígnea extrusiva ácida; Cambisol húmico–Feozem haplico; *Quercus–Abies religiosa*
23. Ígnea extrusiva ácida; Cambisol húmico–Feozem haplico; *Quercus*
24. Ígnea extrusiva ácida; Cambisol húmico–Feozem haplico; *Quercus–Abies religiosa*
25. Ígnea extrusiva ácida; Cambisol húmico–Feozem haplico; *Abies religiosa*

Mapa 2— Unidades Ecológicas encontradas en El Parque Nacional “El Chico”,
Hidalgo.



Las Unidades Ecológicas agrupadas por similitud, y la unidad en la que se realizó el muestreo de los combustibles forestales se muestra a continuación:

Tabla 4—Unidades ecológicas similares y unidad ecológica seleccionada para realizar la evaluación de los combustibles forestales.

Tipo de vegetación	Unidades Ecológicas similares (sitio)	Unidad Ecológica a evaluar combustibles (sitio)
<i>Abies religiosa</i>	25 (1), 25 (7), 25 (9)	25 (9)
	25 (2), 25 (3), 25(4)	25 (2)
	8, 25 (6)	8
	3, 25 (10)	3
	25 (5)	25 (5)
	25 (8)	25 (8)
<i>Quercus spp.</i>	4, 9, 23	23
	1	1
<i>Pinus sp.</i>	20	20
<i>Juniperus sp.</i>	18	18
<i>Abies religiosa – Quercus spp.</i>	11, 21	21
<i>Abies religiosa – Juniperus sp.</i>	19	19
	17	17
<i>Quercus spp.– Abies religiosa</i>	2, 22, 24	2
	5, 7, 15	5
	10	10
<i>Quercus spp. – Pinus sp.</i>	6	6
<i>Quercus spp. – Juniperus sp.</i>	12	12

En las Unidades Ecológicas 13, 14 y 16 no se realizó la caracterización ecológica programada porque los dueños no lo permitieron.

Evaluación de combustibles forestales.

A continuación se muestran los valores promedio de la evaluación de combustibles forestales en las unidades ecológicas seleccionadas:

Tabla 5—Medias del Peso (Ton ha⁻¹) de los combustibles forestales leñosos y no leñosos evaluados en el Parque Nacional “El Chico”, Hidalgo.

Unidad Ecológica	Tipo de Vegetación	Leñosos (Ton ha ⁻¹)				Total (Ton ha ⁻¹)	No leñosos	
		Diámetro (cm.)					Peso (Ton ha ⁻¹)	Espesor (cm.)
		0 - 0.6	0.6 - 2.5	2.5 - 7.5	> 7.5			
3	<i>Abies religiosa</i>	4.325	2.104	0.575	40.829	47.833	67.60	4.35
8		3.381	3.484	1.149	8.474	16.488	35.20	4.15
25 (2)		10.146	5.636	3.658	24.737	44.177	45.60	3.07
25 (5)		1.623	1.410	1.369	61.456	65.858	78.40	4.57
25 (8)		6.276	4.505	2.976	29.592	43.349	44.40	3.74
25 (9)		5.802	3.861	1.796	0	11.459	45.60	3.62
1	<i>Quercus spp.</i>	3.759	3.289	4.237	0.327	11.612	69.20	4.95
23		1.659	1.696	0.449	13.974	17.778	30.80	5.72
20	<i>Pinus sp.</i>	1.881	4.191	6.181	47.930	60.183	74.80	13.8
21	<i>Abies religiosa</i> - <i>Quercus spp.</i>	4.455	2.619	1.831	30.722	39.628	56.00	4.05
17	<i>Abies religiosa</i>	4.223	3.316	0.251	3.046	10.836	52.40	6.35
19	- <i>Juniperus sp.</i>	7.882	6.547	5.261	42.578	62.268	66.80	4.95
2	<i>Quercus spp.</i> - <i>Abies religiosa</i>	1.877	2.695	5.048	45.588	55.208	62.00	9.40
5		2.598	3.412	0.709	0	6.719	46.00	5.30
10		4.904	3.618	4.058	10.739	23.319	42.40	3.97
6	<i>Quercus spp.</i> - <i>Pinus sp.</i>	0.363	1.801	1.044	0	3.208	48.80	3.25
12	<i>Quercus spp.</i> - <i>Juniperus sp.</i>	1.767	0.955	0.485	0	3.207	39.20	5.70

A partir de la Tabla 5, se observa que el volumen de los materiales cuyo diámetro es inferior a 0.6 cm, es mayor en la mayoría de los casos donde esta presente *Abies religiosa* y este va disminuyendo conforme aumenta el diámetro de la partícula.

El valor más alto para el tamaño de partícula menor a 0.6 cm fue de 10.146 ton ha⁻¹, como resultado del incendio ocurrido en 1998, durante el cual solo se consumió el follaje, para posteriormente desprenderse totalmente de las pequeñas ramas que daban sostén al follaje; mientras que, el valor más pequeño se encontró en la vegetación de *Quercus-Pinus* con 0.363 ton ha⁻¹.

De igual manera, para el tamaño de partícula de 0.6 a 2.5 cm. de diámetro, se repite el comportamiento anterior, ya que los valores más altos de combustibles se ubican principalmente donde existe vegetación de *Abies religiosa*, donde el mayor

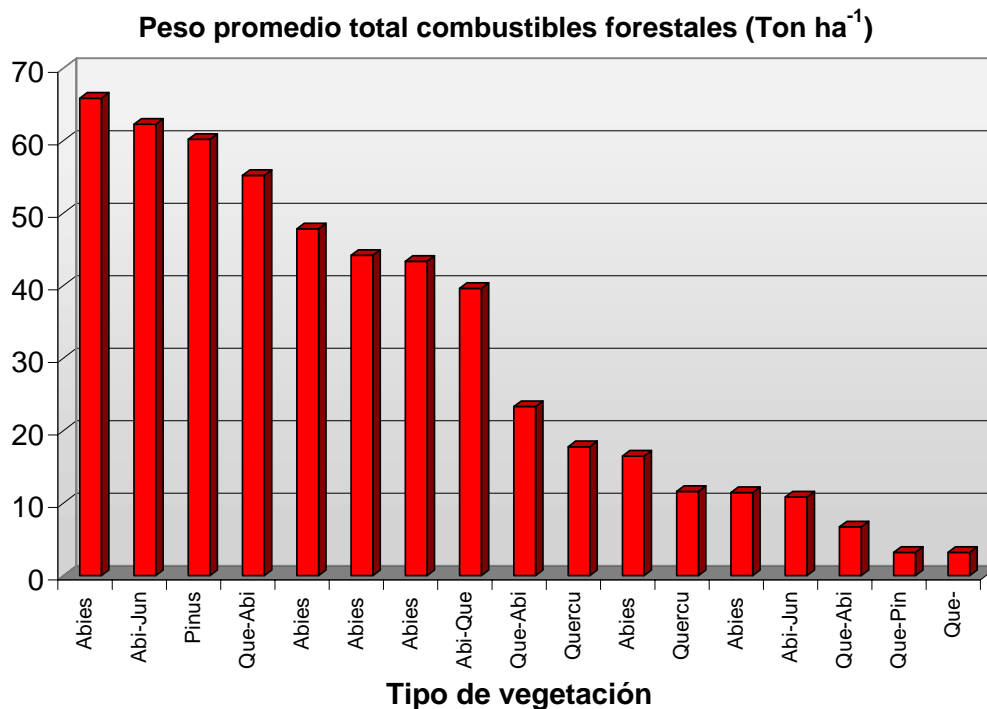
peso fue en *Abies* (oyamel) con 5.636 ton ha⁻¹ y el menor se ubico en la vegetación de *Quercus-Juniperus* con 0.955 ton ha⁻¹.

Así mismo, en el tamaño de partícula de 2.5 a 7.5 cm. de diámetro, nuevamente se observa el mismo comportamiento, donde los valores más altos de combustibles se encuentran principalmente donde existe presencia de *Abies religiosa*; sin embargo, en ésta categoría diamétrica el valor más grande se encontró en el Bosque de *Pinus*, con 60.183 ton ha⁻¹ y el menor peso se ubicó en la vegetación de *Abies religiosa-Juniperus sp.*

Para los combustibles pesados, cuyo diámetro es mayor de 7.5 cm., se observa que continua el comportamiento que ha predominado en las anteriores categorías, los valores más altos de combustibles se encuentran principalmente donde existe presencia de *Abies religiosa*; el valor más alto encontrado fue en el bosque de *Abies religiosa* (oyamel), con 61.456 ton ha⁻¹, mientras que el valor más pequeño fue de 0.327 ton ha⁻¹ ubicado en vegetación de *Quercus* (encinos). Además, existieron sitios donde no se encontraron combustibles pesados, entre ellos, uno con vegetación de *Quercus-Juniperus*.

Con respecto a Combustibles Totales se continúa con el mismo comportamiento de cada categoría diamétrica, donde las mayores cargas de combustibles forestales se ubican en presencia de *Abies religiosa*; el valor más alto que se encontró fue en el bosque de *Abies* (oyamel), con un total de 65.858 ton ha⁻¹, y el valor más pequeño fue de 3.207 ton ha⁻¹ en vegetación de *Quercus-Juniperus*, (Figura 1).

Figura 1—Variación del peso promedio total de combustibles forestales en los diferentes tipos de vegetación seleccionados.



Nota: Pinus= *Pinus sp.*; Abi-Que= *Abies religiosa-Quercus spp.*; Abies= *Abies religiosa*; Abi-Jun= *Abies religiosa-Juniperus sp.*; Que-Abi= *Quercus spp.-Abies religiosa*; Quercus= *Quercus spp.*; Que-Pin= *Quercus spp.-Pinus sp.*; Que-Jun= *Quercus spp.-Juniperus sp.*

Cabe destacar que los valores más pequeños se encuentran en la vegetación de *Juniperus sp.*

El bosque de *Abies religiosa* (oyamel) en el Parque Nacional El Chico presenta, en la mayoría de los casos, las mayores cargas de combustible en cualquiera de sus categorías diamétricas.

La gran cantidad de combustible forestal que se presenta en el bosque de *Abies religiosa*, se debe principalmente a que el arbolado de esta especie es corpulento, llegando a medir desde 30 y hasta 45 m. de altura, con un tronco de 40 cm. a 1.5 m. de diámetro, y presenta ramas extendidas que se cortan de manera gradual formando una copa piramidal o cónica.

Los resultados obtenidos se ubican dentro del intervalo encontrado por otros autores que han empleado la misma técnica (Tabla 6).

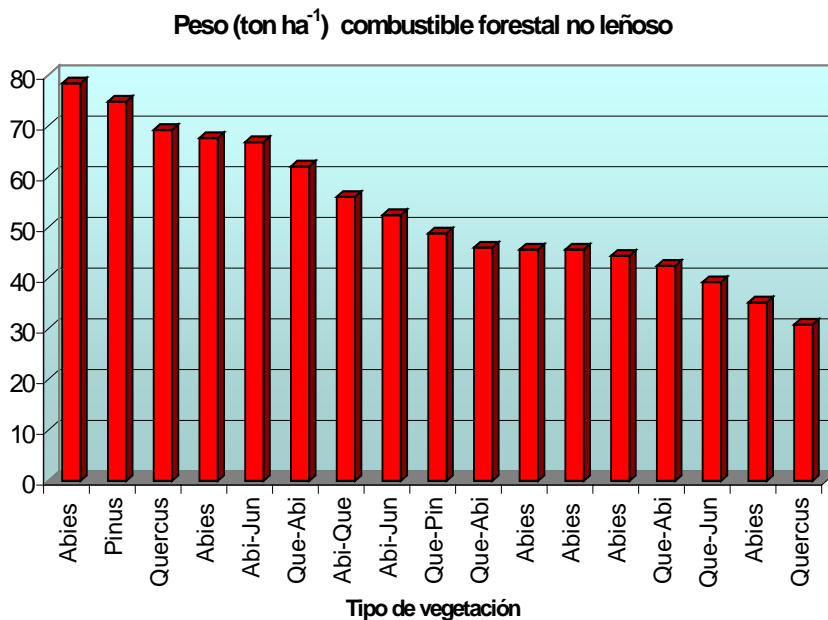
Tabla 6—Valores obtenidos por distintos autores mediante la aplicación de la técnica de intersecciones planares para evaluar combustibles forestales.

Autor	Año	Total combustibles (ton ha ⁻¹)			
		Ligeros	Pesados	Intervalo	
Zapata	1990	17.24	-----	15.49	71.71
* Flores y Benavides	1994	-----	-----	13.00	53.00
Rodríguez	1995	-----	-----	7.96	64.26
* Álanis y Orozco	2000	-----	-----	13.00	42.00
Muñoz	2001	-----	-----	16.00	37.00
Miranda	2004	9.70	0.59	1.98	17.00
Villers y López	2004	11.48	-----	4.1	16.30
Estrada	2006	3.20	21.18	3.21	65.86

* De acuerdo a Muñoz (2001)

Con respecto a el peso del material no leñoso, estos variaron de 30.80 hasta 78.40 (ton ha⁻¹) en bosques de *Quercus spp.* y *Abies religiosa* respectivamente (Figura 2).

Figura 2—Variación del peso promedio total de combustibles forestales no leñosos en los diferentes tipos de vegetación seleccionados.



Nota: Pinus= *Pinus sp.*; Abi-Que= *Abies religiosa-Quercus spp.*; Abies= *Abies religiosa*; Abi-Jun= *Abies religiosa-Juniperus sp.*; Que-Abi= *Quercus spp.-Abies religiosa*; Quercus= *Quercus spp.*; Que-Pin= *Quercus spp.-Pinus sp.*; Que-Jun= *Quercus spp.-Juniperus sp.*

En cuanto al espesor del material combustible constituida por restos vegetales, hojarasca o mantillo, el mayor espesor se encontró en el bosque de *Pinus sp.* (pinar) con 13.80 cm., mientras que el valor más pequeño fue de 3.07 cm. para vegetación de *Abies religiosa* (oyamel).

De manera general, el peso de los combustibles forestales se ve incrementado si el bosque evaluado es relativamente joven o si se ha presentado algún tipo de disturbio en el corto plazo, y por el contrario, los valores de los combustibles forestales disminuirán si el bosque evaluado es maduro, hasta que nuevamente ocurra un disturbio y los valores de los combustibles leñosos se incrementen nuevamente.

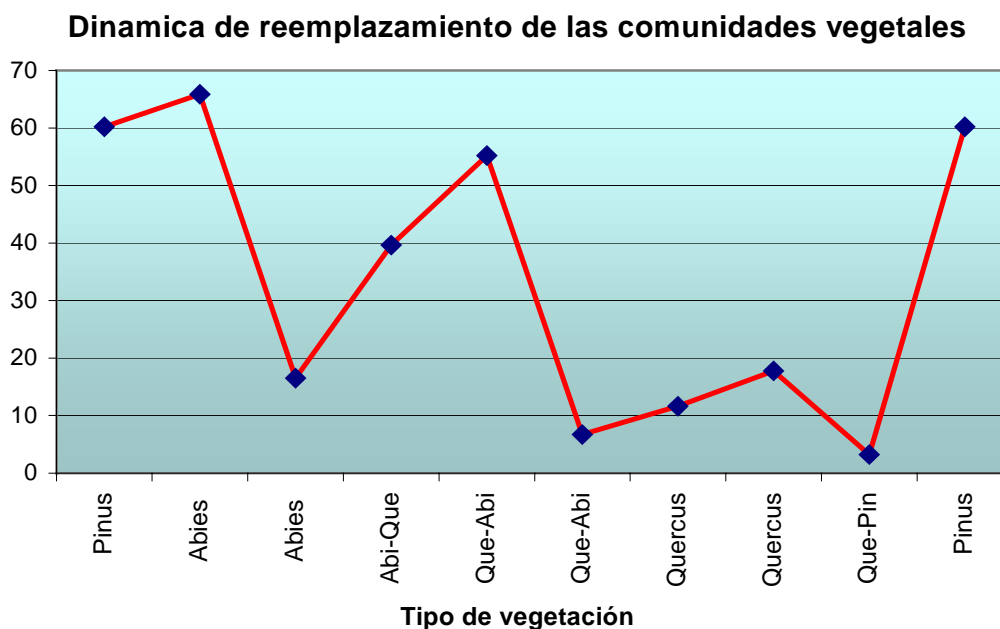
Por ejemplo, al ocurrir algún tipo de disturbio, ya sea un incendio forestal de copa moderado o tala, en este caso en el bosque de *Abies religiosa*, el dosel del bosque será abierto y si las condiciones del sustrato son adecuadas para una germinación y posterior establecimiento de las plántulas de *Abies*, se obtendrá una gran cantidad de plántulas en pleno desarrollo; por lo tanto, el incremento en el peso de los combustibles forestales posterior al disturbio, es debido al desarrollo de las altas cantidades de plántulas recién reclutadas y a los efectos sobre la vegetación del disturbio en si.

Conforme va pasando el tiempo, y sin la presencia de algún disturbio importante, el bosque da *Abies* madura, y por lo tanto la velocidad de crecimiento del arbolado se reduce, la producción de materia orgánica va disminuyendo, y si tomamos en cuenta que la incorporación de dicha materia al suelo es mas rápida que la producción, la acumulación del material leñoso se va reduciendo de manera

sustancial, y por esto se da una variación dentro de un mismo tipo de vegetación, pues al parecer ocurre lo mismo en los otros tipos de vegetación (Figura 3).

Los individuos de *Abies religiosa* realizan un aporte constante de material combustible durante todo su desarrollo, el cual es un poco lento durante los primeros años, para posteriormente desarrollarse velozmente, y finalmente en estado adulto, reducir el ritmo de crecimiento a valores mínimos, pero sin detenerlo hasta su muerte.

Figura 3—Variación de los combustibles forestales en un orden secuencial de sucesión probable, con base en la distribución diamétrica de arbolado.



Nota: Pinus= *Pinus sp.*; Abi-Que= *Abies religiosa-Quercus spp.*; Abies= *Abies religiosa*; Abi-Jun= *Abies religiosa-Juniperus sp.*; Que-Abi= *Quercus spp.-Abies religiosa*; Quercus= *Quercus spp.*; Que-Pin= *Quercus spp.-Pinus sp.*; Que-Jun= *Quercus spp.-Juniperus sp.*

Conclusiones

La mayor cantidad de combustibles forestales se ubica en el bosque de *Abies religiosa* con 65.858 ton ha⁻¹, mientras que el tipo de vegetación con menor cantidad de combustibles fue el bosque de *Quercus spp.-Juniperus sp.* con 3.207 ton ha⁻¹.

Por la cantidad de combustibles forestales encontrados en el bosque de *Pinus sp.* y en la mayoría de los sitios donde esta presente *Abies religiosa*, más de 40 ton ha⁻¹, el riesgo de que se origine un incendio forestal en estas zonas es alto.

La cantidad de combustibles forestales presentes en cada zona, guarda una estrecha relación con el estado de la vegetación al momento de la evaluación, así mismo, con el tipo, intensidad y el tiempo transcurrido con el último evento de perturbación ocurrido en la zona.

Recomendaciones

Al efectuar cualquier tipo de evaluación de combustibles forestales se debe tomar en cuenta las condiciones que presenta la vegetación, su edad, y si ha ocurrido una perturbación en el corto o mediano plazo, ya que estos factores inciden en la cantidad y disposición de los combustibles forestales.

Referencias bibliográficas

- Galindo-Leal, C., I. S. Franco, M. A. Flores, C. Lazcano, S. Franco y R. Cortés. 1988. Plan de Manejo del Parque Nacional El Chico, Hidalgo. SEDUE. México. 55 pp.
- Gallina, M. P., A. González, R. C. Moutal y G. C. Tello. 1974. Bases para la reestructuración del Parque Nacional “El Chico”, Hidalgo, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México.
- Madrigal, X., F. Takaki y J. Sánchez. 1970. Instructivo para la caracterización de los sitios de muestreo del estudio ecológico-forestal del eje neovolcánico. INIF. Boletín Divulgativo no. 24. México. 12 pp.
- Martínez, A., J. G. Flores y J. D. Benavides. 1990. Índices de riesgo de incendio en la Sierra de Tapalpa, Estado de Jalisco. INIFAP. Ciencia Forestal en México 15 (67). pp. 3 – 34.
- Medina J. M. y J. Rzedowsky. 1981. Guía botánico-forestal de la parte alta de la Sierra de Pachuca. pp. 1-19. En: Guías Botánicas de excursiones en México IV Soc. Bot. Mèx.
- Mimbrera, H. M. y R. H. Medina. 2001. Efecto del fuego en la vegetación del Parque Nacional El Chico, Hidalgo. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales. UACH. Chapingo, México.
- Miranda, R. 2004. Determinación de las áreas de riesgos a incendio forestal del parque ecológico Chipinque, Nuevo León. pp. 99-106. En: Villers, L. y López, J. (Eds.). 2004. Incendios forestales en México. Métodos de evaluación. UNAM. México. 164 pp.
- Muñoz, C. A., E. J. Treviño y J. Verástegui. 2001. Identificación de áreas susceptibles a incendios forestales. En: Memorias V Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Sociedad Mexicana de Recursos Forestales. México.
- Rodríguez, D. A. y P. A. Sierra. 1995. Evaluación de los combustibles forestales en los bosques del Distrito Federal. INIFAP. Ciencia Forestal en México 20 (77). pp. 193 – 218
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. LIMUSA. México. 432 pp.
- 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.
- Vela, L. G. y Boyás, J. D. 1984. La tipología ecológica como base de la planeación agropecuaria y forestal. SARH-INIF. Ciencia Forestal. No. 47. Vol. 9. pp. 3-20
- Vera, F. 1980. Presentación de la técnica de intersecciones planares en un caso de inventario de residuos forestales en el campo experimental Zoquiapan, Méx. Tesis de licenciatura. UACH. Chapingo, México.
- Villers, L. y J. López. 2004. Comportamiento del fuego y evaluación del riesgo por incendios en las áreas forestales de México: un estudio en el volcán La Malinche. pp 61-78. En: Villers, L.; López, J. (Eds.). 2004. Incendios forestales en México. Métodos de evaluación. UNAM. México. 164 pp.
- Zapata, C. 1990. Determinación de indicadores de peligro potencial de incendios forestales con base en la cuantificación del material combustible. Tesis de Licenciatura. UACH. Chapingo. México.



Anexo 1

INVENTARIO DE COMBUSTIBLES FORESTALES

Hoja 1/2

Realizó: _____ Fecha: _____ Sitio no.: _____

Estado: _____ Municipio: _____ Localidad (paraje): _____

Lat. N _____ Long. W _____ UTM: 14Q _____ , _____ Altitud: _____ msnm

SUPERFICIE

Posición Topográfica: Fondo de valle o depresión _____ Llanura _____ Pie de monte _____ Ladera: B M A Meseta _____

Cima _____ Cresta _____ Microrelieve: Plano _____ Ondulado _____ Accidentado _____ Exposición: N S E W NE

NW SE SW Pendiente _____ % Cond. Hídricas: Seco Húmedo Muy húmedo

Erosión: Hídrica _____ Eólica _____ Gravedad _____ Surcos _____ Cárcavas _____ Grado: L M S

Sitio Número	Pendiente	Longitud plano de muestreo (m)														
		0 - 2	0 - 4	0 - 10	0 - 15			0	5	10	15	0	5	10		
		Categoría Diamétrica Ø (cm.)						Profundidad Materia Orgánica (cm)				Altura Material Combustible (m)				
		0 - 0.6	0.6 - 2.5	2.5 - 7.5	+7.5											
No. de Intersec.	No. de Intersec.	No. de Intersec.	Bueno			Podrido			1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	
1																
2																
3																
4																
5																

Continuidad combustibles: horizontal _____ vertical _____ Arbolado muerto: Tirado _____ En pie _____

Observaciones: _____



Anexo 1

INVENTARIO DE COMBUSTIBLES FORESTALES

Hoja 2/2

Realizó: _____ Fecha: _____ Sitio no.: _____

VEGETACIÓN

Vegetación: _____	%	Tipo: _____
Hojarasca: _____	%	Composición: _____
		Continuidad horizontal: si no Observ. _____
Rocas (> 7.5 cm): _____	%	Tipo de roca: _____
Gravas (< 7.5 y > 2 cm): _____	%	Tipo de suelo: _____ Prof. suelo _____ cm.
Material fino (< 2 cm): _____	%	Incendio: SUBT SUP COPA Observ.: _____
Agentes de disturbio: ANI PLA ENF FEN-MET _____		

Estratificación vertical				Estrato arbustivo			
Estrato no.	Especie	Cobertura %	Altura	Estrato no.	Especie	Cobertura %	Altura
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Musgo:	Espesor _____ cm.	Cobertura _____ %		Continuidad horizontal:	Si No		
Gramíneas:	Altura _____ m.	Cobertura _____ %		Continuidad horizontal:	Si No		

Otros

Reforestación: _____ Regeneración: _____ Edo. sanitario: _____ Act. prev. física: _____ Tipo: _____

Caza: _____ Campismo: _____ Zona agrícola adyacente: _____ Pastoreo: _____ Recreación: _____

Observaciones: _____