



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
“ZARAGOZA”

IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS
SUSCEPTIBLES DE INCENDIO
FORESTAL EN EL PARQUE
NACIONAL “EL CHICO”, HIDALGO.

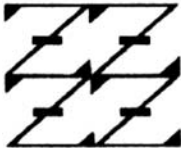
T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
B I Ó L O G O
P R E S E N T A
ISRAEL ESTRADA CONTRERAS

Director:

I. en C. Efraín Reyes Ángeles Cervantes

ROYECTO: DGAPA-PAPIIT IN-200603

U N A M
F E S
Z A R A G O Z A



LO HUMANO
EJE
DE NUESTRA REFLEXIÓN

México, D.F. 2006



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, mi alma madre, y a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, por la formación recibida.

A todos los profesores que a lo largo de la carrera compartieron conmigo mucho más que su conocimiento.

Al Herbario FEZA, y de manera especial al Dr. Eloy Solano Camacho y al M. en C. Carlos Castillejos Cruz, por el apoyo recibido.

A la Biol. Ma. de la Luz Arreguin Sánchez, Curador del Herbario de plantas vasculares de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, del Instituto Politécnico Nacional, por las facilidades brindadas.

Al Lic. Marco Antonio Soto García, Director del Parque Nacional El Chico; al Ing. Luis Felipe Vázquez Sandoval, Subdirector Técnico, y al Ing. Celso Lazcano Cazares, Asesor del Parque, por el apoyo y facilidades brindadas para la realización y culminación del presente trabajo.

Al M. en C. Faustino López Barrera, M. en C. Manuel Faustino Rico Bernal, M. en C. Rosalva García Sánchez y al Dr. Gerardo Cruz Flores, por sus valiosas aportaciones.

Al M. en C. Efraín Reyes Ángeles Cervantes, por el conocimiento brindado, su amistad y apoyo en todo momento.

DEDICATORIA

A mis padres Ma. Elena y Martín, por su gran cariño y respaldo en todo momento, y sobre todo por ser ejemplo de vida. Este paso también es suyo, muchísimas gracias.

A mis hermanos Roberto, Omar, Antonio y Martín como muestra de mi gran cariño hacia ellos cada uno de ellos.

A Tita y a Richi, y a todos mis demás sobrinos que seguramente están por llegar, con cariño y esperando sea un pequeño ejemplo a seguir.

A mis compañeros y amigos, Arturo, Mario, Rosita, Soledad, Toño, Zenia, entre muchos más, que a lo largo de esta etapa compartieron mas que un salón de clases, sino una de las etapas más importantes en nuestras vidas.

De manera muy especial a Ana, Elena, Juan Manuel, Lilia Karina, Sandra, Selene, Soledad y Ulises, que de manera desinteresada compartieron el arduo trabajo de campo durante la realización de está tesis, ya que sin ellos, no hubiera sido posible la culminación de la misma.

A Dilhery.

A quien con su hermosa sonrisa,
ilumina y guía mis pasos al andar,
de piel más suave que la brisa,
es camino y puerto al que llegar.

Eres el fuego que me abraza,
y nubla mi mente de pasión,
como agua que todo lo arrasa,
eres amor, vida y renovación.

INDICE

Tema	Pag.
1. Introducción.	1
2. Incendios forestales.	2
Principales causas de los incendios forestales.	2
Tipos de incendios.	3
Efecto de los incendios sobre la vegetación y el suelo.	4
Mecanismos de propagación del fuego.	5
Comportamiento del fuego.	6
Factores que influyen en el comportamiento de un incendio.	9
3. Zonificación de zonas de riesgo de incendio forestal.	12
4. Evaluación de combustibles forestales.	12
Recomendaciones para el muestreo de combustibles forestales.	14
Reglas prácticas en el inventario de combustibles leñosos.	14
Estudios de evaluación de combustibles forestales	15
5. Planteamiento del problema	19
6. Justificación del trabajo	19
Objetivos	20
7. Descripción de la zona de estudio	21
Ubicación.	21
Historia.	21
Superficie.	22
Clima.	23
Geología.	23
Suelos.	23
Vegetación.	24
Fauna	26
8. Método	27
Delimitación de la diversidad ambiental.	27
Muestreo de vegetación.	27
Evaluación de combustibles forestales.	28

Mapa de riesgos de incendios forestales.	31
9. Resultados.	33
Diversidad ambiental y variabilidad de combustibles.	34
Mapa de riesgos de incendios forestales.	70
10. Análisis de resultados.	75
Diversidad ambiental.	75
Combustibles forestales.	76
Mapa de riesgos de incendios forestales	79
11. Conclusiones	82
12. Recomendaciones	83
13. Literatura citada	84
Anexo 1	87
Anexo 2	88
Anexo 3	89

CUADROS Y FIGURAS

Cuadro no.	Descripción	Pag.
1	Causas estimadas de los incendios forestales en 1998.	3
2	Tiempo de retardación de algunos combustibles forestales.	13
3	Referencia para determinar la longitud de la línea de muestreo.	14
4	Rango de combustibles forestales encontrados por Zapata (1990).	16
5	Cargas promedio de combustibles para los bosques del Distrito Federal.	17
6	Volumen de combustible forestal (ton ha^{-1}) del Parque Nacional La Malinche.	18
7	Peso del combustible forestal evaluado en el Parque Ecológico Chipinque.	18
8	Longitud de la línea de muestreo a utilizar y tamaño de partícula.	28
9	Factor de corrección de la pendiente.	29
10	Parámetros utilizados para definir el nivel de riesgo de las unidades ecológicas.	31
11	Corrección entre la vegetación encontrada en campo y la reportada.	33
12	Unidades Ecológicas similares y unidad ecológica seleccionada para realizar la evaluación de los combustibles forestales.	36
13	Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 1.	37
14	Peso de los combustibles forestales (ton ha^{-1}) encontrados en la unidad ecológica no. 1.	37
15	Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 2.	38
16	Peso de los combustibles forestales (ton ha^{-1}) encontrados en la unidad ecológica no. 2.	38
17	Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 3	39
18	Peso de los combustibles forestales (ton ha^{-1}) encontrados en la unidad ecológica no. 3.	39
19	Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 4	40
20	Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 5	41
21	Peso de los combustibles forestales (ton ha^{-1}) encontrados en la unidad ecológica no. 5.	41
22	Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 6.	42

23	Peso de los combustibles forestales (ton ha ⁻¹) encontrados en la unidad ecológica no. 6.	42
24	Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 7.	43
25	Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 8.	44
26	Peso de los combustibles forestales (ton ha ⁻¹) encontrados en la unidad ecológica no. 8.	44
27	Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 9.	45
28	Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 10.	46
29	Peso de los combustibles forestales (ton ha ⁻¹) encontrados en la unidad ecológica no. 10.	46
30	Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 11.	47
31	Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 12.	48
32	Peso de los combustibles forestales (ton ha ⁻¹) encontrados en la unidad ecológica no. 12.	48
33	Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 15.	49
34	Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 17.	50
35	Peso de los combustibles forestales (ton ha ⁻¹) encontrados en la unidad ecológica no. 17.	50
36	Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 19.	52
37	Peso de los combustibles forestales (ton ha ⁻¹) encontrados en la unidad ecológica no. 19.	52
38	Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 20.	53
39	Peso de los combustibles forestales (ton ha ⁻¹) encontrados en la unidad ecológica no. 20.	53
40	Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 21	54
41	Peso de los combustibles forestales (ton ha ⁻¹) encontrados en la unidad ecológica no. 21.	54
42	Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 22.	55
43	Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 23.	56
44	Peso de los combustibles forestales (ton ha ⁻¹) encontrados en la unidad ecológica no. 23.	56
45	Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 24.	57
46	Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 25(1).	58
47	Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 25(2).	59

48	Peso de los combustibles forestales (ton ha^{-1}) encontrados en la unidad ecológica no. 25(2).	59
49	Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 25(3).	60
50	Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 25(4).	61
51	Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 25(5).	62
52	Peso de los combustibles forestales (ton ha^{-1}) encontrados en la unidad ecológica no. 25(5).	62
53	Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 26(6).	63
54	Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 25(7).	64
55	Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 25(8).	65
56	Peso de los combustibles forestales (ton ha^{-1}) encontrados en la unidad ecológica no. 25(8).	65
57	Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 25(9).	66
58	Peso de los combustibles forestales (ton ha^{-1}) encontrados en la unidad ecológica no. 25(9).	66
59	Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 25(10).	67
60	Peso promedio de combustibles forestales en el Parque Nacional El Chico.	69
61	Obtención de los valores de la escala utilizados para definir el nivel de riesgo.	70
62	Escala de riesgo de incendio forestal para cada unidad ecológica.	70
63	Nivel de riesgo para cada unidad ecológica en el Parque Nacional El Chico, con base en el tipo de suelo, vegetación y combustibles forestales presentes.	71
64	Nivel de riesgo de acuerdo a la zonificación de El Chico.	71
65	Cuadro de decisión final del nivel de riesgo a incendios forestales.	72
66	Valores obtenidos por distintos autores mediante la aplicación de la técnica de intersecciones planares para evaluar combustibles forestales.	78

Figura no.	Descripción	Pag.
1	Triangulo del fuego	2
2	La gran tríada	6

Fotografía no.	Descripción	Pag.
1	Belleza escénica cercana al bosque de <i>Pinus patula</i> .	1
2	Aspecto del bosque de <i>Quercus</i> en la unidad ecológica no. 4.	40
3	Aspecto del bosque de <i>Quercus – Abies</i> en la unidad ecológica no. 7.	43
4	Aspecto del bosque de <i>Quercus</i> en la unidad ecológica no. 9.	45
5	Aspecto del bosque de <i>Abies-Quercus</i> en la unidad ecológica no. 11.	47
6	Aspecto del bosque de <i>Quercus-Abies</i> en la unidad ecológica no. 15.	49
7	Aspecto del bosque de <i>Juniperus</i> en la unidad ecológica no. 18.	51
8	Aspecto del bosque de <i>Quercus – Abies</i> en la unidad ecológica no. 22.	55
9	Aspecto del bosque de <i>Quercus - Abies</i> en la unidad ecológica no. 24.	57
10	Aspecto del bosque de <i>Abies</i> en la unidad ecológica no. 25(3).	60
11	Aspecto del bosque de <i>Abies</i> en la unidad ecológica no. 25(4).	61
12	Aspecto del bosque de <i>Abies</i> en la unidad ecológica no. 25(10).	67

Mapa no.	Descripción	Pag.
1	Ubicación del Parque Nacional El Chico.	21
2	Distribución de la propiedad en el Parque Nacional El Chico.	22
3	Unidades Ecológicas encontradas en El Parque Nacional El Chico.	35
4	Mapa de riesgos de incendios forestales en el Parque Nacional El Chico.	73
5	Zonas de riesgo de iniciar un incendio forestal y principales actividades en el parque.	74

RESUMEN

Actualmente, los recursos naturales del Parque Nacional “El Chico” y de todo el país, se enfrentan a una serie de problemas relacionados con algunas actividades que realiza el hombre, viéndose afectados principalmente por la tala clandestina, el cambio de uso de suelo, plagas y enfermedades, e incendios forestales, lo que resulta en pérdidas económicas y ambientales por la degradación o destrucción total de estos recursos. Dada la importancia de preservar en buen estado los recursos naturales, se hace necesario identificar dentro del parque las áreas que presentan mayor o menor riesgo de que se inicie un incendio forestal, con el fin de optimizar los recursos humanos y materiales.

Primero se obtuvieron las unidades ecológicas del parque en cuanto a tipos de roca, suelo y vegetación, posteriormente 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, y 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 accesible para realizar la evaluación de combustibles forestales.

Para la evaluación de los combustibles forestales se utilizó 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 último, las partículas mayores a 7.5 cm. (podridas o no). Así mismo, en cada línea se tomaron 4 mediciones de la profundidad de la 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.

Para la elaboración del mapa de riesgos de incendios forestales se obtuvo primero el nivel de riesgo de cada unidad ecológica con base al tipo de suelo, tipo de vegetación y combustibles forestales; por último, se definió el nivel de riesgo final con base en las actividades permitidas en la zonificación efectuada para el parque.

En cuanto a combustibles forestales, en la vegetación de *Abies religiosa* se encontraron en promedio 38.194 ton ha⁻¹; *Quercus spp.*, 14.695 ton ha⁻¹ en promedio; *Pinus sp.*, 60.183 ton ha⁻¹; *Abies – Quercus*, 39.628 ton ha⁻¹; *Abies – Juniperus*, 36.552 ton ha⁻¹ en promedio; *Quercus – Abies*, 28.415 ton ha⁻¹ en promedio; *Quercus – Pinus*, 3.208 ton ha⁻¹; y para *Quercus – Juniperus*, 3.207 ton ha⁻¹. En el caso de la hojarasca se encontraron los siguientes valores: *Abies religiosa*, 1.32 kg/0.25 m²; *Quercus spp.*, 1.25 kg/0.25 m²; *Pinus sp.*, 1.87 kg/0.25 m²; *Abies – Quercus*, 1.40 kg/0.25 m²; *Abies – Juniperus*, 1.49 kg/0.25 m²; *Quercus – Abies*, 1.25 kg/0.25 m²; *Quercus – Pinus*, 1.22 kg/0.25 m²; y para *Quercus – Juniperus*, 0.98kg/0.25 m². El mayor volumen total de combustibles forestales se ubica en el bosque de *Abies religiosa*; para el caso del mayor peso de hojarasca, este se ubica también en *Abies religiosa*, sin embargo, el mayor espesor de materia orgánica se encontró en el bosque de *Pinus*. Cabe mencionar que los valores obtenidos en el Parque Nacional El Chico, se ubican dentro del rango de valores reportado por otros autores.

Finalmente, se encontró que la superficie con un nivel de riesgo bajo a la ocurrencia de un incendio forestal en el Parque Nacional el Chico, fue de 490.40 ha (17.90 %); mientras que para el nivel de riesgo medio, fue de 1,587.25 ha (57.95 %), y por último, para el nivel de riesgo alto fue de 483.20 ha (17.64%), la cual se ubica principalmente en aquellas zonas donde se permite la mayor cantidad de actividades que representan un riesgo de que se inicie un incendio forestal, y con la mayor afluencia de visitantes.

Palabras clave: Bosques, Incendios forestales, Combustibles forestales, Riesgo de incendio, El Chico.

1. INTRODUCCIÓN

La constante degradación de los recursos forestales, que hoy es uno de los problemas centrales del país y asunto de seguridad nacional, se vincula con políticas y prácticas que han representado una fuerte presión sobre los recursos forestales que, en algunos casos, han llevado a su sobreexplotación. Hay estimaciones que indican que la superficie deforestada, fundamentalmente por desmontes, y obras de infraestructura, es de 600 mil ha anuales. Es pertinente señalar que no existe un estudio actualizado y confiable que determine la tasa anual de deforestación, lo que ha provocado que se manejen diversos datos que van desde las 200 mil hectáreas hasta cifras del orden de 1.5 millones de ha, (CONAFOR, 2001).

Los factores que provocan mayor degradación en los bosques son, en orden de importancia, los incendios, las plagas y enfermedades forestales, los cambios de uso de suelo y la tala clandestina, (CONAFOR, 2001).

Al afectar los bosques, el fuego provoca disturbios en la fauna silvestre, en el régimen hidrológico, con la presencia y abundancia de insectos y plantas parásitas, en las propiedades de los suelos y afecta gravemente también a la regeneración, composición y desarrollo de las especies vegetales del ecosistema donde incide. Los incendios debilitan fisiológicamente al arbolado y lo hacen susceptible al ataque de insectos descortezadores, (Pérez, 1993).



Fotografía no. 1.- Belleza escénica cercana al bosque de *Pinus patula*.

2. INCENDIOS FORESTALES

Un incendio forestal es todo fuego no programado y fuera de control que afecta la vegetación arbórea, arbustiva o herbácea de origen natural o plantada, produciendo daños económicos directos, así como daños ambientales indirectos, (Velez, 2000).

El incendio forestal, de acuerdo a CENAPRED (1999), se produce cuando el fuego (calor) afecta a los combustibles vegetales naturales situados en el monte, cuya quema no estaba prevista, lo que obliga a intentar su extinción. Por lo tanto, para que se genere un incendio se necesitan 3 elementos: calor, oxígeno y combustibles, que constituyen el llamado “triángulo del fuego”.



Fig. no. 1. – Triángulo del fuego

Principales causas de los incendios forestales.

La importancia del fuego como factor ecológico se ve incrementada con la aparición del hombre y la posesión y domesticidad del fuego, hecho exclusivamente humano. Hasta entonces sólo el rayo, y más localmente, el vulcanismo o raras veces la autocombustión eran las únicas causas importantes de incendio. Con la utilización del fuego, el hombre empieza a dominar el espacio, puede establecerse en zonas frías, abre espacios entre la vegetación cerrada, y además, puede extender las horas de luz. Con este descubrimiento las causas de los incendios aumentan y se diversifican extraordinariamente, y la historia de la vegetación y la del hombre van cada vez más ligadas, ampliando y extendiendo esta relación a casi todo el mundo, (Ruíz, 2000).

Así, la vegetación forestal que debiera quemarse en forma natural, por ejemplo, una o tres veces por siglo, según su régimen de fuego, a causa del ser humano se puede quemar diez, veinte o más veces en el mismo periodo. La vegetación forestal está adaptada a una frecuencia natural, pero ante esta mayor frecuencia predominarán especies más adaptadas al fuego, dándose paso a zacatonales y arbustos en lugar de bosques, afectándose a todos los componentes del ecosistema forestal, (Rodríguez, 1994).

La frecuencia de incendios o intervalo de retorno de incendio (promedio de años entre 2 incendios consecutivos en una locación específica), es el indicador más importante de un régimen de incendios. La frecuencia de incendios está definida como el número de incendios por unidad de tiempo en una área específica, (Shvidenko, 2000).

Como sucede en muchos países tropicales, la cultura campesina mexicana incorpora técnicas ancestrales de manejo del fuego, llegando a producir conflagraciones accidentales al limpiar las parcelas de residuos agrícolas y de vegetación, así como al promover el rebrote de forrajes en áreas de pastoreo extensivo en zonas forestales. En años de intensa sequía, estas prácticas determinan la multiplicación de focos potenciales de incendios, (SEMARNAP, 1998).

En México, de acuerdo con las condiciones climáticas y meteorológicas, cada año se presentan incendios forestales de diversas magnitudes y con base en SEMARNAP (1998) casi la totalidad de los incendios (97%) obedece a causas humanas, ya sea por accidente, intencionalidad o negligencia; además, cerca del 60% de los incendios forestales tienen su origen en el uso del fuego con fines agropecuarios y silvícolas. Entre las causas más importantes de los incendios forestales se encuentran:

Cuadro 1. Causas estimadas de los incendios forestales en 1998.

Actividad	%
Actividades agropecuarias	54%
Intencionales, cambio uso de suelo	16%
Fumadores	10%
Fogatas	9%
Actividades silvícolas	2%
Derechos de vía	2%
Otras causas (cultivos ilícitos, trenes, líneas eléctricas)	7%

Fuente: SEMARNAT (1998) y CENAPRED (1999).

Tipos de incendios

Los tipos de incendios están determinados básicamente por el combustible que se consume, y de acuerdo a Bourgeau-Chávez (2000), Villers y López (2004) y CENAPRED (1999), se clasifican como sigue:

Incendio subterráneo. Se propaga bajo la superficie del terreno, afectando raíces y la materia orgánica acumulada en las fracturas de grandes afloramientos de roca, extendiéndose muy lentamente a través de una combustión sin llamas, con pocas flamas o no visibles.

Este tipo de incendio tiene una combustión lenta y normalmente genera temperaturas muy altas; en la materia orgánica húmeda, el calor producido por el fuego seca el material adyacente a la zona encendida y con esto mantiene una zona de combustible, (Spurr y Barnes, 1982).

Incendio superficial. Afecta principalmente pastizales y vegetación herbácea que se encuentra entre la superficie terrestre y hasta 1.5 metros de altura, daña las raíces, la base de los árboles y su corteza, además, deteriora sumamente la regeneración natural y la reforestación. (Lorimer, 1991; SARH, 1983).

La supervivencia posterior a un incendio superficial de la mayor parte de las especies de árboles resistentes al fuego no está determinada típicamente por el daño al cambium del tallo, sino por su susceptibilidad al daño de las raíces y a las condiciones en que queda la corona por el efecto de los gases calientes que se elevan sobre la llamas. Un hábito de enraizamiento superficial, debido a la naturaleza inherente de las especies o a las condiciones de la localización (afloramiento rocoso), incrementa la susceptibilidad al daño por el fuego comparado con aquellas especies que tienen un hábito de enraizamiento profundo, típico de encinos y nogales, (Spurr y Barnes, 1982; Rodríguez, 1988 y 1992).

En general, los incendios superficiales deben consumir suficiente combustible (en función de los niveles de humedad del mismo) y generar suficiente intensidad para afectar las copas de los árboles antes de que el incendio de copa pueda comenzar. La convección, con alguna ayuda de la radiación, es el principal medio de la transferencia vertical de calor desde la superficie hasta las copas, (Bourgeau-Chávez, 2000).

Incendio de copa, de corona o aéreo. Como su nombre lo indica, en este tipo de incendio se quema la parte aérea de los árboles, lo que generalmente resulta en una completa defoliación del dosel y una amplia mortalidad entre el arbolado, extendiéndose desde la superficie del suelo hasta 2 o 3 veces la altura del dosel. Un incendio incompleto o un consumo parcial del combustible en una área forestal, depende de varias propiedades del combustible de la copa como contenido de humedad, altura del dosel y densidad (Bourgeau-Chavez, 2000).

Como acaba de mencionarse, el caso más catastrófico, pero menos frecuente, son los incendios de copa que arrasaron con todo el bosque cada uno a cinco o más siglos. El bosque se recupera después de siglos y principalmente a través de semillas de árboles vecinos al área incendiada, como en bosques de abeto Douglas (*Pseudotsuga menziesii*), oyamel (*Abies spp.*) y de picea (*Picea spp.*), (Rodríguez, 1994).

Efecto de los incendios sobre la vegetación y el suelo

El calentamiento del suelo mineral tiene importancia relativamente menor que la acción del fuego sobre la materia orgánica, ya que no penetra a mucha profundidad en el suelo. En la zona que es calentada, los agregados del suelo pueden romperse primero por el calor y después por la acción directa de las gotas de lluvia, dando como resultado la pérdida de la estructura del suelo y una disminución de la capacidad de infiltración de la superficie del suelo. En los casos extremos (los cuales son raros), los suelos arcillosos pueden estar duramente cocidos y se destruirían los organismos del suelo, (Spurr y Barnes, 1982; García y García, 1987).

Además, los incendios juegan un rol importante en la formación de algunos suelos hidrófobos. En áreas no quemadas, la descomposición del mantillo produce moléculas no humificables u orgánicas hidrofóbicas que cubren las partículas superficiales del suelo, creando una débil capa repelente al agua en un perfil superior del suelo entre la capa de mantillo y el suelo mineral. Durante un incendio se

consume el mantillo y se volatilizan las sustancias hidrofóbicas difundiendo hacia abajo dentro del suelo y siendo condensadas sobre partículas más frías.

Después de los incendios, la repelencia al agua es alta y la lluvia que cae sobre la superficie del suelo se infiltra rápidamente hasta ser retrasada por una capa no humectable. Después que el frente húmedo encuentra la capa repelente, la infiltración disminuye, comienzan los escurrimientos superficiales y se puede producir fácilmente la erosión, (Spurr y Barnes, 1982).

Por otra parte, el fuego puede tener funciones benéficas más sutiles también: en los climas secos fríos, la hojarasca forestal y los residuos de madera tienen la tendencia de acumularse de manera más rápida que el ritmo en que pueden descomponerse; los incendios superficiales ligeros y ocasionales pueden reducir esta acumulación de combustibles peligrosos, que de otra manera podrían acumularse hasta un punto en que fuesen más probables los incendios catastróficos. La quema de estos residuos puede liberar algunas de las sustancias nutritivas previamente encerradas en la materia orgánica dentro del suelo, en donde pueden quedar disponibles para las plantas, (Lorimer, 1991).

Otro ejemplo es el de los bosques de coníferas, los cuales se mantienen productivos a largo plazo solamente si una vez cada siglo el fuego libera los nutrientes que se han ido acumulando sobre el piso del bosque o si el hombre introduce un sistema de corta y destrucción de residuos que tenga el mismo efecto, (Velez, 2000).

Mecanismos de propagación del fuego

De acuerdo con el CENAPRED (1999), el calor se propaga de tres maneras: conducción, convección y radiación. En los incendios forestales se distingue una forma generalizada de convección: la de pavesas (chispas) que vuelan o ruedan.

Conducción. Es la transferencia de calor a través de moléculas de un cuerpo sólido o por contacto entre cuerpos sólidos a diferentes temperaturas (la madera no conduce bien el calor y este tipo de propagación no es de mayor importancia en el combate de los incendios forestales).

Radiación. Es la forma de transferencia similar a la luz, pero invisible, que se propaga siguiendo las leyes de la óptica, la radiación calórica penetra sólo milímetros en los cuerpos sólidos y es la que más afecta en caso de un incendio. El calor es transferido desde su origen, a través del aire, hasta un objeto.

Convección. Es la transferencia de calor, por una columna de partículas de aire caliente, que tiende a subir y a desplazarse lateralmente en una dirección determinada por el viento, con lo que calienta los combustibles a su paso.

Pavesas (chispas). Son partículas encendidas expelidas, y se identifican 2 modalidades:

- Voladoras: provocadas por convección.
- Rodantes y saltantes: provocadas por pendientes pronunciadas.

En conflagraciones, las pavesas representan el mecanismo de propagación del fuego más importante y peligroso en el avance del incendio, ya que generan focos secundarios.

Comportamiento del fuego

Una vez que un incendio forestal se ha iniciado, el comportamiento del fuego está determinado, de acuerdo a CENAPRED (1999), por tres factores: topografía, tiempo atmosférico y combustibles. A estos tres factores se les conoce como “la gran tríada”.



Fig. no. 2. – La gran tríada

A continuación se describe el comportamiento de los incendios forestales de acuerdo a la “Gran tríada”:

Topografía. Se le define como la configuración de la superficie terrestre, y es sumamente importante por su capacidad de modificar a los otros dos componentes de la gran tríada: el clima y los combustibles forestales. La topografía es el más constante de los 3 factores principales, por eso, es más fácil predecir la influencia que tendrá en el incendio, que las influencias de los combustibles y las condiciones atmosféricas. Los factores topográficos que influyen en el comportamiento de los incendios son:

Pendiente o inclinación del terreno. Es la más importante de las características topográficas, ya que afecta directamente la propagación del incendio (combinada con agentes como el viento) de la manera siguiente: la propagación se acelera por estar los combustibles más cerca de las llamas, la fase de precalentamiento incrementa la tasa de combustión y por lo tanto se acelera la velocidad de avance del fuego, generalmente esta velocidad aumenta en relación a una mayor pendiente.

La pendiente también afecta el desarrollo de la columna de convección y cuando existe una pendiente más pronunciada, existen mayores posibilidades de que se establezca un contacto directo entre las llamas y la copa de los árboles, (Lorimer, 1991).

Altitud o elevación. Ejerce una influencia notable en varios de los aspectos que favorecen la probabilidad de incendio, entre los principales se tiene a la temperatura, la humedad relativa, la precipitación y los tipos de vegetación. Como ejemplo se puede señalar que en altitudes bajas se presentan mayores temperaturas, lo que favorece a que el material combustible natural esté más seco, lo cual aumenta considerablemente la probabilidad de un incendio, (Martínez *et al.* 1990).

Exposición. Es la orientación de una ladera con respecto al sol y es fundamental para la insolación que reciben los bosques. En México, los terrenos con exposición suroeste son los que reciben una mayor incidencia de rayos solares, razón por la cual es donde se localizan las mayores temperaturas, la humedad relativa más baja y los vientos de mayor intensidad, con lo que aumenta la probabilidad de un incendio y de que se extienda rápidamente, (Martínez *et al.* 1990).

Tiempo atmosférico (factores meteorológicos). Es el factor más variable y de mayor influencia en el desarrollo de un incendio, por lo tanto, es fundamental disponer de observaciones y efectuar pronósticos meteorológicos. Sus elementos son: temperatura, humedad relativa y viento.

Temperatura. El sol calienta los combustibles y las capas de aire inmediatas al suelo, el viento caliente extrae humedad de los combustibles y eleva la temperatura hasta el punto en que puede predisponer fácilmente a la ignición. Combustibles diferentes poseen diversas temperaturas de ignición.

Conforme la temperatura del combustible se acerca a la temperatura de ignición, se requiere menos calor para que principie un incendio. Las máximas temperaturas durante el día no son a las 12:00 hr, sino alrededor de la 15:00 hr, la cual es una hora crítica para el combate de los incendios forestales.

Humedad relativa. Es la cantidad real de vapor de agua contenida en el aire, la cual se expresa en porcentaje. Los combustibles tienen la propiedad de absorber o de expeler humedad según su tamaño y grosor, por consiguiente, a mayor humedad relativa los combustibles están más húmedos y la propagación de los incendios se dificulta.

El viento que sopla sobre los bosques seca el combustible, lo que origina que la humedad contenida en este se evapore, haciéndolo más susceptible a arder. Humedades relativas menores de 30% son propicias para el desarrollo de incendios, es decir, existe un ambiente seco.

Viento. El viento es aire en movimiento que obedece a cambios de temperatura (el aire caliente tiende a subir, el aire frío tiende a bajar); en áreas de combustibles homogéneos el viento rige la dirección del fuego y determina la configuración del incendio. Este factor es el que cambia más frecuentemente y violentamente en cualquier dirección, y puede propiciar la emisión de pavesas que originen nuevos brotes de fuego.

Combustibles. El combustible es el factor principal que determina si se inicia o no un incendio, la dificultad de controlarlo y la posibilidad de comportamiento extremo o irregular. También, es el único factor de la gran tríada sobre el que se puede actuar directamente, ya que ni el tiempo atmosférico ni la topografía pueden modificarse. Los combustibles son de dos tipos: muertos (ramas caídas, hojas secas, pasto seco, etc.) y vivos (hierbas, matorrales, arbolado, etc.). Los combustibles forestales también pueden clasificarse de acuerdo a su ubicación, reconociéndose 4 estratos de combustibles:

1. Subterráneos: raíces y otros materiales que se encuentran en el suelo mineral.
2. Superficiales: compuestos por hojas, acículas, ramas, ramillas, arbustos o árboles jóvenes, troncos, etc., que se encuentran dentro de 1.5 m de altura sobre el suelo.
3. Aéreos: ramas (en el fuste del árbol), follaje, musgo, etc., que se encuentran a más de 1.5 m de altura sobre el suelo.
4. Combustibles de continuidad vertical: son aquellos que forman una escalera desde el suelo del bosque hacia las copas de los árboles, tales como ramas extendidas cerca del suelo, arbustos, agujas secas colgantes, árboles jóvenes en el sotobosque, etc. Este tipo de combustible facilita el fenómeno llamado "coronamiento".

La presencia de un subnivel bien estratificado proporciona los medios para que un incendio superficial intenso pueda trepar a las copas de los árboles dominantes. La posibilidad de un incendio en la copa aumenta si este subnivel es de coníferas y está presente un gran cúmulo de combustible muerto; no obstante, incluso en los boques de coníferas, la probabilidad de un incendio de corona es bajo si el subnivel es ralo y los árboles son maduros, (Lorimer, 1991).

Los combustibles que con mayor facilidad pueden provocar un incendio forestal son la capa superficial seca de la hojarasca sobre el piso forestal, que son las pequeñas ramas dispersas y muertas, siendo el material que consume la mayoría de los incendios superficiales. Aunque los combustibles mayores, como son los troncos caídos, pueden ser consumidos en forma parcial o total para cuando el incendio superficial haya terminado, tal material es demasiado grande y a menudo demasiado húmedo para influir en el impulso hacia delante del fuego. Por tanto, el efecto de los combustibles sobre el ritmo de avance hacia adelante en la difusión de un incendio superficial se determina en gran medida por la cantidad, disposición y contenido de humedad de los combustibles finos.

El efecto de los combustibles superficiales más grandes, como son los troncos, es producir un fuego más intenso. En general, cuanto mayor sea el peso total de los combustibles, más difícil será controlar el incendio, (Lorimer, 1991; Flores, 2004). Además, el tipo de vegetación influye de manera importante, ya que éste determina la inflamabilidad de los materiales, y en el posible desarrollo de un incendio. A continuación se describe como influye el tipo de vegetación y otros parámetros en el comportamiento de un incendio.

Factores que influyen en el comportamiento de un incendio.

Los factores que influyen en el comportamiento de un incendio son: Tipo de vegetación, Densidad arbórea, Cantidad de combustible, Tamaño y forma de los combustibles, Compactación de combustibles, Continuidad vertical y horizontal de los combustibles, Densidad de la madera y otros. A continuación se desglosan los siguientes:

Bosques de Coníferas. Este es el tipo de vegetación más susceptible al fuego, ya que tiene un aporte constante de hojarasca al suelo y una rápida deshidratación de sus hojas verdes. Además, la resina que producen (principalmente el género *Pinus*), representa un peligro como combustible, acelerando la propagación del fuego. Debido a lo anterior son los bosques de coníferas los que sufren más pérdidas por este tipo de siniestros. Los bosques con masa pura de pinos o con dominancia de los mismos son los que mayor peligro de incendios muestran, además de que, una vez ocurrido un fuego, el periodo crítico para que pueda ocasionarse otro es muy corto, (Wang, 2002).

Bosques de latifoliadas. A pesar de que este tipo de vegetación logra una gran acumulación de hojarasca y de combustibles pesados, no llega a presentar estragos tan considerables como los generados en bosques con dominancia de pinos. Sin embargo, el material combustible que generan no deja de ser un peligro potencial para la generación de incendios, (Martínez *et al.* 1990).

Densidad. Este parámetro tiene una relación muy estrecha con la presencia y magnitud de los incendios, ya que el aporte de combustible al piso del bosque depende del número de individuos y la etapa de desarrollo, (Martínez *et al.* 1990).

Cantidad. Mientras más combustible se tenga en un área forestal, más fuerte es el incendio y este se mide por la carga o peso del combustibles seco por unidad de superficie (Kg/m^2 , ton ha^{-1}).

Tamaño y forma. El tamaño de la partícula es muy importante, ya que influye directamente en la relación área-volumen de la misma. Esto es importante debido a que toda agua y calor pasa por el área superficial de la partícula, y se sabe que los combustibles finos tienen una alta relación de área-volumen, por lo que tienen más área a través de la cual absorber o expeler agua, y así se cambia rápidamente la humedad del combustible; y absorber calor desde los combustibles ardientes adyacentes, por lo que alcanzan más rápidamente la temperatura de ignición.

Compactación. La compactación se define como el espaciamiento entre partículas de combustible, esto es, dentro de una cantidad de combustible qué porcentaje son partículas de combustible y qué porcentaje es aire entre las partículas. Dicha compactación afecta la tasa de secamiento, ya que mientras haya más espacio o aire entre los combustibles, estos se secan más rápidamente y viceversa, afectando

directamente la velocidad de propagación. Con suficiente aire el incendio tiene más oxígeno para propagarse más rápidamente.

Continuidad horizontal. Es la distribución horizontal de los combustibles sobre la superficie y es un factor principal en la propagación de un incendio, ya que va a definir hacia donde se propagaran las llamas e influirá en la velocidad que alcance el incendio. Existe una gran variedad de condiciones de continuidad, sin embargo, basta reconocer 2 clases:

- Uniforme: no hay interrupciones en el combustible, las llamas se propagan sin barreras.
- No uniforme: el combustible se encuentra en forma dispersa, pudiendo estar rodeado de un área despejada.

Continuidad vertical. Se refiere a la distribución de los combustibles en el plano vertical, es decir, en escalera: esta continuidad influye en la posibilidad de que un incendio superficial se convierta en uno de copa.

Densidad de la madera. Lo importante de este punto es la “capacidad calórica” de la madera, es decir, la capacidad de la madera de absorber calor sin cambiar de temperatura; madera densa, como el roble y el guayacán, pueden absorber más calor que un madera liviana, como el pino, antes de encenderse.

Es de resaltar que los combustibles de muy poca densidad, como son los troncos y tocones podridos, tienen una capacidad calórica muy baja, lo que quiere decir que no aceptan mucho calor sin que suba la temperatura hasta el punto de ignición. Por lo tanto, estos se encienden con facilidad y su importancia reside, en que al encenderse fácilmente, pueden producir pavesas que generen focos secundarios.

Contenido de humedad o tiempo de retardo. El contenido de humedad es la cantidad de agua en el combustible expresada como porcentaje del peso seco del combustible, pudiendo variar desde casi 0 hasta más de 300 %. Los combustibles vivos, como arbustos, árboles y pastos verdes, tienen una humedad muy elevada, de manera que pueden funcionar como retardantes del incendio. Por esta razón, la relación entre combustible muerto y combustible vivo es muy importante en ciertas combinaciones de combustible.

El contenido de humedad es quizá el factor más importante al evaluar los combustibles, pues influye en la posibilidad de que se inicie o no un incendio y en su propagación, ya que antes de que arda el combustible, es necesario evaporar el exceso de humedad. Por lo tanto, la humedad del combustible determina la cantidad requerida de calor para encender la materia vegetal, así como el calor que el combustible ardiente puede trasladar a partículas adyacentes.

Sustancias químicas. Algunos combustibles contienen ciertos materiales volátiles junto con la celulosa, estas sustancias químicas son aceites, ceras, y resinas, y

hacen que el combustible que los contiene este disponible bajo condiciones que no permiten arder a otros combustibles que no poseen aquellas sustancias.

Mientras más alto sea el contenido químico, más altos serán los mencionados factores del comportamiento, es decir, intensidad lineal del fuego, velocidad de propagación, etc; y, en consecuencia, se tienen mayores problemas para lograr el control de los incendios.

Tipos de combustible.

La clasificación de los combustibles por tamaño de partícula es importante, ya que las partículas en una categoría dada ocasionan efectos semejantes en el comportamiento del incendio. A continuación se muestra la clasificación de los combustibles forestales:

Fino o ligero. Los combustibles finos (menores a 5 mm de diámetro), no sólo se encienden más fácilmente, sino que también arden más rápidamente y se queman por completo y entre ellos encontramos hojarasca, pastos, acículas (agujas) de pino, humus, etc.

Regular. Los combustibles de tamaño regular son aquellos que miden de 5 a 25 mm de diámetro, y entre estos podemos encontrar ramitas y tallos pequeños de arbustos y flores.

Mediano. Los combustible medianos son aquellos que miden de 25 a 75 mm de diámetro, y se presentan principalmente ramas.

Grueso o pesado. Son aquellos que tienen un diámetro mayor de 75 mm de diámetro y en este grupo se encuentran las ramas, tallos, troncos y los residuos de aprovechamientos, principalmente de árboles; también se consideran árboles muertos, ya sea en pie o tirados. Este tipo de combustible arde lentamente.

Hojarasca. La acumulación de hojarasca u "occochal" es uno de los principales elementos que contribuyen a la incidencia de incendios, ya que de su presencia y espesor depende la magnitud que adquiere un incendio. Esto es, debido a que la capa de hojarasca actúa como una "mecha" a través de la cual se va difundiendo el fuego, generalmente esta difusión es por medio de la capa inferior de la hojarasca, lo que hace que en ocasiones sea difícil de detectar el avance del fuego y, lo que es más importante, si en verdad éste se ha extinguido. La hojarasca forma parte de los combustibles ligeros.

3. ZONIFICACIÓN DE ZONAS DE RIESGO DE INCENDIO FORESTAL

La aparición de incendios forestales es producto de un gran número de factores, sin embargo, la manifestación de estos generalmente obedece a un patrón determinado. 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).

Con la finalidad de optimizar las acciones de combate, reducir los daños por el fuego y contar con una mejor eficiencia en el uso de los recursos humanos, materiales y financieros, es imperativo contar con estrategias de prevención y control de incendios, (Magaña, 1985).

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).

4. 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.

El inventario de volúmenes y pesos de los combustibles forestales se basa en la técnica de intersecciones planares, 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:

- a) 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.
- b) 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:

Cuadro no. 2. - 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.

Recomendaciones para el muestreo de combustibles forestales

Con base en diversos muestreos realizados en bosques de coníferas y a la experiencia de los autores de esta técnica, se dan las siguientes recomendaciones prácticas:

- a) En forma general y para cualquier área menor a 20 ha., se sugiere inventariar de 15 a 20 líneas de muestreo, intensidad que producirá estimaciones con un porcentaje de error del 20% o menos.
- b) Para áreas mayores de 20 hectáreas, que contengan una alta diversidad en cantidad y distribución de materiales combustibles, se deberán muestrear más de 20 líneas.
- c) Como referencia, para determinar la longitud de las líneas de muestreo, en función de la cantidad, disposición y diámetro del material leñoso, se puede utilizar la siguiente tabla.

Cuadro no. 3. - Referencia para determinar la longitud de la línea de muestreo.

Cantidad y disposición	Longitud de las líneas en metros		
	Ø 0 – 2.5 cm.	Ø 2.5 – 7.5 cm.	Ø > 7.5 cm.
Escaso y discontinuo	2	3 - 4	11 – 16
Abundante y continuo	1	2	5 - 8

Fuente: Vera (1980) y Alanís (1998).

- d) Si el material, mayor de 7.5 cm. de diámetro es escaso o distribuido en forma discontinua, deberán establecerse líneas de mayor longitud a las ubicadas en la tabla anterior.

Estas recomendaciones de muestreo, deben considerarse como aproximadas, ya que para alcanzar una precisión adecuada, para cada área pueden requerirse un mayor o menor número de líneas.

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.

- a) 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.

- b) 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
- c) 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
- d) No se medirán aquellas piezas cuyo eje central coincida exactamente con la línea de muestreo, lo cual ocurre raramente.
- e) Si el plano de muestreo intersecta más de una vez una pieza curvada, se medirá cada intersección.
- f) 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.
- g) 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.

Estudios de Evaluación de combustibles forestales.

Durante 1998 nuestro país fue afectado severamente por los incendios forestales, en este año se presentaron 14 302 incendios forestales que afectaron una superficie de 583 664 ha, el 27% de esa superficie estaba cubierta por recursos arbóreos. El estado de Hidalgo ocupó el 11° lugar en cuanto a número de incendios acumulados (420 incendios) y el 15° en cuanto a superficie afectada a nivel nacional con 14 555 ha, (SEMARNAP,1998).

Según Mimbres y Medina (2001), los estudios en México sobre incendios forestales se han enfocado entre otros aspectos a estudiar el efecto del fuego en ecosistemas forestales, actividades de prevención y combate, actividades operativas, índices de riesgo y el uso del fuego como herramienta silvícola. Dentro de los trabajos relacionados con la cuantificación de combustibles forestales, podemos citar los siguientes:

- Zapata (1990), aplica la técnica de intersecciones planares para estudiar la relación existente entre la cantidad del combustible forestal y el efecto de la intensidad del daño en la vegetación, causado por los incendios forestales en un bosque de *Pinus arizonica* Engelm y *P. duranguensis* Martínez, determinando 5

rangos para la cantidad de combustibles forestales leñosos, las cuales se presentan a continuación:

Cuadro no. 4.- Rango de combustibles forestales encontrados por Zapata (1990).

Nivel	Rango (Ton/ha)	Promedio (Ton/ha)	Grado de peligro
I	0 – 21	15.489	Bajo
II	22 – 35	27.112	Moderado
III	36 – 49	43.158	Alto
IV	50 – 63	56.028	Muy alto
V	64 - +	71.711	Extremo

En cuanto a los combustibles finos, menciona que su variación no es muy significativa, por lo tanto su distribución es uniforme y no son tomados en cuenta para la definición de los rasgos de combustible. También obtiene que a partir del nivel II se incrementan las probabilidades de un ataque por plagas y enfermedades, así mismo, cuando los combustibles alcanzan un nivel III se llega a un alto peligro potencial de incendio, además de incrementarse la mortandad del arbolado por efecto directo del fuego a partir de dicho nivel. Por ultimo, también menciona que por arriba del nivel IV los daños causados a la cubierta vegetal y a las propiedades del suelo pueden ser severos e irreversibles en un tiempo relativamente corto.

● Vera (1980), realizó un ensayo de aplicación de la técnica de intersecciones planares en un bosque de *Pinus hartwegii* localizado en el Campo Forestal Zoquiapan, Méx., y menciona que la ejecución de la técnica de intersecciones planares es relativamente sencilla, ya que no requirió de un diseño de muestreo complicado, además de que el análisis de los datos se reduce a una secuela de cálculos aritméticos y a una estadística elemental.

● Muñoz *et al.* 2001, al utilizar la técnica de intersecciones planares para la evaluación de combustibles forestales en el Ejido Corona del Rosal (municipio de Galeana, Estado de Nuevo León), como parte de la identificación de áreas susceptibles de incendios forestales, encuentra que la mayor carga de combustibles leñosos se encuentra en el bosque de *Pinus pseudostrobus*, 37 ton ha⁻¹ (ubicado dentro de un área de aprovechamiento), seguido por bosques de pino-encino con 31.7 ton ha⁻¹, bosque de *Pinus pseudostrobus* asociado con chaparral con 28.50 ton ha⁻¹, y por ultimo los bosques de encino-pino con 28 ton ha⁻¹.

También menciona que los valores de carga obtenidos para la categoría de combustibles pesados en el bosque de *Pinus pseudostrobus*, resultan ser relativamente bajos al momento de ser comparados con los valores obtenidos en Chihuahua por Alanís y Orozco (2000), los cuales estimaron cargas de combustible con valores entre 13 y 42 ton ha⁻¹; y con los obtenidos en Jalisco por Flores y Benavides (1994) que obtuvieron entre 13 y 54 ton ha⁻¹ de combustibles pesados.

● Rodríguez (1995), con base en la metodología de Brown (1974, *cit. pos.* Sánchez y Zerecero, 1983) estimó las cargas promedio y máxima de combustibles forestales superficiales en los bosques del Distrito Federal, así como la proporción de éstos por tipos (renuevo y reforestación, arbustos, zacates y plantas anuales, hojarasca y combustibles leñosos con tiempos de retardo de 1, 10, 100, y 1000 horas), encontrando las cargas promedio siguientes:

Cuadro no. 5.- Cargas promedio de combustibles para los bosques del Distrito Federal.

Vegetación	Peso (ton ha ⁻¹)
Zacatonal	7.981
Matorral xerófilo	11.397
Latífoliadas	13.335
Pinar o Pino-latífoliadas	23.321
Oyametal u Oyamel-Pino	27.217
Oyamel-Pino u Oyamel-latífoliadas con saneamiento.	30.936
Oyamel con saneamiento	64.255

La mayor carga de combustibles forestales se encuentra en los bosques de oyamel, y al compararse con los pinares, la diferencia de cargas se debe al mayor porte y ramificación de los oyameles que, seguramente, aportan más detritus al suelo durante su desarrollo, así como a la mayor abundancia y diversidad de las especies que componen el sotobosque, y a una acumulación mayor de combustibles en el suelo dada la menor frecuencia de incendios. Aún cuando en el bosque de oyamel se presentan mayores cargas de combustibles, en comparación al pinar, la ocurrencia de incendios es menor dada la mayor humedad y la escasez de gramíneas que los caracteriza.

● Villers y López (2004), presentan los resultados preliminares sobre el comportamiento del fuego para el Parque Nacional La Malinche y una eventual evaluación de riesgos a incendios con base en un inventario de combustibles y variables físicas del terreno, y mencionan que de cierta manera la vulnerabilidad de los bosques de pino es mayor debido a su mayor cercanía con las áreas agrícolas, poblados y caminos, además de que son áreas menos húmedas y con mayor exposición a la radiación solar. Sin embargo, según los resultados del modelo, el riesgo se reduce, pues tienen una densidad arbórea baja, comparadas con las comunidades de oyamel y encinos, y se presentan preferentemente en áreas que tienen menor inclinación del terreno y a las cantidades reducidas de combustibles en todas las clases diamétricas.

Para los bosques de *Quercus* (encinos) su nivel de peligrosidad es intermedio, debido a una mayor cantidad de arbustos y pastizales, la cantidad de combustibles es mayor que en los bosques de coníferas (pino y oyamel) y en condiciones ambientales físicas semejantes a las de los bosques de oyamel, presentan un comportamiento parecido.

En los bosques de *Abies* (oyamel) el nivel de peligrosidad es el menor debido a su menor accesibilidad para los pobladores locales, por encontrarse dichos bosques en áreas más abruptas, sin embargo, tienen mayor densidad arbórea, mayor pendiente, menor presencia de áreas agrícolas cercanas, una cantidad mayor de combustibles en la primer clase diamétrica y por lo tanto mayor riesgo a que el impacto o severidad del incendio sea mayor. A continuación, se presenta el volumen de combustibles por clase diamétrica y por tipo de asociación de vegetación encontrado:

Cuadro no. 6.- Volumen de combustible forestal (ton ha⁻¹) del Parque Nacional La Malinche.

Tipo de bosque	Diámetro del combustible (cm.)			Profundidad del mantillo (m)
	0 – 0.6	0.6 – 2.5	2.5 – 7.6	
Abies	7.00	4.70	0.60	0.17
Abies – Pinus	4.40	4.20	0.50	0.16
Quercus	4.20	8.70	3.40	0.27
Quercus – Pinus	3.80	8.10	3.70	0.24
Pinus	0.40	3.30	0.40	0.15

● Miranda (2004), desarrolló el programa de incendios forestales del Parque Ecológico Chipinque, utilizando las capas de información de infraestructura de operación del parque y de combate de incendios forestales, concluyendo que el nivel de peligro a la presencia de incendios forestales ha aumentado conforme han ido sucediendo los incendios en el parque, debido al combustible que se originó por los incendios previos, y a la presencia de insectos descortezadores que se presentan después de un incendio, causando la muerte del arbolado debilitado. A continuación se muestran los resultados obtenidos del inventario de combustibles secos en 8 sitios:

Cuadro no. 7.- Peso del combustible forestal evaluado en el Parque Ecológico Chipinque.

Ubicación	Combustibles (ton ha ⁻¹)			Riesgo
	Ligeros	Grandes	Total	
Las arañas	9.52	0.04	9.56	Bajo
Hotel	1.72	0.26	1.98	Bajo
Vereda 1	13.24	1.20	14.44	Bajo
Vereda 2	15.44	1.56	17.00	Medio
Vereda 3	12.27	1.11	13.38	Bajo
Manzanita	7.28	0.11	7.39	Bajo
Empalme	10.96	0.07	11.03	Bajo
San Agustín	7.20	0.34	7.54	Bajo

Dichos combustibles fueron comparados con las normas internacionales que consideran lo siguiente: 20-30 ton ha⁻¹ es de alto riesgo, de 15 a 20 ton ha⁻¹ es de riesgo medio y menos de 15 ton ha⁻¹ es de riesgo bajo.

5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente, los recursos naturales del Parque Nacional “El Chico” y de todo el país, se enfrentan a una serie de problemas relacionados con algunas actividades que realiza el hombre, viéndose afectados principalmente por la tala clandestina, el cambio de uso de suelo, plagas y enfermedades, e incendios forestales, lo que resulta en pérdidas económicas y ambientales por la degradación o destrucción total de estos recursos.

Dada la importancia de preservar en buen estado los recursos naturales, se hace necesario identificar dentro del parque las áreas que presentan diversos niveles de riesgo de que se presente un incendio forestal, ya sea por las cargas de combustible, por las actividades recreativas y vías de comunicación que prevalecen en la zona, esto, con el fin de optimizar los recursos humanos y materiales destinados a la prevención y el combate de los incendios forestales, y sobre todo, para reducir la incidencia y la afectación a los recursos naturales ocasionada por los incendios forestales.

6. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

Ante el cambio climático mundial, y el inminente incremento en la temperatura y la posible extensión de los periodos de sequía, se expone a los bosques a una mayor incidencia de incendios forestales (Goldammer y Price, 1998; citados por Villers y Trejo, 2004), por lo que es necesario realizar estudios que permitan proponer estrategias de prevención a los mismos. En el presente trabajo, se clasificarán las áreas por nivel de riesgo de que ocurra un incendio forestal, con el fin de preservar en buen estado los recursos naturales con que cuenta el Parque Nacional El Chico y optimizar los recursos destinados a la prevención y combate de incendios forestales.

OBJETIVOS

General:

Clasificar las zonas que presenten un **mayor o menor riesgo de que se inicie un incendio forestal** en el Parque Nacional “El Chico”.

Particulares:

- Determinar la diversidad ambiental del Parque Nacional “El Chico”, a través de un mapa de unidades ecológicas.
- Determinar el tipo y la cantidad de combustible forestal en cada unidad ecológica.
- Determinar para cada unidad ecológica su nivel de riesgo.

7. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

Ubicación.

El Parque Nacional El Chico, se localiza dentro de la entidad federativa de Hidalgo y esta incluido 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. La altitud mínima dentro del parque es de 2320 msnm, en el poblado denominado "Mineral del Chico", y la máxima es de 3090 msnm en "Las Ventanas".

Mapa no. 1.- Ubicación del Parque Nacional El Chico.



Fuente: Administración del Parque Nacional El Chico.

Políticamente pertenece a los municipios de Mineral del Chico, en mayor proporción, Pachuca y Mineral del Monte, en menor proporción para estos últimos.

Historia.

En marzo de 1898, gracias al General Porfirio Díaz Morí, fue reservado como Bosque Nacional con el nombre de Monte Vedado del Mineral del Chico, con una superficie de 1835 hectáreas.

El 6 de mayo de 1916, debido a las reclamaciones por concepto de restitución de ejidos de los vecinos del poblado El Chico, se derogó la disposición anterior y se restituyó dicho monte a los peticionarios.

El 13 de septiembre de 1922 se publicó en el Diario Oficial un acuerdo en el que se reserva un terreno denominado Monte Vedado ubicado en la municipalidad del Mineral del Chico, Hgo. para Bosque Nacional:

I. Se revoca el acuerdo del 6 de mayo de 1916 por el cual se mandó entregar al pueblo de Atotonilco El Chico, el terreno "Monte Vedado" ubicado en la municipalidad del Mineral del Chico, distrito de Pachuca, Estado de Hidalgo.

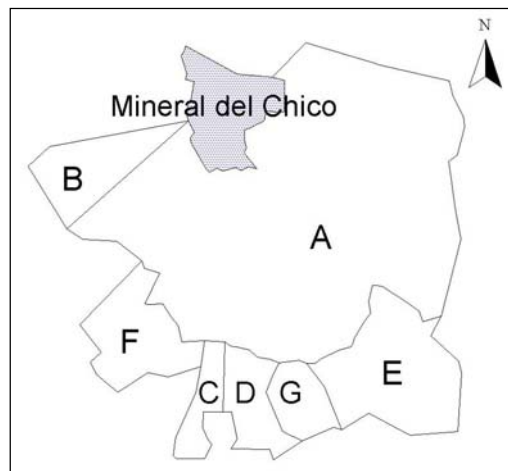
II. Se declara "Monte Vedado" Reserva Forestal de la Nación, por el tiempo que sea necesario conservarlo".

El 6 de julio de 1982, se publicó en el Diario Oficial un decreto por el cual se declaró Parque Nacional con el nombre de "El Chico", el área con superficie de 2,739 hectáreas localizadas en la Sierra de Pachuca en el Estado de Hidalgo y expropiando a favor del gobierno federal una superficie de 329 hectáreas de propiedad particular.

Superficie.

El Parque Nacional El Chico cuenta con una superficie total de 2,739 ha., las cuales se distribuyen de la siguiente manera:

Mapa no. 2.- Distribución de la propiedad en el Parque Nacional El chico.



- Propiedad Federal: 1833.39 ha., incluye el terreno denominado Monte Vedado del Mineral del Chico y el poblado de "El Chico" (A).
- Propiedad del Estado de Hidalgo: 84.71 ha., "Monte Vedado" (G).
- Propiedad particular: 153.42 ha., área de "Las Monjas" (B).
- Propiedad particular: 68.26 ha., "Rancho del Agua Zarca" (C).
- Comunal de Estanzuela: 184.68 ha. (F).
- Pueblo "El Cerezo": 107.91 ha. (D).
- Ejido "El Cerezo": 306.62 ha. (E).

Clima.

Al parque se le confiere el tipo de clima Cb (m) (i') gw'', cuyas características son: 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 periodos de lluvia y sequía se presentan bien marcados. Las primeras lluvias se registran en el mes de mayo y desaparecen en octubre, y comprenden del 80 al 94% de la precipitación anual (Manzanilla, 1974; citado por Galindo-Leal *et al.* 1988.). Las lluvias se presentan durante las tardes y las noches principalmente. El período de sequía abarca de Noviembre a Mayo. Las tempestades son comunes durante los meses de Julio a Septiembre (Gallina *et al.* 1974). También durante los meses de Abril a Septiembre se presentan granizadas de poca duración pero muy intensas (Manzanilla, 1974; citado por Galindo-Leal *et al.* 1988).

Geología.

La Sierra de Pachuca se formó durante el Oligoceno superior y el Mioceno, hace aproximadamente entre 5 y 25 millones de años.

Las rocas que afloran en la región son en su totalidad de procedencia volcánica y varían en su composición desde riolitas hasta basaltos, predominando la dacita y andesita (Medina y Rzedowski, 1981).

Se presentan andesitas compactas y fracturadas, muy variadas tanto en estructura como en color. En las partes bajas del parque dominan las andesitas oscuro-verdosas, mientras que en las partes altas son de color rojo. Las rocas intrusivas que se encuentran son variedades también de la andesita, bien marcadas inyecciones de cantera que se extienden de norte a sur entre los puntos "Cruz del Jarro", "La Cantera", "Cerro de la Bruja" y "Barranca de los Zorrillos". Las rocas cuarcíferas forman fallas angostas. Las tobas andesíticas son otra variedad de la andesita y conforman una falla ancha desde el valle de "La Orozca" hasta el punto "El milagro" (Sánchez, 1927; citado por Galindo-Leal *et al.* 1988).

Suelos.

Los suelos del parque, son suelos limoso-arenosos o arenosos. Su pH varia desde medio ácidos hasta neutros. La capa superior tiene un alto contenido de humus, alcanzado en algunos lugares hasta un 70 %. Presentan una capa de hojarasca no descompuesta de espesor variable de 1.5 a 5 cm, constituida por hojas de oyamel, restos de musgos, hojas y tallos de arbustos y herbáceas y algunas semillas, inflorescencias, escamas de conos y fragmentos de corteza de oyamel (Madrigal, 1967; citado por Galindo-Leal *et al.* 1988).

Los suelos son poco profundos, porosos y bien drenados. Su estructura puede ser granular o en bloques, ya que en la textura, el mayor porcentaje corresponde a la arena, seguida por la porción limosa y arcillosa (Madrigal, 1967; citado por Galindo-Leal *et al.* 1988).

El contenido de materia orgánica es muy alto en el horizonte A, debido tanto a las bajas temperaturas que disminuyen la actividad microbiana, como a la vegetación

existente, que provee permanentemente material orgánico y la formación de un complejo alófono-humus muy estable (Gallina *et al.* 1974).

Vegetación.

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).

Para la descripción que se hace a continuación, se toma como base principal el trabajo de Medina y Rzedowski (1981) sobre la Sierra de Pachuca. Entre las diferentes comunidades vegetales que se encuentran dentro del Parque Nacional El Chico, tenemos las siguientes:

Bosque de *Abies*. 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).

Según Solano (1988) el bosque de *Abies* ocupa la mayor superficie dentro del parque, esto es, 1856 ha. que corresponden al 67.7 % del total. Generalmente se le encuentra sobre superficies inclinadas y altitudes de 2600 a 3000 msnm aproximadamente, los individuos pueden llegar a medir de 20 a 35 m de altura.

El tipo de suelo que ocupa es profundo, con pH ácido y un drenaje medio; en los sitios que ha ocurrido algún tipo de perturbación se pueden observar *Acaena*, *Baccharis* y *Juniperus*.

En el bosque de oyamel el desarrollo de los estratos arbustivo y herbáceo está limitado por la densidad del estrato arbóreo, ya que esto impide la entrada de luz.

Entre las especies arbustivas que se encuentran en este bosque las principales son: gordolobo (*Senecio angulifolius*), aretillo (*Symphoricarpos microphyllus*), escobilla (*Baccharis conferta*), mirto (*Salvia elegans*), tláxcal-ciprés (*Juniperus monticola*), aretillo chaparro (*Fuchsia microphylla*) y chamisa (*Eupatorium glabratum*).

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.* Se le puede encontrar desde los 2400 hasta los 2900 msnm aproximadamente, ocupando lugares rocosos y laderas muy inclinadas, generalmente en suelos poco profundos y pH ácido. Los individuos de este género pueden llegar a medir hasta 35 m de altura y se les observa sosteniendo un gran número de epifitas.

Las especies dominantes de encino son: encino hoja de laurel (*Quercus laurina*), encino quiebrahacha (*Q. rugosa*, *Q. affinis*), encino blanco (*Q. mexicana*) y encino tecomate (*Q. crassifolia*)

Otras especies de árboles en este bosque son: tláxcal (*Juniperus deppeana*), oyamel (*Abies religiosa*), madroños (*Arbutus glandulosa*, *A. xalapensis*), tejocote (*Crataegus pubescens*), capulín (*Prunus serotina*), pinos (*Pinus spp.*), palo dulce (*Cornus disciflora*) y tepozán (*Buddleja cordata*).

Las especies arbustivas más comunes son: chaquira morada (*Ceanothus coeruleus*), pingüica (*Arctostaphylos pungens*), chamisa (*Eupatorium glabratum*),

escobilla (*Baccharis conferta*), chagua (*Ribes affinis*), y aretillo (*Symphoricarpos microphyllus*).

Bosque de *Abies* - *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. Ocupa suelos medianamente profundos, con drenaje medio y pH ácido, se puede localizar en altitudes que van de los 2500 a los 2800 msnm. aproximadamente, con una altura promedio de sus individuos de 20-35 m. de alto.

Según Solano (1988), esta comunidad ostenta el 3^{er} lugar en extensión dentro del parque, con 95 ha, lo que significa un 3.4 % de la superficie total.

Las especies dominantes del estrato arbóreo son los encinos quebrahacha (*Quercus affinis* y *Q. glabrescens*); además del oyamel (*Abies religiosa*), otras especies arbóreas presentes son: encino tecomate (*Q. crassifolia*), madroños (*Arbutus glandulosa* y *A. xalapensis*), aile de río (*Alnus arguta*), palo dulce (*Cornus disciflora*), aguacatillo (*Garrya laurifolia*), aile de monte (*Cercocarpus macrophyllus*), tepozán (*Buddleja cordata*), achichil (*Viburnum elatum*) y limoncillo (*Ilex toluhana*).

Los arbustos comunes en este bosque son: tláxcal-ciprés (*Juniperus monticola*), gordolobo (*Senecio albonervius*), hediondilla (*Cestrum benthamii*), laurel (*Litsea glaucescens*), aretillo chaparro (*Fuchsia microphylla*), mirto (*Salvia elegans*) y ocasionalmente el romerillo (*Taxus globosa*).

Bosque de *Pinus*. Este tipo de vegetación es escasa y ocupa pequeñas superficies dentro del parque, se le encuentra aproximadamente entre los 2400 y 2800 msnm., con individuos que van de los 8 m. hasta los 30 m de alto y se le encuentra mezclado con *Abies religiosa*, *Quercus spp.* y *Pseudotsuga macrolepis*.

La principal especie de pino es *Pinus rudis* y a veces el ocote (*Pinus teocote*). En algunos sitios se pueden localizar *Pinus patula* y *Pinus montezumae*. Otras especies arbóreas que se encuentran en los pinares son: aile (*Alnus firmifolia*) y madroños (*Arbutus spp.*)

Bosque de tláxcal. El bosque de tláxcal mide de 3 a 5 m. de altura y esta dominado por *Juniperus deppeana*, se distribuye principalmente en los llanos y alrededores de pastizales, y en rangos altitudinales de 2500 hasta 3000 msnm.

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, ya que incluso se pueden observar plántulas de *Abies* mezcladas con tláxcal. Los *Juniperus* que generalmente viven en lugares áridos, abiertos y bien soleados, frecuentemente se encuentran a *Baccharis conferta*, lo que puede ser un indicio del grado de perturbación que prevalece en el Parque Nacional "El Chico". Estas comunidades se localizan en suelos profundos formados por sedimentación donde dominan las arcillas, siendo generalmente lugares muy húmedos y con un pH ácido (Gallina, et al 1974).

En algunos lugares de la parte alta del parque, *Juniperus monticola* reemplaza a *Abies religiosa* debido fundamentalmente al disturbio, constituyendo un tipo de vegetación secundaria muy localizado.

Además del tláxcal, otros arbustos que se encuentran en esta comunidad son: encino chaparro (*Quercus frutex*), trompetilla (*Bouvardia ternifolia*), flor de San Juan (*Bouvardia longiflora*), cenicilla (*Zaluzania augusta*) y hierba del aire (*Eupatorium espinosarum*).

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 como: suelda con suelda (*Potentilla candicans*), cuatetapa (*Arenaria lycopodioides*), cilantrillo (*Tauschia nudicaulis*, *T. humilis*), mayito (*Zephyranthes spp.*), hierba del conejo (*Castilleja moranensis*), plumerillo (*Achillea millaefolium*), cresta de gallo (*Commelina alpestris*), margarita de campo (*Astranthium xanhocomoides*), hierba del sapo (*Eryngium carlinae*), llantén (*Plantago hirtella*), gonchis (*Senecio tussilaginoideis*), diente de león (*Taraxacum officinale*) y flor de hielo (*Gentiana adsurgens*).

Fauna.

De acuerdo a Galindo-Leal *et al.* 1988, de las especies de anfibios se han registrado 2 especies de ranas (*Rana pipiens* y *R. montezumae*), una especie de sapo (*Bufo simus*), 3 especies de ranas arbóreas (*Hyla eximia*, *H. lafrantzi* y *H. plicata*), 3 especies de ajolotes (*Rhyacosiredon altamirani*, *R. leorae* y *Ambystoma lacustris*) y 6 especies de salamandras (*Chiropterotriton chiroptera*, *Ch. chondrostega*, *Ch. multidentatus*, *Pseudoerycea cephalica*, *P. leprosa* y *Plethodon spp.*).

Los reptiles están representados por 13 diferentes especies de lagartijas (*Sceloporus*, *Barisia*, *Abronia*, etc.), incluyendo el camaleón (*Phrynosoma orbiculare*), 10 especies de culebras (*Tamnophis*, *Diadophis*, *Pituophis*, *Storeria*, *Salvadora*, *Toluca*) y 2 especies de víboras de cascabel (*Sistrurus ravus* y *Crotalus triseriatus*).

Las aves son numerosas, posiblemente representadas por más de 85 especies. Entre las más comunes están las urracas (*Cyanocitta stelleri*, *Aphelocoma ultramarina*), carpinteros (*Colaptes auratus*, *Melanerpes formicivorus*), palomas (*Columba spp.*), búhos (*Aegolius*, *Bubo*, *Glaucidium*, *Otus*), halcones (*Buteo*, *Accipiter*, *Falco*), colibríes (*Hylocharis*, *Lampornis*, *Selasphorus*), jilgueros (*Myadestes obscurus*), gorriones (*Carpodacus*, *Oriturus*), primavera (*Turdus migratorius*) y ojitos de lumbre (*Junco phaeonotus*).

Los mamíferos son bastante escasos debido a las perturbaciones causadas por el pastoreo. Sin embargo, es posible que se encuentren cerca de 45 especies. Entre los pequeños mamíferos se encuentran ardillas (*Sciurus aureogaster*, *Spermophilus variegatus*), conejos (*Silvilagus floridanus*, *S. cunicularius*), ratones (*Peromyscus*, *Reithrodontomys*) y ratas de bosque (*Neotoma mexicana*). Entre los mamíferos de tamaño mediano están los zorrillos (*Mephitis macroura*), zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), cacomixtle (*Bassariscus astutus*), mapache (*Procyon lotor*). El venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) ha desaparecido completamente del área. Entre los insectos destacan los escarabajos descortezadores de las familias Scolytidae y Platypodidae, ya que atacan a los árboles y llegan a convertirse en plagas.

8. MÉTODO

Delimitación de la diversidad ambiental.

La delimitación se realizó por unidades ecológicas en cuanto a tipos de roca, suelo y vegetación, las cuales se obtuvieron mediante el 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. De esta manera es como se delimitaron áreas homogéneas en cuanto a factores ambientales (Vela-Boyas, 1984), lo que se conoce como unidades ecológicas.

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

Muestreo de Vegetación.

Una vez obtenido el mapa de unidades ecológicas, a cada una de ellas se realizó la caracterización ecológica, verificando que se estuviera en el lugar indicado con la ayuda de un sistema de navegación “GPS”, Marca GARMIN, Mod. Etrex. Una vez corroborada la ubicación dentro de la unidad, se inspeccionó el sitio para seleccionar el punto de muestreo que presentara las condiciones generales de dicha unidad. 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.

En cada unidad se realizó la caracterización ecológica con base en 2 formas de registro de campo (Anexo 1 y 2), siguiendo las indicaciones presentadas en el “Instructivo para la Caracterización Ecológica de los Sitios de Muestreo del Estudio Ecológico Forestal del Eje Neovolcánico”, (Madrigal *et al.* 1970).

La primera de ellas (Anexo 1), reúne características generales del sitio como ubicación, descripción orográfica (relieve, exposición, pendiente, altitud, condiciones hídricas y erosión, principalmente) y estratificación de la vegetación (tipo, asociación, usos, agentes de disturbio, estratos, cobertura y altura, entre otros); la segunda (Anexo 2), contiene los datos florísticos que son, características sociológicas y forma biológica de las especies presentes .

En forma conjunta a la toma de datos en campo, se realizó la recolecta de material botánico, el cual fue identificado y cotejado en el herbario FEZA de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, de la Universidad Nacional Autónoma de México. Los ejemplares que no pudieron cotejarse en el Herbario FEZA, fueron corroborados en el Herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, del

Instituto Politécnico Nacional. Todos los ejemplares ya cotejados fueron depositados en el Herbario FEZA.

Posteriormente, y a través de un análisis de Cluster de las unidades ecológicas que presentaron el mismo tipo de vegetación, se agruparon las que fueron similares, 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 para realizar la evaluación de combustibles forestales.

Evaluación de combustibles forestales.

Una vez seleccionadas las unidades en las que se evaluarían los combustibles forestales, se acudió a cada una de ellas para efectuar la evaluación de los mismos. En cada sitio se efectuaron 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 con anterioridad al azar. 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 con ayuda de 1 forma de registro de campo (Anexo 3), aplicando la técnica de Intersecciones Planares (Sánchez y Zerecero, 1983), y utilizando líneas de 15 m. de longitud para la cuantificación de los combustibles, de acuerdo al siguiente cuadro:

Cuadro No. 8. 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

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):

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

Para obviar los cálculos anteriores, se presenta el siguiente cuadro:

Cuadro No. 9. Factor de corrección de la pendiente.

Pendiente (%)	Factor de corrección	Pendiente	
		(%)	Factor de corrección
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 último, 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 3 mediciones de la altura del material combustible y 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 las líneas de muestreo externas, se tomaron 4 mediciones 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, cuyos resultados sumados al final por cada categoría diamétrica o tamaño de clase (cm), proporcionan el peso total de los combustibles leñosos por m², se utilizan las siguientes formulas:

Tamaño de clase: 0 – 0.6

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

Tamaño de clase: 0.6 – 2.5

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

Tamaño de clase: 2.5 – 7.5

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

> 7.5 sin pudrición

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

> 7.5 con pudrición

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

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.

Mapa de riesgos de incendios forestales.

Para la elaboración del mapa de riesgos a incendios forestales se utilizó el material siguiente:

- Mapa de Unidades Ecológicas del Parque Nacional El Chico, generado en el presente trabajo.
- Mapa de Zonificación de actividades del Parque Nacional El Chico, proporcionado por la Administración del Parque.
- Mapa de Fogatas del Parque Nacional El Chico, proporcionado por la Administración del Parque.

Cada uno de estos materiales, se digitalizaron y ajustaron a un mismo tamaño, cubriendo el área de influencia del Parque Nacional El Chico. Posteriormente, se definió el nivel de riesgo a la presencia de incendios forestales para cada una de las unidades ecológicas obtenidas, para lo cual se utilizaron los cuadros 10, y 11:

Cuadro No. 10.- Parámetros utilizados para definir el nivel de riesgo de las unidades ecológicas.

Parámetro	Factor	Indicador de riesgo (valor)		
		Bajo (1)	Medio (3)	Alto (9)
Tipo de suelo	Profundidad	Cambisols Feozems	Regosols	Litosols
Vegetación (elegir solo una opción)	Coníferas	Escasas, menos del 40%	Codominancia con latifoliadas	Dominancia, más del 60%
	Latifoliadas	Dominancia, más del 60 %	Codominancia con coníferas	Escasas, menos del 40%
	Pastizales	Ausencia	Cobertura entre 25 - 50% o con distribución discontinua	Cobertura mayor del 50% o con distribución continua
Combustibles forestales (sumar cada variable)	Espesor de materia orgánica (cm.)	Menor a 5	Mayor a 5 y menor de 9	Mayor a 9
	Peso materia orgánica (kg. / 0.25 m ²)	Menor a 1	Mayor a 1 y menor de 1.5	Mayor a 1.5
	Finos: menor a 6 mm de diámetro (ton ha ⁻¹)	Menor a 2	Mayor a 2 y menor de 4.5	Mayor a 4.5
	Total (ton ha ⁻¹)	Menor a 10	Mayor a 10 y menor de 25	Mayor a 25

Modificado de Martínez *et al.* 1990

Los valores asignados para definir el nivel de riesgo en los combustibles forestales, se obtuvieron al dividir entre 3, todo el rango de valores obtenidos en la evaluación de combustibles para cada factor contemplado.

Además, en el caso de la vegetación y tipo de suelo, los valores asignados reflejan la relación existente entre estos y la facilidad de que se presente un incendio forestal. Finalmente, para obtener el nivel de riesgo de cada unidad, se sumaron los valores correspondientes de cada parámetro contemplado (tipo de suelo, tipo de vegetación y combustibles forestales) de acuerdo a las características que presentaban los datos obtenidos para cada unidad. Una vez que se obtuvo el valor de riesgo total de cada unidad, y con la ayuda de la escala de riesgo de incendio forestal para cada unidad ecológica, se definió el nivel de riesgo (bajo, medio o alto) de cada unidad.

9. RESULTADOS

Cabe hacer notar que en el mapa de vegetación utilizado para la obtención de las Unidades Ecológicas se mencionaba un tipo de vegetación diferente al encontrado en campo, por lo que a continuación se muestra en que unidades ecológicas se realizó la corrección pertinente:

Cuadro No. 11.- Corrección entre la vegetación encontrada en campo y la reportada.

Unidad Ecológica	Vegetación reportada	Vegetación encontrada
10	<i>Abies religiosa – Quercus</i>	<i>Quercus - Abies religiosa</i>
11	<i>Abies religiosa</i>	<i>Abies religiosa – Quercus</i>
12	<i>Quercus</i>	<i>Quercus – Juniperus</i>
17	<i>Abies religiosa</i>	<i>Abies religiosa – Juniperus</i>
19	<i>Juniperus - Abies religiosa</i>	<i>Abies religiosa – Juniperus</i>
21	<i>Abies religiosa – Juniperus</i>	<i>Abies religiosa – Quercus</i>
24	<i>Abies religiosa – Quercus</i>	<i>Quercus - Abies religiosa</i>

La corrección hecha al tipo de vegetación encontrada, se efectuó con base en los muestreos de campo realizados a cada unidad ecológica, donde se obtuvo la densidad del arbolado presente en la zona. Ver cuadros de densidad del arbolado por unidad ecológica.

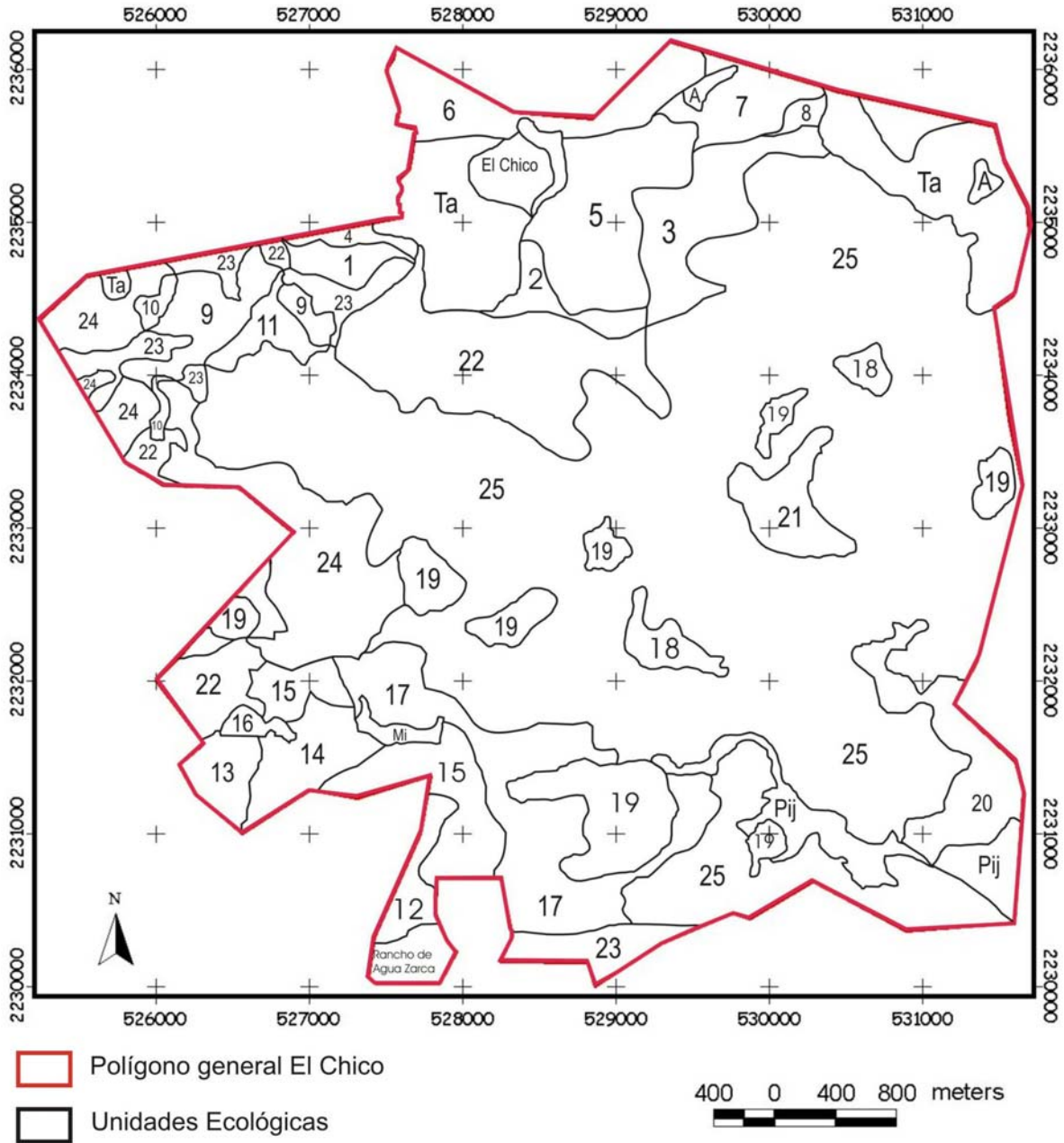
Diversidad ambiental y variabilidad de combustibles.

El número de Unidades Ecológicas obtenidas en El Chico, fue la siguiente:

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 eutrico; *Quercus*
5. Andesita – Brecha volcánica andesítica; Regosol eutrico; *Quercus – Abies religiosa*
6. Andesita – Brecha volcánica andesítica; Litosol - Regosol eutrico; *Quercus – Pinus*
7. Andesita – Brecha volcánica andesítica; Litosol - Regosol eutrico; *Quercus – Abies religiosa*
8. Andesita – Brecha volcánica andesítica; Litosol - Regosol eutrico; *Abies religiosa*
9. Ígnea extrusiva ácida; Litosol - Regosol eutrico; *Quercus*
10. Ígnea extrusiva ácida; Litosol - Regosol eutrico; *Quercus - Abies religiosa*
11. Ígnea extrusiva ácida; Litosol - Regosol eutrico; *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*

A continuación se presenta el mapa de Diversidad ambiental o de unidades ecológicas obtenido para el parque:

Mapa no. 3.- Unidades Ecológicas encontradas en El Parque Nacional El Chico



A continuación se muestran las Unidades Ecológicas similares y la unidad en la que se realizó el muestreo de los combustibles forestales:

Cuadro No. 12.- Unidades Ecológicas similares y unidad ecológica seleccionada para realizar la evaluación de los combustibles forestales.

Vegetación	Unidades Ecológicas similares (sitio)	Unidad Ecológica a evaluar (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</i>	4, 9, 23	23
	1	1
<i>Pinus</i>	20	20
<i>Juniperus</i>	18	18
<i>Abies – Quercus</i>	11, 21	21
<i>Abies - Juniperus</i>	19	19
	17	17
<i>Quercus – Abies</i>	2, 22, 24	2
	5, 7, 15	5
<i>Quercus – Pinus</i>	10	10
	6	6
<i>Quercus - Juniperus</i>	12	12

Evaluación de combustibles forestales en cada unidad ecológica.

A continuación se muestran los resultados de las caracterizaciones ecológicas de cada unidad, y en su caso, los valores encontrados en la evaluación de combustibles forestales realizada.

Unidad Ecológica no. 1

Roca: Andesita – Brecha volcánica andesítica

Suelo: Cambisol húmico – Feozem haplico

Vegetación: Bosque de *Quercus*

Superficie aproximada: 16.15 ha

Bosque de *Quercus laurina* Humb. & Bonpl. y *Q. rugosa* Née con individuos desde 7 y hasta 20 m. de altura, con presencia de *Abies religiosa* (H.B.K.) Cham. & Schlecht. y *Prunus serotina* Ehrh.; estrato arbustivo dominado por *Eupatorium hidalgense* Rob, *Eupatorium ligustrinum* D.C. y *Senecio angulifolius* DC. con altura máxima promedio de 3 m.; hojarasca distribuida de manera uniforme, con espesor de materia orgánica en promedio de 4.95 cm. y en algunos sitios de hasta 11 cm, con un peso promedio de 1.73 kg/0.25 m². Se observan veredas y pastoreo de ganado caprino y bovino. A continuación, se muestran los datos obtenidos al realizar el muestreo del estrato arbóreo:

Cuadro no. 13.- Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 1

Especie arborea	Cantidad	Diámetro (cm.)				TOTAL
		< 10	10 a 30	30 a 60	60 a 90	
<i>Abies religiosa</i>		1	0	0	1	2
<i>Quercus spp.</i>		16	79	7	0	102
<i>Pinus spp.</i>		0	0	0	0	0
<i>Juniperus spp.</i>		0	0	0	0	0
Otras especies		11	3	0	0	14

A continuación, se muestran los valores obtenidos en la evaluación de combustibles forestales:

Cuadro no. 14.- Peso de los combustibles forestales (ton ha⁻¹) encontrados en la unidad ecológica no. 1.

Linea Número	Peso Combustibles Livianos			Peso Combustibles Grandes		Total
	0 - 0.6	0.6 - 2.5	2.5 - 7.5	> 7.5 Bueno	> 7.5 Podrido	
1	3.825	2.496	2.424	0	0	8.745
2	4.383	1.664	2.424	0	0	8.470
3	3.683	3.739	1.167	0	1.637	10.226
4	2.916	4.540	7.002	0	0	14.458
5	3.990	4.006	8.170	0	0	16.165
Sumatoria	18.796	16.444	21.187	0	1.637	58.065
Promedio	3.759	3.289	4.237	0	0.327	11.613
Desv. estándar	0.291	1.388	9.778	0	0.536	12.212

Unidad Ecológica no. 2

Roca: Andesita – Brecha volcánica andesítica

Suelo: Cambisol húmico – Feozem haplico

Vegetación: Bosque de *Quercus* – *Abies*

Superficie aproximada: 17.2 ha

Bosque de *Quercus laurina* y *Q. rugosa*, junto con *Abies religiosa*, con individuos desde 8 m. de alto para ambos géneros y de hasta 30 m. y 35 m. de altura para *Quercus* y *Abies*, respectivamente, con presencia de *Arbutus xalapensis* H.B.K., *Ilex toluicana* Hemsl. y *Prunus serotina*; estrato arbustivo dominado por *Senecio angulifolius* con altura máxima promedio de 4 m.; hojarasca distribuida de manera uniforme, con espesor de materia orgánica en promedio de 9.4 cm., llegando hasta los 15 cm, con un peso promedio de 1.55 kg/0.25 m². Se observan veredas y regeneración de encino y oyamel.

A continuación, se muestran los datos obtenidos al realizar el muestreo del estrato arbóreo:

Cuadro no. 15.- Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 2.

Especie arborea	Cantidad	Diámetro (cm.)					TOTAL
		< 10	10 a 30	30 a 60	60 a 90	> 90	
<i>Abies religiosa</i>		16	0	0	1	0	17
<i>Quercus spp.</i>		49	50	3	7	1	110
<i>Pinus spp.</i>		0	0	0	0	0	0
<i>Juniperus spp.</i>		0	1	0	0	0	1
Otras especies		17	1	0	0	0	18

A continuación, se muestran los valores obtenidos en la evaluación de combustibles forestales:

Cuadro no. 16.- Peso de los combustibles forestales (ton ha⁻¹) encontrados en la unidad ecológica no. 2

Linea Número	Peso Combustibles Livianos			Peso Combustibles Grandes		Total
	0 - 0.6	0.6 - 2.5	2.5 - 7.5	> 7.5 Bueno	> 7.5 Podrido	
1	2.928	6.574	1.436	93.516	0	104.454
2	1.228	2.958	17.237	0	27.734	49.156
3	1.209	3.004	1.313	0	4.661	10.187
4	1.322	0.000	2.514	93.359	0	97.195
5	2.700	0.940	2.738	0	8.671	15.050
Sumatoria	9.386	13.476	25.238	186.875	41.066	276.042
Promedio	1.877	2.695	5.048	37.375	8.213	55.208
Desv. estándar	0.740	6.388	46.830	2619.180	132.196	1966.061

Unidad Ecológica no. 3

Roca: Andesita – Brecha volcánica andesítica

Suelo: Cambisol húmico – Feozem haplico

Vegetación: Bosque de *Abies religiosa*

Superficie aproximada: 55.4 ha

Bosque de *Abies religiosa* con individuos desde 25 y hasta 40 m. de altura, con presencia de *Buddleia cordata* H.B.K., *Prunus serotina* y *Quercus rugosa*; estrato arbustivo dominado por *Cestrum roseum* H.B.K., *Ribes affine* H.B.K. y *Senecio angulifolius* con altura máxima promedio de 3.5 m.; hojarasca escasa y discontinua, con espesor de materia orgánica en promedio de 4.35 cm. y en algunos sitios de hasta 7 cm, con un peso promedio de 1.69 kg/0.25 m². Se observan veredas y regeneración de *Abies* y *Quercus*, principalmente de este último.

A continuación, se muestran los datos obtenidos al realizar el muestreo del estrato arbóreo:

Cuadro no. 17.- Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 3.

Especie arborea	Cantidad	Diámetro (cm.)				TOTAL
		< 10	30 a 60	60 a 90	> 90	
<i>Abies religiosa</i>		0	11	4	3	18
<i>Quercus spp.</i>		125	1	0	1	127
<i>Pinus spp.</i>		0	0	0	0	0
<i>Juniperus spp.</i>		0	0	0	0	0
Otras especies		48	0	0	0	48

A continuación, se muestran los valores obtenidos en la evaluación de combustibles forestales:

Cuadro no. 18.- Peso de los combustibles forestales (ton ha⁻¹) encontrados en la unidad ecológica no. 3.

Linea Número	Peso Combustibles Livianos			Peso Combustibles Grandes		Total
	0 - 0.6	0.6 - 2.5	2.5 - 7.5	> 7.5 Bueno	> 7.5 Podrido	
1	5.100	1.643	0	0	0	6.743
2	5.855	2.958	0	0	0	8.813
3	2.928	1.972	1.436	63.965	113.327	183.628
4	3.494	2.301	0	0	26.852	32.647
5	4.250	1.643	1.436	0	0	7.330
Sumatoria	21.627	10.518	2.873	63.965	140.179	239.161
Promedio	4.325	2.104	0.575	12.793	28.036	47.832
Desv. estándar	1.398	0.302	0.619	818.294	2408.495	5880.552

Unidad Ecológica no. 4

Roca: Andesita – Brecha volcánica andesítica

Suelo: Regosol eutrítico

Vegetación: Bosque de *Quercus*

Superficie aproximada: 7.3 ha

Bosque de *Quercus Crassifolia* Humb. & Bonpl. y *Q. laurina* con individuos desde 5 y hasta 20 m. de altura, con presencia de *Alnus acuminata* H.B.K., *Arbutus xalapensis* e *Ilex toluicana*; estrato arbustivo dominado por *Eupatorium ligustrinum* con altura máxima promedio de 1.2 m.; hojarasca distribuida de manera uniforme, con espesor de materia orgánica en promedio de 3 cm.

A continuación, se muestran los datos obtenidos al realizar el muestreo del estrato arbóreo:

Cuadro no. 19.- Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 4.

Especie arborea		Diámetro (cm.)		
		< 10	10 a 30	TOTAL
<i>Abies religiosa</i>	Cantidad	0	0	0
<i>Quercus spp.</i>		72	81	153
<i>Pinus spp.</i>		0	0	0
<i>Juniperus spp.</i>		0	0	0
Otras especies		6	2	8

Fotografía no. 2.- Aspecto del bosque de *Quercus* en la unidad ecológica no. 4



Unidad Ecológica no. 5

Roca: Andesita – Brecha volcánica andesítica

Suelo: Regosol eutrítico

Vegetación: Bosque de *Quercus* – *Abies*

Superficie aproximada: 79.25 ha

Bosque de *Quercus crassifolia*, *Q. rugosa* y *Abies religiosa* con individuos desde 2 y hasta 35 m de altura para ambos géneros, con presencia de *Ilex tolucana*; estrato arbustivo dominado por *Prunus serotina* y *Senecio angulifolius* con altura máxima promedio de 4 m.; hojarasca distribuida de manera uniforme, con espesor de materia orgánica en promedio de 5.3 cm. y en algunos sitios de hasta 10 cm, con un peso promedio de 1.15 kg/0.25 m². Se observan veredas y regeneración de *Abies*.

A continuación, se muestran los datos obtenidos al realizar el muestreo del estrato arbóreo:

Cuadro no. 20.- Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 5.

Especie arborea	Cantidad	D i á m e t r o (cm.)			TOTAL
		< 10	10 a 30	30 a 60	
<i>Abies religiosa</i>		138	0	0	138
<i>Quercus spp.</i>		8	28	14	50
<i>Pinus spp.</i>		0	0	0	0
<i>Juniperus spp.</i>		0	0	0	0
Otras especies		2	0	0	2

A continuación, se muestran los valores obtenidos en la evaluación de combustibles forestales:

Cuadro no. 21.- Peso de los combustibles forestales (ton ha⁻¹) encontrados en la unidad ecológica no. 5.

Linea	Número	Peso Combustibles Livianos			Peso Combustibles Grandes		Total
		0 - 0.6	0.6 - 2.5	2.5 - 7.5	> 7.5 Bueno	> 7.5 Podrido	
	1	4.940	8.597	0	0	0	13.537
	2	2.072	3.472	2.334	0	0	7.878
	3	1.833	1.941	0	0	0	3.774
	4	2.151	1.387	0	0	0	3.538
	5	1.992	1.664	1.212	0	0	4.868
	Sumatoria	12.988	17.061	3.546	0	0	33.595
	Promedio	2.598	3.412	0.709	0	0	6.719
	Desv. estándar	1.729	9.052	1.101	0	0	17.513

Unidad Ecológica no. 6

Roca: Andesita – Brecha volcánica andesítica

Suelo: Litosol - Cambisol húmico

Vegetación: Bosque de *Quercus* – *Pinus*

Superficie aproximada: 54.56 ha

Bosque de *Quercus crassifolia* y *Q. laurina* con *Pinus teocote* Schlecht. & Cham., con individuos de *Quercus* desde 5 y hasta 20 m. de altura, los de *Pinus* con 25 m. de alto en promedio, con presencia de *Arbutus xalapensis*; estrato arbustivo dominado por *Eupatorium glabratum* H.B.K. con altura máxima promedio de 2 m.; hojarasca distribuida de manera uniforme, con espesor de materia orgánica en promedio de 3.25 cm., y en algunos puntos se obtienen valores de hasta 7 cm de profundidad, con un peso promedio de 1.22 kg/0.25 m². Se observa el “ocoteo”, así como arbolado muerto tirado y en pie. A continuación, se muestran los datos obtenidos al realizar el muestreo del estrato arbóreo:

Cuadro no. 22.- Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 6.

Especie arborea		Diámetro (cm.)			TOTAL
		< 10	10 a 30	30 a 60	
<i>Abies religiosa</i>	Cantidad	0	0	0	0
<i>Quercus spp.</i>		32	48	3	83
<i>Pinus spp.</i>		1	8	1	10
<i>Juniperus spp.</i>		0	0	0	0
Otras especies		2	2	0	4

A continuación, se muestran los valores obtenidos en la evaluación de combustibles forestales:

Cuadro no. 23.- Peso de los combustibles forestales (ton ha⁻¹) encontrados en la unidad ecológica no. 6.

Linea	Número	Peso Combustibles Livianos			Peso Combustibles Grandes		Total
		0 - 0.6	0.6 - 2.5	2.5 - 7.5	> 7.5 Bueno	> 7.5 Podrido	
	1	0.520	2.172	0	0	0	2.693
	2	0.520	1.448	1.582	0	0	3.551
	3	0.153	1.602	0	0	0	1.756
	4	0.239	1.109	3.636	0	0	4.984
	5	0.384	2.671	0	0	0	3.054
	Sumatoria	1.816	9.003	5.218	0	0	16.038
	Promedio	0.363	1.801	1.044	0	0	3.208
	Desv. estándar	0.027	0.384	2.569	0	0	1.418

Unidad Ecológica no. 7

Roca: Andesita – Brecha volcánica andesítica

Suelo: Litosol - Cambisol húmico

Vegetación: Bosque de *Quercus* – *Abies*

Superficie aproximada: 29.7 ha.

Bosque de *Quercus laurina* y *Abies religiosa*, con individuos desde 3 y hasta 35 m de altura para ambos géneros, con presencia de *Ilex toluhana*, *Cornus disciflora* Moc. & Sessé ex. D.C. y *Quercus glabrescens* Benth; estrato arbustivo dominado por *Senecio angulifolius* con altura máxima promedio de 2 m.; hojarasca distribuida de forma discontinua, con espesor de materia orgánica de 10 cm. en promedio. Se observan caminos y veredas, así como regeneración de *Quercus* y *Abies*, principalmente de este último.

A continuación, se muestran los datos obtenidos al realizar el muestreo del estrato arbóreo:

Cuadro no. 24.- Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 7.

Especie arborea		Diámetro (cm.)			TOTAL
		< 10	10 a 30	30 a 60	
<i>Abies religiosa</i>	Cantidad	204	7	0	211
<i>Quercus spp.</i>		61	17	7	85
<i>Pinus spp.</i>		0	0	0	0
<i>Juniperus spp.</i>		0	0	0	0
Otras especies		3	4	3	10

Fotografía no. 3.- Aspecto del bosque de *Quercus* – *Abies* en la unidad ecológica no. 7



Unidad Ecológica no. 8

Roca: Andesita – Brecha volcánica andesítica

Suelo: Litosol - Cambisol húmico

Vegetación: Bosque de *Abies religiosa*

Superficie aproximada: 4.45 ha.

Bosque de *Abies religiosa* con individuos desde 7 y hasta 40 m. de altura, con presencia de *Ilex toluicana* y *Quercus laurina*; estrato arbustivo dominado por *Cestrum roseum* y *Senecio angulifolius*, con altura máxima promedio de 4 m.; hojarasca distribuida de manera discontinua, con espesor de materia orgánica de 4.15 cm en promedio, y en algunos puntos hasta de 8 cm, con un peso promedio de 0.88 kg/0.25 m². Se observa regeneración de *Abies religiosa*, así como de *Quercus laurina*. A continuación, se muestran los datos obtenidos al realizar el muestreo del estrato arbóreo:

Cuadro no. 25.- Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 8.

Especie arborea	Cantidad	Diámetro (cm.)				TOTAL
		10 a 30	30 a 60	60 a 90	> 90	
<i>Abies religiosa</i>		2	10	4	1	17
<i>Quercus spp.</i>		0	0	0	0	0
<i>Pinus spp.</i>		0	0	0	0	0
<i>Juniperus spp.</i>		0	0	0	0	0
Otras especies		0	0	0	0	0

A continuación, se muestran los valores obtenidos en la evaluación de combustibles forestales:

Cuadro no. 26.- Peso de los combustibles forestales (ton ha⁻¹) encontrados en la unidad ecológica no. 8.

Línea Número	Peso Combustibles Livianos			Peso Combustibles Grandes		Total
	0 - 0.6	0.6 - 2.5	2.5 - 7.5	> 7.5 Bueno	> 7.5 Podrido	
1	3.494	2.301	0	0	0	5.795
2	0.472	3.616	1.436	0	12.592	18.116
3	4.155	2.301	0	0	0	6.456
4	2.833	3.287	0	0	0	6.120
5	5.950	5.916	4.309	29.779	0	45.954
Sumatoria	16.905	17.420	5.746	29.779	12.592	82.442
Promedio	3.381	3.484	1.149	5.956	2.518	16.488
Desv. estándar	3.993	2.193	3.508	177.361	31.711	298.349

Unidad Ecológica no. 9

Roca: Ígnea extrusiva ácida

Suelo: Litosol - Cambisol húmico

Vegetación: Bosque de *Quercus*

Superficie aproximada: 41.15 ha.

Bosque de *Quercus laurina* y *Q. rugosa* con individuos desde 4 y hasta 12 m. de altura, con presencia de *Juniperus sp.*; estrato arbustivo dominado por *Baccharis conferta* H.B.K. y *Eupatorium glabratum*, con altura máxima promedio de 2 m.; hojarasca distribuida de manera uniforme, con espesor de materia orgánica de 7 cm aproximadamente. Se observa pastoreo y regeneración de *Abies*.

A continuación, se muestran los datos obtenidos al realizar el muestreo del estrato arbóreo:

Cuadro no. 27.- Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 9.

Especie arborea		Diámetro (cm.)			TOTAL
		< 10	10 a 30	30 a 60	
<i>Abies religiosa</i>	Cantidad	2	2	0	4
<i>Quercus spp.</i>		72	115	1	188
<i>Pinus spp.</i>		0	0	0	0
<i>Juniperus spp.</i>		0	0	0	0
Otras especies		3	1	0	4

Fotografía no. 4.- Aspecto del bosque de *Quercus* en la unidad ecológica no. 9.



Unidad Ecológica no. 10

Roca: Ígnea extrusiva ácida

Suelo: Litosol - Cambisol húmico

Vegetación: Bosque de *Quercus* - *Abies religiosa*

Superficie aproximada: 9.4 ha.

Bosque de *Quercus laurina* y *Q. Rugosa*, con individuos de *Abies religiosa* desde 8 y hasta 25 m., y de *Quercus* desde 7 y hasta 17 m. de altura, con presencia de *Arbutus xalapensis*, *Buddleia cordata* y *Quercus crassifolia*; estrato arbustivo dominado por *Comarostaphylis discolor* (Hook.) Diggs y *Senecio angulifolius*, con altura máxima promedio de 2 m.; hojarasca distribuida de manera uniforme, con espesor de materia orgánica de 3.97 en promedio, llegando en algunos puntos hasta 12 cm, con un peso promedio de 1.06 kg/0.25 m². Se observa pastoreo y regeneración de *Abies* y *Quercus*, principalmente de éste último. A continuación, se muestran los datos obtenidos al realizar el muestreo del estrato arbóreo:

Cuadro no. 28.- Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 10.

Especie arborea		D i á m e t r o (cm.)			TOTAL
		< 10	10 a 30	30 a 60	
<i>Abies religiosa</i>	Cantidad	5	1	3	9
<i>Quercus spp.</i>		43	112	0	155
<i>Pinus spp.</i>		0	0	0	0
<i>Juniperus spp.</i>		2	0	0	2
Otras especies		7	4	0	11

A continuación, se muestran los valores obtenidos en la evaluación de combustibles forestales:

Cuadro no. 29.- Peso de los combustibles forestales (ton ha⁻¹) encontrados en la unidad ecológica no. 10.

Linea	Número	Peso Combustibles Livianos			Peso Combustibles Grandes		Total
		0 - 0.6	0.6 - 2.5	2.5 - 7.5	> 7.5 Bueno	> 7.5 Podrido	
	1	5.477	3.944	5.746	0	0	15.167
	2	2.869	3.051	1.212	0	6.481	13.612
	3	7.570	4.992	9.696	8.012	0	30.270
	4	3.426	3.605	2.424	0	23.905	33.360
	5	5.179	2.496	1.212	0	15.299	24.186
	Sumatoria	24.522	18.088	20.289	8.012	45.685	116.596
	Promedio	4.904	3.618	4.058	1.602	9.137	23.319
	Desv. estándar	3.459	0.894	13.376	12.839	107.522	77.643

Unidad Ecológica no. 11

Roca: Ígnea extrusiva ácida

Suelo: Litosol - Cambisol húmico

Vegetación: Bosque de *Abies religiosa*- *Quercus*

Superficie aproximada: 15.6 ha.

Bosque de *Abies religiosa* y *Quercus laurina*, con individuos desde 15 y hasta 30 m. de altura para *Abies*, y para *Quercus* desde 15 y hasta 25 m. de alto, con presencia de *Arbutus xalapensis*; estrato arbustivo dominado por *Senecio angulifolius* con altura máxima promedio de 2 m.; hojarasca distribuida de manera discontinua, con espesor de materia orgánica de 4 cm., en promedio.

A continuación, se muestran los datos obtenidos al realizar el muestreo del estrato arbóreo:

Cuadro no. 30.- Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 11.

Especie arborea		Diámetro (cm.)			TOTAL
		< 10	10 a 30	30 a 60	
<i>Abies religiosa</i>	Cantidad	14	6	12	32
<i>Quercus spp.</i>		6	34	6	46
<i>Pinus spp.</i>		0	0	0	0
<i>Juniperus spp.</i>		0	0	0	0
Otras especies		0	0	0	0

Fotografía no. 5.- Aspecto del bosque de *Abies-Quercus* en la unidad ecológica no. 11.



Unidad Ecológica no. 12

Roca: Ígnea extrusiva ácida

Suelo: Feozem haplico - Cambisol húmico

Vegetación: Bosque de *Quercus* - *Juniperus*

Superficie aproximada: 19.45 ha.

Bosque de *Quercus rugosa*, *Q. mexicana* y *Juniperus monticola*, con individuos desde 8 y hasta 12 m. de altura para *Quercus* y de *Juniperus* con altura máxima promedio de 3 m., así como individuos de *Arbutus xalapensis* y *Pseudotsuga macrolepis* Flous., estos últimos de hasta 20 m. de alto; estrato arbustivo dominado por *Eupatorium glabratum* y *Senecio sinuatus* H.B.K., con altura máxima promedio de 2 m.; hojarasca distribuida de manera uniforme, con espesor de materia orgánica de 5.7 cm en promedio y en algunos sitios de hasta 9 cm, con un peso promedio de 0.98 kg/0.25 m². Se observan caminos y zonas de acampar en la cercanía. A continuación, se muestran los datos obtenidos al realizar el muestreo del estrato arbóreo:

Cuadro no. 31.- Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 12.

Especie arborea	Cantidad	Diámetro (cm.)			TOTAL
		< 10	10 a 30	30 a 60	
<i>Abies religiosa</i>		0	0	0	0
<i>Quercus spp.</i>		47	59	0	106
<i>Pinus spp.</i>		0	0	0	0
<i>Juniperus spp.</i>		73	2	0	75
Otras especies		12	3	1	16

A continuación, se muestran los valores obtenidos en la evaluación de combustibles forestales:

Cuadro no. 32.- Peso de los combustibles forestales (ton ha⁻¹) encontrados en la unidad ecológica no. 12.

Linea	Número	Peso Combustibles Livianos			Peso Combustibles Grandes		Total
		0 - 0.6	0.6 - 2.5	2.5 - 7.5	> 7.5 Bueno	> 7.5 Podrido	
	1	2.550	1.664	0	0	0	4.214
	2	1.116	1.109	0	0	0	2.225
	3	2.839	0	1.167	0	0	4.006
	4	1.753	0.277	0	0	0	2.030
	5	0.578	1.726	1.257	0	0	3.561
	Sumatoria	8.836	4.776	2.424	0	0	16.036
	Promedio	1.767	0.955	0.485	0	0	3.207
	Desv. estándar	0.900	0.623	0.442	0	0	1.032

Unidad Ecológica no. 15

Roca: Ígnea extrusiva ácida

Suelo: Feozem haplico - Cambisol húmico

Vegetación: Bosque de *Quercus* – *Abies*

Superficie aproximada: 66.40 ha.

Bosque de *Quercus laurina*, *Q. rugosa* y *Abies religiosa*, con individuos de *Quercus* desde 7 y hasta 12 m. de altura, *Abies* desde 3 y hasta 30 m. de alto, con presencia de *Arbutus xalapensis* y *Juniperus sp.*, con 4 m. de altura promedio para este último; estrato arbustivo dominado por *Baccharis conferta*, *Eupatorium glabratum* y *Symphoricarpos microphyllus* H.B.K., con altura máxima promedio de 3 m.; hojarasca distribuida de manera discontinua, con espesor de materia orgánica de aproximadamente 6 cm. A continuación, se muestran los datos obtenidos al realizar el muestreo del estrato arbóreo:

Cuadro no. 33.- Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 15.

Especie arborea		Diámetro (cm.)					TOTAL
		< 10	10 a 30	30 a 60	60 a 90	> 90	
<i>Abies religiosa</i>	Cantidad	102	6	2	1	2	113
<i>Quercus spp.</i>		42	31	3	0	0	76
<i>Pinus spp.</i>		0	0	0	0	0	0
<i>Juniperus spp.</i>		119	5	0	0	0	124
Otras especies		1	0	0	0	0	1

Fotografía no. 6.- Aspecto del bosque de *Quercus-Abies* en la unidad ecológica no. 15.



Unidad Ecológica no. 17

Roca: Ígnea extrusiva ácida

Suelo: Feozem haplico - Cambisol húmico

Vegetación: Bosque de *Abies religiosa* - *Juniperus*

Superficie aproximada: 128.85 ha.

Bosque de *Abies religiosa* y *Juniperus sp.* con individuos desde 5 y hasta 40 m. de alto para *Abies*, y para *Juniperus* individuos de 3.5 m. de alto en promedio; estrato arbustivo dominado por *Baccharis conferta*, *Eupatorium hidalgense* y *Symphoricarpos microphyllus* con altura máxima promedio de 1.3 m.; hojarasca escasa, con espesor de materia orgánica de 6.35 cm. en promedio y encontrándose valores de hasta 10 cm. en algunos sitios, con un peso promedio de 1.31 kg/0.25 m². Se observan veredas y regeneración de *Abies*. A continuación, se muestran los datos obtenidos al realizar el muestreo del estrato arbóreo:

Cuadro no. 34.- Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 17.

Especie arborea	Cantidad	Diámetro (cm.)					TOTAL
		< 10	10 a 30	30 a 60	60 a 90	> 90	
<i>Abies religiosa</i>		71	3	4	5	2	85
<i>Quercus spp.</i>		0	0	0	0	0	0
<i>Pinus spp.</i>		0	0	0	0	0	0
<i>Juniperus spp.</i>		52	1	0	0	0	53
Otras especies		0	0	0	0	0	0

A continuación, se muestran los valores obtenidos en la evaluación de combustibles forestales:

Cuadro no. 35.- Peso de los combustibles forestales encontrados (ton ha⁻¹) en la unidad ecológica no. 17.

Línea	Número	Peso Combustibles Livianos			Peso Combustibles Grandes		Total
		0 - 0.6	0.6 - 2.5	2.5 - 7.5	> 7.5 Bueno	> 7.5 Podrido	
	1	3.760	1.335	0	0	13.530	18.625
	2	4.214	2.588	1.257	0	0	8.060
	3	4.297	4.889	0	0	0	9.186
	4	5.578	3.328	0	0	1.700	10.606
	5	3.267	4.437	0	0	0	7.704
	Sumatoria	21.116	16.578	1.257	0	15.230	54.181
	Promedio	4.223	3.316	0.251	0	3.046	10.836
	Desv. estándar	0.742	2.046	0.316	0	34.892	20.242

Unidad Ecológica no. 18

Roca: Ígnea extrusiva ácida

Suelo: Cambisol húmico – Feozem haplico

Vegetación: Bosquete de *Juniperus*

Superficie aproximada: 24.65 ha.

Bosquete de *Juniperus monticola* con altura máxima promedio de 3 m., con presencia de *Arbutus xalapensis* y *Pinus sp.*, rodeado de bosque de *Abies religiosa* de aproximadamente 25 m. de alto; no existe un estrato arbustivo como tal, pero en la zona domina *Baccharis conferta* y *Ribes affine*; capa de musgo de aproximadamente 1 cm. de espesor. Hacia el interior del bosquete se observa poco material leñoso, incrementándose ligeramente a la orilla del camino que atraviesa la zona.

Fotografía no. 7.- Aspecto del bosque de *Juniperus* en la unidad ecológica no. 18



Unidad Ecológica no. 19

Roca: Ígnea extrusiva ácida

Suelo: Cambisol húmico – Feozem haplico

Vegetación: Bosque de *Abies religiosa* - *Juniperus*

Superficie aproximada: 115.40 ha.

Bosque de *Abies religiosa* y *Juniperus monticola*, con individuos desde 8 y hasta 40 m. de altura para *Abies* y de hasta 3 m. para *Juniperus*; estrato arbustivo dominado por *Senecio angulifolius*, con una altura máxima promedio de 3 m.; hojarasca distribuida de manera casi uniforme, con espesor de materia orgánica de 4.95 cm. en promedio, con valores de hasta 9 cm. en algunos sitios, con un peso promedio de 1.67 kg/0.25 m².

A continuación, se muestran los datos obtenidos al realizar el muestreo del estrato arbóreo:

Cuadro no. 36.- Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 19.

Especie arborea		Diámetro (cm.)					TOTAL
		< 10	10 a 30	30 a 60	60 a 90	> 90	
<i>Abies religiosa</i>	Cantidad	20	17	12	2	1	52
<i>Quercus spp.</i>		0	0	0	0	0	0
<i>Pinus spp.</i>		0	0	0	0	0	0
<i>Juniperus spp.</i>		40	0	0	0	0	40
Otras especies		3	0	0	0	0	3

A continuación, se muestran los valores obtenidos en la evaluación de combustibles forestales:

Cuadro no. 37.- Peso de los combustibles forestales (ton ha⁻¹) encontrados en la unidad ecológica no. 19.

Línea	Número	Peso Combustibles Livianos			Peso Combustibles Grandes		Total
		0 - 0.6	0.6 - 2.5	2.5 - 7.5	> 7.5 Bueno	> 7.5 Podrido	
	1	7.903	5.875	5.835	37.806	6.548	63.967
	2	7.968	5.824	2.424	0	0	16.216
	3	1.594	7.765	12.120	36.023	97.983	155.485
	4	10.279	4.992	2.424	0	34.529	52.224
	5	11.663	8.279	3.501	0	0	23.443
	Sumatoria	39.408	32.735	26.304	73.829	139.060	311.336
	Promedio	7.882	6.547	5.261	14.766	27.812	62.267
	Desv. estándar	14.899	1.969	16.642	409.196	1742.084	3105.320

Unidad Ecológica no. 20

Roca: Ígnea extrusiva ácida

Suelo: Cambisol húmico – Feozem haplico

Vegetación: Bosque de *Pinus*

Superficie aproximada: 59.50 ha.

Bosque de *Pinus patula* con individuos desde 15 y hasta 30 m. de altura, con presencia de *Abies religiosa*, desde 2 y hasta 20 m. de alto; estrato arbustivo dominado por *Prunus serotina*, *Eupatorium glabratum* y *Ribes affine* con altura máxima promedio de 2 m.; hojarasca distribuida de manera uniforme, con espesor de materia orgánica en promedio de 13.8 cm. y en algunos sitios valores de hasta 18 cm, con un peso promedio de 1.87 kg/0.25 m². se observa pastoreo y regeneración de *Abies*. A continuación, se muestran los datos obtenidos al realizar el muestreo del estrato arbóreo:

Cuadro no. 38.- Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 20.

Especie arborea	Cantidad	Diámetro (cm.)			TOTAL
		< 10	10 a 30	30 a 60	
<i>Abies religiosa</i>		80	8	0	88
<i>Quercus spp.</i>		0	0	0	0
<i>Pinus spp.</i>		0	9	38	47
<i>Juniperus spp.</i>		0	0	0	0
Otras especies		0	0	0	0

A continuación, se muestran los valores obtenidos en la evaluación de combustibles forestales:

Cuadro no. 39.- Peso de los combustibles forestales (ton ha⁻¹) encontrados en la unidad ecológica no. 20.

Linea	Número	Peso Combustibles Livianos			Peso Combustibles Grandes		Total
		0 - 0.6	0.6 - 2.5	2.5 - 7.5	> 7.5 Bueno	> 7.5 Podrido	
	1	0.753	3.405	3.434	0	0	7.591
	2	1.204	2.357	8.012	0	0	11.574
	3	2.559	3.405	4.579	56.693	0	67.235
	4	2.258	4.453	4.579	0	8.128	19.417
	5	2.634	7.334	10.302	174.830	0	195.099
	Sumatoria	9.407	20.954	30.905	231.522	8.128	300.916
	Promedio	1.881	4.191	6.181	46.304	1.626	60.183
	Desv. estándar	0.725	3.636	8.254	5764.737	13.212	6260.678

Unidad Ecológica no. 21

Roca: Ígnea extrusiva ácida

Suelo: Cambisol húmico – Feozem haplico

Vegetación: Bosque de *Abies religiosa* – *Quercus*

Superficie aproximada: 35.45 ha.

Bosque de *Abies religiosa* y *Quercus laurina*, con individuos de *Abies* desde 10 y hasta 25 m. de altura, y para *Quercus* hasta 1.5 m., con presencia de *Arbutus xalapensis* y *Juniperus monticola*; estrato arbustivo dominado por *Baccharis multiflora* H.B.K., *Eupatorium hidalgense* y *Fuchsia thymifolia* H.B.K. con altura máxima promedio de 2 m.; hojarasca distribuida de forma discontinua, con espesor de materia orgánica en promedio de 4.05 cm. y en algunos sitios de hasta 10 cm, con un peso promedio de 1.40 kg/0.25 m². A continuación, se muestran los datos obtenidos al realizar el muestreo del estrato arbóreo:

Cuadro no. 40.- Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 21.

Especie arborea	Cantidad	Diámetro (cm.)			TOTAL
		< 10	10 a 30	30 a 60	
<i>Abies religiosa</i>		10	14	13	37
<i>Quercus spp.</i>		8	0	0	8
<i>Pinus spp.</i>		0	0	0	0
<i>Juniperus spp.</i>		0	0	0	0
Otras especies		0	0	0	0

A continuación, se muestran los valores obtenidos en la evaluación de combustibles forestales:

Cuadro no. 41.- Peso de los combustibles forestales (ton ha⁻¹) encontrados en la unidad ecológica no. 21.

Línea	Número	Peso Combustibles Livianos			Peso Combustibles Grandes		Total
		0 - 0.6	0.6 - 2.5	2.5 - 7.5	> 7.5 Bueno	> 7.5 Podrido	
	1	4.892	2.095	2.289	0	62.713	71.990
	2	5.117	3.929	1.145	0	30.730	40.920
	3	4.741	2.619	1.145	21.914	15.678	46.098
	4	3.387	2.095	3.434	0	0	8.916
	5	4.139	2.357	1.145	0	22.577	30.218
	Sumatoria	22.276	13.096	9.157	21.914	131.698	198.141
	Promedio	4.455	2.619	1.831	4.383	26.340	39.628
	Desv. estándar	0.488	0.583	1.048	96.045	540.975	530.651

Unidad Ecológica no. 22

Roca: Ígnea extrusiva ácida

Suelo: Cambisol húmico – Feozem haplico

Vegetación: Bosque de *Quercus* – *Abies*

Superficie aproximada: 166.80 ha.

Bosque de *Quercus laurina*, *Q. Crassifolia* y *Abies religiosa* con individuos desde 10 y hasta 25 m. de altura para *Quercus*, mientras que para *Abies* desde los 15 y hasta 40 m. de alto, con presencia de *Arbutus xalapensis* y *Juniperus monticola*; estrato arbustivo dominado por *Fuchsia thymifolia*; *Prunus serotina* y *Senecio angulifolius* con altura máxima promedio de 1.5 m.; hojarasca distribuida de manera uniforme, con profundidad de materia orgánica de hasta 15 cm.

A continuación, se muestran los datos obtenidos al realizar el muestreo del estrato arbóreo:

Cuadro no. 42.- Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 22

Especie arborea		D i á m e t r o (cm.)				TOTAL
		< 10	10 a 30	30 a 60	60 a 90	
<i>Abies religiosa</i>	Cantidad	0	5	11	4	20
<i>Quercus spp.</i>		9	9	2	0	20
<i>Pinus spp.</i>		0	0	0	0	0
<i>Juniperus spp.</i>		0	0	0	0	0
Otras especies		3	0	0	0	3

Fotografía no. 8.- Aspecto del bosque de *Quercus* – *Abies* en la unidad ecológica no. 22.



Unidad Ecológica no. 23

Roca: Ígnea extrusiva ácida

Suelo: Cambisol húmico – Feozem haplico

Vegetación: Bosque de *Quercus*

Superficie aproximada: 67.10 ha.

Bosque de *Quercus rugosa* con individuos desde 3 y hasta 12 m. de altura, con presencia de *Arbutus xalapensis* y *Juniperus* sp.; estrato arbustivo dominado por *Eupatorium glabratum*, *Senecio sinuatus* y *Symphoricarpos microphyllus* con altura máxima promedio de 2 m.; hojarasca distribuida de manera uniforme, con espesor de materia orgánica en promedio de 5.72 cm. y con valores de hasta 10 cm, con un peso promedio de 0.77 kg/0.25 m². en algunos sitios. Se observan veredas. A continuación, se muestran los datos obtenidos al realizar el muestreo del estrato arbóreo:

Cuadro no. 43.- Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 23

Especie arborea		Diámetro (cm.)		
		< 10	10 a 30	TOTAL
<i>Abies religiosa</i>	Cantidad	0	0	0
<i>Quercus spp.</i>		95	75	170
<i>Pinus spp.</i>		0	0	0
<i>Juniperus spp.</i>		6	1	7
Otras especies		3	0	3

A continuación, se muestran los valores obtenidos en la evaluación de combustibles forestales:

Cuadro no. 44.- Peso de los combustibles forestales (ton ha⁻¹) encontrados en la unidad ecológica no. 23.

Linea	Número	Peso Combustibles Livianos			Peso Combustibles Grandes		Total
		0 - 0.6	0.6 - 2.5	2.5 - 7.5	> 7.5 Bueno	> 7.5 Podrido	
	1	1.129	1.310	0	8.384	0	10.823
	2	1.434	2.496	0	0	0	3.930
	3	2.709	2.619	0	0	0	5.328
	4	1.107	1.027	0	0	61.484	63.618
	5	1.918	1.027	2.244	0	0	5.190
	Sumatoria	8.297	8.479	2.244	8.384	61.484	88.889
	Promedio	1.659	1.696	0.449	1.677	12.297	17.778
	Desv. estándar	0.452	0.634	1.007	14.059	756.050	663.715

Unidad Ecológica no. 24

Roca: Ígnea extrusiva ácida

Suelo: Cambisol húmico – Feozem haplico

Vegetación: Bosque de *Quercus* – *Abies religiosa*

Superficie aproximada: 148.25 ha.

Bosque de *Quercus crassifolia*, *Q. laurina* y *Abies religiosa*, con individuos de *Quercus* desde 5 y hasta los 12 m. de alto, mientras que para *Abies* desde 5 y hasta 25 m. de altura, con presencia de *Cornus disciflora*; estrato arbustivo dominado por *Baccharis conferta* y *Eupatorium glabratum* con altura máxima aproximada de 1.5 m.; hojarasca distribuida de manera discontinua, con profundidad de materia orgánica 2.5 aproximadamente.

A continuación, se muestran los datos obtenidos al realizar el muestreo del estrato arbóreo:

Cuadro no. 45.- Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 24.

Especie arborea		Diámetro (cm.)			TOTAL
		< 10	10 a 30	30 a 60	
<i>Abies religiosa</i>	Cantidad	12	24	1	37
<i>Quercus spp.</i>		32	32	0	64
<i>Pinus spp.</i>		0	0	0	0
<i>Juniperus spp.</i>		0	0	0	0
Otras especies		0	0	0	0

Fotografía no. 9.- Aspecto del bosque de *Quercus* - *Abies* en la unidad ecológica no. 24



Unidad Ecológica no. 25

Roca: Ígnea extrusiva ácida

Suelo: Cambisol húmico – Feozem haplico

Vegetación: Bosque de *Abies religiosa*

Superficie aproximada: 1,245.65 ha.

Sitio no. 1

Bosque de *Abies religiosa* afectado por incendio superficial en el año de 1998, con individuos desde 8 y hasta 25 m. de altura, y presencia de *Arbutus xalapensis* y *Quercus laurina*; estrato arbustivo dominado por *Eupatorium hidalgense* y *Symphoricarpos microphyllus* con altura máxima promedio de 2 m.; hojarasca escasa y distribuida de manera discontinua, con espesor de materia orgánica de aproximadamente 1 cm.

A continuación, se muestran los datos obtenidos al realizar el muestreo del estrato arbóreo:

Cuadro no. 46.- Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 25(1).

Especie arborea	Cantidad	D i á m e t r o (cm.)				TOTAL
		< 10	10 a 30	30 a 60	60 a 90	
<i>Abies religiosa</i>		33	43	11	2	89
<i>Quercus spp.</i>		1	2	1	0	4
<i>Pinus spp.</i>		0	0	0	0	0
<i>Juniperus spp.</i>		6	0	0	0	6
Otras especies		1	0	0	0	1

Unidad Ecológica no. 25

Roca: Ígnea extrusiva ácida

Suelo: Cambisol húmico – Feozem haplico

Vegetación: Bosque de *Abies religiosa*

Sitio no. 2

Bosque de *Abies religiosa* afectado por incendio de copa moderado durante el año de 1998, con individuos desde los 20 y hasta 35 m. de altura en su mayoría muertos, con presencia de *Arbutus xalapensis* y *Quercus laurina*; estrato arbustivo dominado por *Eupatorium hidalgense*, *Ribes affine* y *Senecio angulifolius*, altura máxima promedio de 2.5 m.; hojarasca escasa y distribuida de manera discontinua, con profundidad de materia orgánica de 3.07 en promedio y en algunos sitios valores de hasta 9 cm, con un peso promedio de 1.14 kg/0.25 m². Se observa regeneración de *Abies*. A continuación, se muestran los datos obtenidos al realizar el muestreo del estrato arbóreo:

Cuadro no. 47.- Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 25(2).

Especie arborea		D i á m e t r o (cm.)		
		10 a 30	60 a 90	TOTAL
<i>Abies religiosa</i>		35	9	44
<i>Quercus spp.</i>	Cantidad	0	0	0
<i>Pinus spp.</i>		0	0	0
<i>Juniperus spp.</i>		0	0	0
Otras especies		0	0	0

A continuación, se muestran los valores obtenidos en la evaluación de combustibles forestales, donde solamente en este punto se realizaron 4 líneas:

Cuadro no. 48.- Peso de los combustibles forestales (ton ha⁻¹) encontrados en la unidad ecológica no. 25(2).

Linea	Número	Peso Combustibles Livianos			Peso Combustibles Grandes		Total
		0 - 0.6	0.6 - 2.5	2.5 - 7.5	> 7.5 Bueno	> 7.5 Podrido	
	1	17.043	7.704	10.100	20.001	0	54.847
	2	6.345	6.163	0	43.028	9.837	65.374
	3	9.444	3.338	3.367	10.713	15.371	42.232
	4	7.750	5.341	1.167	0	0	14.258
	Sumatoria	40.582	22.546	14.633	73.742	25.208	176.711
	Promedio	10.146	5.636	3.658	18.435	6.302	44.178
	Desv. estándar	22.751	3.306	20.389	335.591	58.058	487.361

Unidad Ecológica no. 25

Roca: Ígnea extrusiva ácida

Suelo: Cambisol húmico – Feozem haplico

Vegetación: Bosque de *Abies religiosa*

Sitio no. 3

Bosque de *Abies religiosa* afectado por incendio de tipo severo, con individuos desde 15 y hasta los 30 m. de altura, todos muertos, con presencia de *Juniperus monticola* y *Cupressus lusitanica* Mill.; estrato arbustivo dominado por *Baccharis conferta*, *Ribes affine* y *Senecio angulifolius* con altura máxima promedio de 2 m.; hojarasca escasa y distribuida de manera discontinua, con profundidad de materia orgánica de 4 cm., aproximadamente.

A continuación, se muestran los datos obtenidos al realizar el muestreo del estrato arbóreo:

Cuadro no. 49.- Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 25(3).

Especie arborea	Cantidad	Diámetro (cm.)			TOTAL
		< 10	10 a 30	30 a 60	
<i>Abies religiosa</i>		19	8	16	43
<i>Quercus spp.</i>		0	0	0	0
<i>Pinus spp.</i>		0	0	0	0
<i>Juniperus spp.</i>		4	0	0	4
Otras especies		0	0	0	0

Fotografía no. 10.- Aspecto del bosque de *Abies* en la unidad ecológica no. 25(3).



Unidad Ecológica no. 25

Roca: Ígnea extrusiva ácida

Suelo: Cambisol húmico – Feozem haplico

Vegetación: Bosque de *Abies religiosa*

Sitio no. 4

Bosque de *Abies religiosa*, con individuos de 20 m. de altura en promedio, en su mayoría muertos, con presencia de *Arbutus xalapensis*, *Juniperus sp.* y *Quercus laurina*; estrato arbustivo dominado por *Ribes affine* y *Senecio angulifolius* con altura máxima aproximada de 2.5 m.; hojarasca escasa y distribuida de forma discontinua, con espesor de materia orgánica de 5 cm., aproximadamente.

A continuación, se muestran los datos obtenidos al realizar el muestreo del estrato arbóreo:

Cuadro no. 50.- Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 25(4).

Especie arborea		Diámetro (cm.)			TOTAL
		< 10	10 a 30	30 a 60	
<i>Abies religiosa</i>	Cantidad	0	41	0	41
<i>Quercus spp.</i>		0	2	1	3
<i>Pinus spp.</i>		0	0	0	0
<i>Juniperus spp.</i>		13	0	0	13
Otras especies		0	0	0	0

Fotografía no. 11.- Aspecto del bosque de *Abies* en la unidad ecológica no. 25(4).



Unidad Ecológica no. 25

Roca: Ígnea extrusiva ácida

Suelo: Cambisol húmico – Feozem haplico

Vegetación: Bosque de *Abies religiosa*

Sitio no. 5

Bosque de *Abies religiosa*, afectado hace aproximadamente 47 años por incendio forestal de copa moderado, con individuos desde 2 y hasta 30 m. de altura, con presencia de *Arbutus xalapensis*, *Juniperus sp.* y *Quercus laurina*; estrato arbustivo dominado por *Senecio angulifolius*, con altura máxima aproximada de 2 m.; hojarasca escasa y distribuida de manera discontinua, con profundidad de materia orgánica de 4.57 cm. en promedio y en algunos sitios con valores de hasta 7 cm, con un peso promedio de 1.96 kg/0.25 m². Se observan veredas y regeneración de *Abies*. A continuación, se muestran los datos obtenidos al realizar el muestreo del estrato arbóreo:

Cuadro no. 51.- Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 25(5).

Especie arborea	Cantidad	Diámetro (cm.)			TOTAL
		< 10	10 a 30	30 a 60	
<i>Abies religiosa</i>		132	16	4	152
<i>Quercus spp.</i>		5	1	0	6
<i>Pinus spp.</i>		0	0	0	0
<i>Juniperus spp.</i>		63	0	0	63
Otras especies		14	0	0	14

A continuación, se muestran los valores obtenidos en la evaluación de combustibles forestales:

Cuadro no. 52.- Peso de los combustibles forestales (ton ha⁻¹) encontrados en la unidad ecológica no. 25(5).

Línea Número	Peso Combustibles Livianos			Peso Combustibles Grandes		Total
	0 - 0.6	0.6 - 2.5	2.5 - 7.5	> 7.5 Bueno	> 7.5 Podrido	
1	1.204	1.048	3.434	29.814	9.733	45.233
2	0.767	0.267	0	56.323	26.114	83.471
3	1.476	1.284	1.122	20.060	19.011	42.953
4	1.279	0.786	2.289	32.962	49.418	86.735
5	3.387	3.667	0	0	63.842	70.896
Sumatoria	8.113	7.051	6.845	139.159	168.119	329.288
Promedio	1.623	1.410	1.369	27.832	33.624	65.858
Desv. estándar	1.039	1.734	2.230	419.248	500.829	430.373

Unidad Ecológica no. 25

Roca: Ígnea extrusiva ácida

Suelo: Cambisol húmico – Feozem haplico

Vegetación: Bosque de *Abies religiosa*

Sitio no. 6

Bosque de *Abies religiosa* con individuos desde 15 y hasta 40 m., con presencia de *Prunus serotina*; estrato arbustivo dominado por *Ribes affine* y *Senecio angulifolius* con altura máxima promedio de 2 m.; hojarasca escasa y distribuida de manera discontinua, con profundidad de materia orgánica de 3 cm., en promedio.

A continuación, se muestran los datos obtenidos al realizar el muestreo del estrato arbóreo:

Cuadro no. 53.- Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 25(6).

Especie arborea		D i á m e t r o (cm.)				TOTAL
		10 a 30	30 a 60	60 a 90	> 90	
<i>Abies religiosa</i>		4	11	5	3	23
<i>Quercus spp.</i>	Cantidad	0	0	0	0	0
<i>Pinus spp.</i>		0	0	0	0	0
<i>Juniperus spp.</i>		0	0	0	0	0
Otras especies		0	0	0	0	0

Unidad Ecológica no. 25

Roca: Ígnea extrusiva ácida

Suelo: Cambisol húmico – Feozem haplico

Vegetación: Bosque de *Abies religiosa*

Sitio no. 7

Bosque de *Abies religiosa* con individuos desde 15 y hasta 30 m. de altura, con presencia de *Buddleia cordata*, *Juniperus monticola* y *Quercus laurina*; estrato arbustivo dominado por *Baccharis conferta* y *Senecio angulifolius*, con altura máxima promedio de 2 m.; hojarasca escasa y distribuida de forma discontinua, con espesor de materia orgánica de 3 cm., aproximadamente.

A continuación, se muestran los datos obtenidos al realizar el muestreo del estrato arbóreo:

Cuadro no. 54.- Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 25(7).

Especie arborea		Diámetro (cm.)				TOTAL
		< 10	10 a 30	30 a 60	60 a 90	
<i>Abies religiosa</i>	Cantidad	65	1	4	17	87
<i>Quercus spp.</i>		0	1	0	0	1
<i>Pinus spp.</i>		0	0	0	0	0
<i>Juniperus spp.</i>		0	0	0	0	0
Otras especies		0	0	0	0	0

Unidad Ecológica no. 25

Roca: Ígnea extrusiva ácida

Suelo: Cambisol húmico – Feozem haplico

Vegetación: Bosque de *Abies religiosa*

Sitio no. 8

Bosque de *Abies religiosa* con individuos desde 30 y hasta 40 m. de altura, con presencia de *Arbutus xalapensis*, *Prunus serotina* y *Quercus sp.*; estrato arbustivo dominado por *Senecio angulifolius* y *Ribes affine* con altura máxima aproximada de 2.5 m.; hojarasca escasa y distribuida de forma discontinua, con profundidad de materia orgánica de 3.74 en promedio y en algunas puntos de hasta 9.5 , con un peso promedio de 1.11 kg/0.25 m². A continuación, se muestran los datos obtenidos al realizar el muestreo del estrato arbóreo:

Cuadro no. 55.- Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 25(8).

Especie arborea		Diámetro (cm.)			TOTAL
		10 a 30	30 a 60	60 a 90	
<i>Abies religiosa</i>	Cantidad	0	2	7	9
<i>Quercus spp.</i>		4	0	0	4
<i>Pinus spp.</i>		0	0	0	0
<i>Juniperus spp.</i>		0	0	0	0
Otras especies		0	0	0	0

A continuación, se muestran los valores obtenidos en la evaluación de combustibles forestales:

Cuadro no. 56.- Peso de los combustibles forestales (ton ha⁻¹) encontrados en la unidad ecológica no. 25(8).

Linea	Número	Peso Combustibles Livianos			Peso Combustibles Grandes		Total
		0 - 0.6	0.6 - 2.5	2.5 - 7.5	> 7.5 Bueno	> 7.5 Podrido	
	1	6.322	4.191	4.579	0	0	15.091
	2	6.096	6.548	1.145	0	0	13.788
	3	8.353	4.191	1.145	3.662	0	17.351
	4	4.816	3.143	6.868	0	125.427	140.254
	5	5.795	4.453	1.145	1.937	16.933	30.262
	Sumatoria	31.382	22.525	14.880	5.600	142.359	216.746
	Promedio	6.276	4.505	2.976	1.120	28.472	43.349
	Desv. estándar	1.678	1.557	6.944	2.724	2,991.340	2,977.528

Unidad Ecológica no. 25

Roca: Ígnea extrusiva ácida

Suelo: Cambisol húmico – Feozem haplico

Vegetación: Bosque de *Abies religiosa*

Sitio no. 9

Bosque de *Abies religiosa* con individuos desde 14 y hasta 30 m. de altura; estrato arbustivo dominado por *Ribes affine*, *Senecio angulifolius* y *Symphoricarpos microphyllus* con altura máxima promedio de 2 m.; hojarasca escasa y distribuida de forma continua, con profundidad de materia orgánica de 3.62 en promedio, y en algunos sitios con valores de hasta 5 cm, con un peso promedio de 1.14 kg/0.25 m².. Se observa regeneración de *Abies*. A continuación, se muestran los datos obtenidos al realizar el muestreo del estrato arbóreo:

Cuadro no. 57.- Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 25(9).

Especie arborea	Cantidad	D i á m e t r o (cm.)				TOTAL	
		< 10	10 a 30	30 a 60	60 a 90		> 90
<i>Abies religiosa</i>		56	11	3	4	3	77
<i>Quercus spp.</i>		0	0	0	0	0	0
<i>Pinus spp.</i>		0	0	0	0	0	0
<i>Juniperus spp.</i>		3	0	0	0	0	3
Otras especies		0	0	0	0	0	0

A continuación, se muestran los valores obtenidos en la evaluación de combustibles forestales:

Cuadro no. 58.- Peso de los combustibles forestales (ton ha⁻¹) encontrados en la unidad ecológica no. 25(9).

Linea	Número	Peso Combustibles Livianos			Peso Combustibles Grandes		Total
		0 - 0.6	0.6 - 2.5	2.5 - 7.5	> 7.5 Bueno	> 7.5 Podrido	
	1	6.345	3.852	4.489	0	0	14.686
	2	4.279	3.852	1.122	0	0	9.253
	3	9.887	4.622	0.000	0	0	14.509
	4	3.910	4.622	3.367	0	0	11.899
	5	4.591	2.357	0.000	0	0	6.948
	Sumatoria	29.012	19.305	8.978	0	0	57.295
	Promedio	5.802	3.861	1.796	0	0	11.459
	Desv. estándar	6.086	0.855	4.156	0	0	11.280

Unidad Ecológica no. 25

Roca: Ígnea extrusiva ácida

Suelo: Cambisol húmico – Feozem haplico

Vegetación: Bosque de *Abies religiosa*

Sitio no. 10

Bosque de *Abies religiosa* con individuos desde 25 y hasta 40 m. de altura, con presencia de *Arbutus xalapensis*, *Ilex toluicana*, *Quercus crassifolia* y *Quercus laurina*; estrato arbustivo dominado por *Monnina ciliolata* y *Senecio angulifolius*, con altura máxima promedio de 1 m.; hojarasca escasa y distribuida de manera discontinua, con espesor de materia orgánica de 2 cm., aproximadamente. Se observa regeneración de *Quercus*.

A continuación, se muestran los datos obtenidos al realizar el muestreo del estrato arbóreo:

Cuadro no. 59.- Densidad del arbolado encontrado en la unidad ecológica no. 25(10).

Especie arborea		D i á m e t r o (cm.)					TOTAL
		< 10	10 a 30	30 a 60	60 a 90	> 90	
<i>Abies religiosa</i>		0	2	10	5	1	18
<i>Quercus spp.</i>	Cantidad	83	0	0	0	0	83
<i>Pinus spp.</i>		0	0	0	0	0	0
<i>Juniperus spp.</i>		1	0	0	0	0	1
Otras especies		0	0	0	0	0	0

Fotografía no. 12.- Aspecto del bosque de *Abies* en la unidad ecológica no. 25(10).



Unidad Ecológica no. 13

Roca: Riolita – Toba riolitica

Suelo: Feozem haplico - Cambisol húmico

Vegetación: Bosque de *Cupressus*

Superficie aproximada: 23.25 ha.

Unidad Ecológica no. 14

Roca: Riolita – Toba riolitica

Suelo: Feozem haplico - Cambisol húmico

Vegetación: Bosque de *Quercus* – *Abies*

Superficie aproximada: 35.65 ha.

Unidad Ecológica no. 16

Roca: Ígnea extrusiva ácida

Suelo: Feozem haplico - Cambisol húmico

Vegetación: Bosque de *Cupressus* – *Abies*

Superficie aproximada: 7.10 ha.

Para las Unidades Ecológicas no. 13, 14 y 16 no fue posible realizar los muestreos programados, ya que no se permitió efectuar los mismos por personal de la presa del Cedral y por gente que vive cerca de las unidades 13 y 14, argumentando que no eran necesarios los datos que se obtendrían de los muestreos.

Por lo tanto, para la elaboración del mapa de riesgos de incendios forestales, los valores de combustibles forestales a utilizar en la definición del nivel de riesgo para las unidades 13, 14 y 16 serán los mínimos. Se recomienda realizar los muestreos pertinentes para ajustar el mapa de riesgos en caso de que así se requiera.

A continuación se muestra el concentrado de valores promedio de los combustibles forestales evaluados:

Cuadro no. 60.- Peso promedio de combustibles forestales en el Parque Nacional El Chico.

Unidad Ecológica	Tipo de Vegetación	Peso (ton ha ⁻¹)				Total (Ton./ha.)	Materia orgánica	
		Diámetro comb. forestales (cm.)					Peso (Kg. / 0,25 m ²)	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	1.69	4.35
8		3.381	3.484	1.149	8.474	16.488	0.88	4.15
25 (2)		10.146	5,636	3,658	24.737	9.329	1.14	3.07
25 (5)		1.623	1.410	1.369	61.456	65.858	1.96	4.57
25 (8)		6.276	4.505	2.976	29.592	43.349	1.11	3.74
25 (9)		5.802	3.861	1.796	0	11.459	1.14	3.62
1	<i>Quercus</i>	3.759	3.289	4.237	0.327	11.612	1.73	4.95
23		1.659	1.696	0.449	13.974	17.778	0.77	5.72
20	<i>Pinus</i>	1.881	4.191	6.181	47.93	60.183	1.87	13.8
21	<i>Abies religiosa - Quercus</i>	4.455	2.619	1.831	30.722	39.628	1.40	4.05
17	<i>Abies religiosa - Juniperus</i>	4.223	3.316	0.251	3.046	10.836	1.31	6.35
19		7.882	6.547	5.261	42.578	62.268	1.67	4.95
2	<i>Quercus - Abies religiosa</i>	1.877	2.695	5.048	45.588	55.208	1.55	9.4
5		2.598	3.412	0.709	0	6.719	1.15	5.3
10		4.904	3.618	4.058	10.739	23.319	1.06	3.97
6	<i>Quercus - Pinus</i>	0.363	1.801	1.044	0	3.208	1.22	3.25
12	<i>Quercus - Juniperus</i>	1.767	0.955	0.485	0	3.207	0.98	5.7

Mapa de riesgos de incendio forestal.

Para generar la escala que proporcionó el nivel de riesgo a cada unidad ecológica, y dado que son 6 parámetros los utilizados en esta etapa, se definió que cuando una unidad ecológica presentara la mitad de los parámetros con un nivel inmediato superior, ésta deberá de incrementar su nivel de riesgo.

Por lo tanto, si una unidad ecológica presentó los seis parámetros con un indicador de riesgo bajo (valor = 1), entonces su nivel de riesgo total fue bajo y presentó un valor total igual a 6; pero si esta presentó la mitad de los parámetros con un indicador de riesgo bajo y la otra mitad con un indicador de riesgo medio, entonces su nivel de riesgo total fue medio y presentó un valor total igual a 12; así mismo, si una unidad presentó la mitad de los parámetros con un indicador de riesgo medio y la otra mitad con un indicador de riesgo alto, entonces su nivel de riesgo fue alto y presentó un valor total igual a 36.

A continuación se ejemplifica como se obtuvieron los valores de la escala utilizada:

Cuadro No. 61.- Obtención de los valores de la escala utilizados para definir el nivel de riesgo.

Nivel de riesgo	No. de parámetros	Indicador de riesgo	Valor del parámetro	Valor parcial	Valor total
Bajo	6	bajo	1	6 x 1	6
Medio	3	Bajo	1	3 x 1	12
	3	Medio	3	3 x 3	
Alto	3	Medio	3	3 x 3	36
	3	Alto	9	3 x 9	

De lo anterior, se desprende la siguiente escala de riesgo de incendio forestal, con la cual se definió el nivel de riesgo de cada unidad ecológica, con base en el valor total de los parámetros tomados en cuenta.

Cuadro No. 62.- Escala de riesgo de incendio forestal para cada unidad ecológica.

Nivel de riesgo	Valor de riesgo de incendio forestal
Bajo	6 – 11
Medio	12 – 35
Alto	36 – 54

Cabe mencionar, que al sobreponer los mapas de Zonificación y el de Fogatas del Parque, se observaron áreas coincidentes en las actividades que representan un alto potencial de que se presente un incendio forestal, es decir, en la zona de uso público y en la mayoría de las zonas donde se permiten las fogatas a los visitantes.

Finalmente, la extensión superficial de las áreas de riesgo de incendio forestal, fueron estimadas sobreponiendo un cuadrículado con líneas equidistantes, que representan distancias de 100 metros entre cada una de ellas, sobre el mapa de riesgos obtenido. Además, dada la importancia de las actividades humanas en la presencia de los incendios forestales y una vez definido el nivel de riesgo para cada unidad ecológica, se procedió a utilizar el cuadro de decisión siguiente, el cual toma como base la zonificación de El Chico, donde se definen las actividades permitidas, no permitidas e incompatibles para cada zona. Por lo tanto, de acuerdo al nivel de actividad humana para cada zona, el nivel de riesgo definido para cada unidad ecológica se incrementó o disminuyó, para obtener un nivel riesgo final de que se presente un incendio forestal.

A continuación se presenta el cuadro de decisión final:

Cuadro No. 65.- Cuadro de decisión final del nivel de riesgo a incendios forestales.

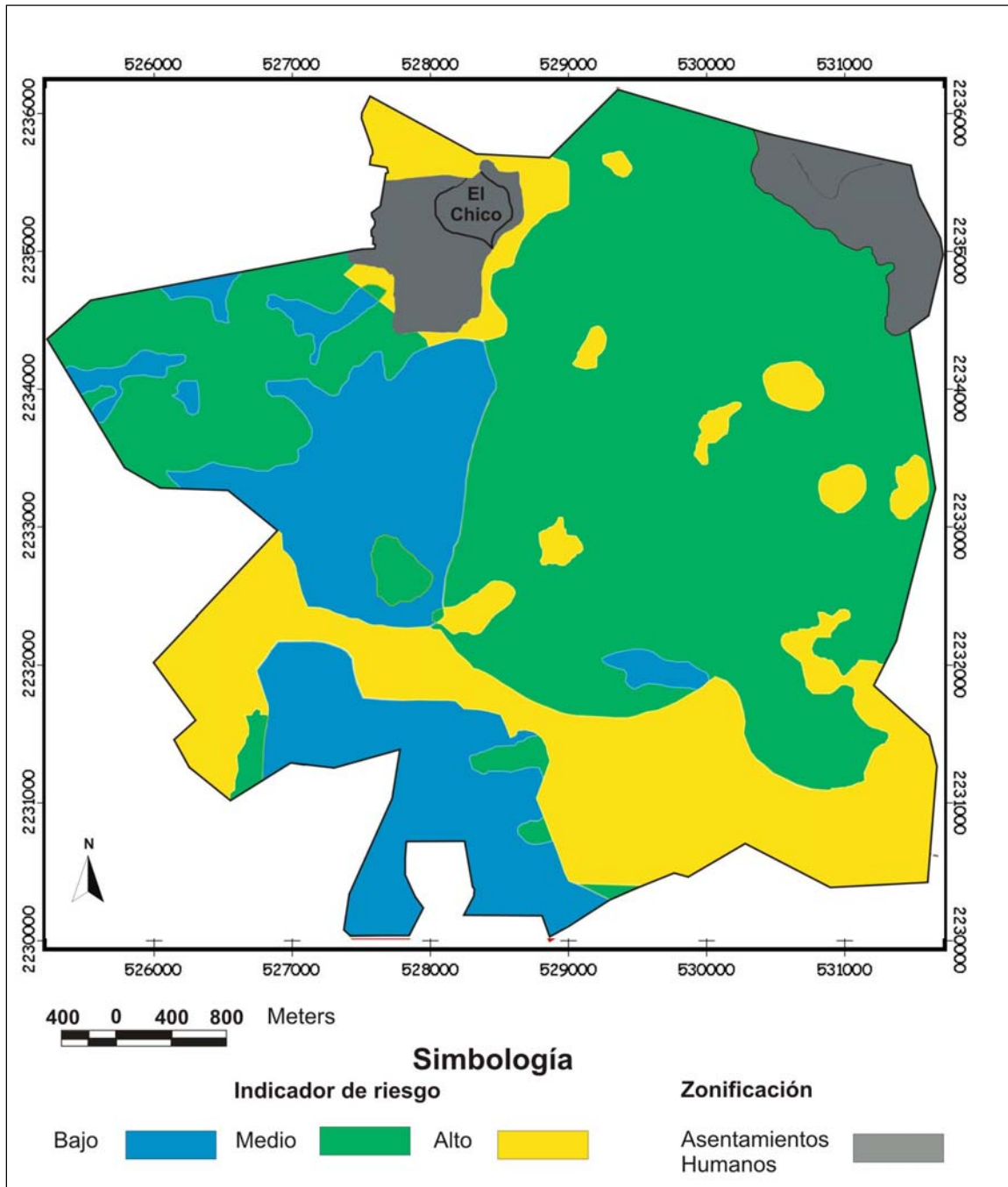
Nivel de riesgo por actividades humanas	Nivel de riesgo por tipo de vegetación, tipo de suelo y combustibles forestales.		
	Bajo	Medio	Alto
Bajo	Bajo	Bajo	Medio
Medio	Bajo	Medio	Alto
Alto	Medio	Alto	Alto

Por ejemplo, si el nivel de riesgo definido por el tipo de suelo, tipo de vegetación y por los combustibles forestales fue alto, al momento de utilizar el cuadro anterior y corresponder a una zona con un nivel de riesgo definido como bajo, el nivel de riesgo final fue medio, debido a que la actividad humana es baja y por consiguiente, la factibilidad de que se presente un incendio se ve disminuida. Por lo tanto:

- Con un nivel de riesgo por actividades humanas bajo (Zona de recuperación), el nivel de riesgo definido por los parámetros disminuyó un nivel.
- Con un nivel de riesgo por actividades humanas medio (Zona de preservación y de uso tradicional), el nivel de riesgo definido por los parámetros se mantuvo.
- Con un nivel de riesgo por actividades humanas alto (Zona de uso público y de asentamientos humanos), el nivel de riesgo definido por los parámetros se incrementó en un nivel.

A continuación se presenta el mapa de riesgos a incendios forestales obtenido para el Parque Nacional El Chico:

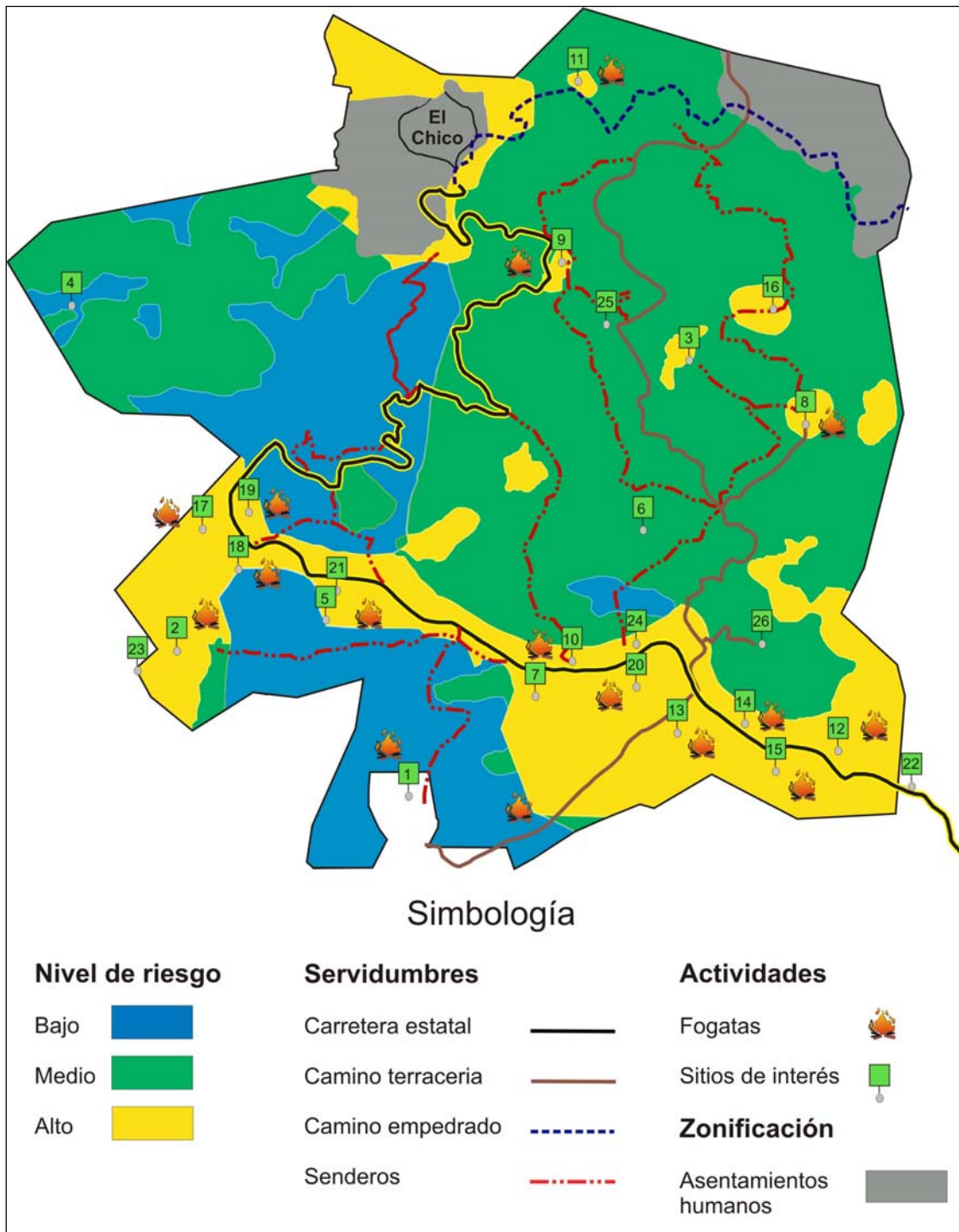
Mapa no. 4.- Mapa de riesgos de incendios forestales en el Parque Nacional El Chico.



Se obtuvo una superficie total de 490.40 ha (17.90 %), para el nivel de riesgo bajo; 1,587.25 ha (57.95 %), para el nivel de riesgo medio y 483.20 ha (17.64%), para el nivel de riesgo alto.

A continuación se presenta el mapa de riesgos a incendios forestales, con las zonas donde se permite realizar fogatas y la ubicación de los sitios de mayor interés dentro del Parque.

Mapa no. 5.- Zonas con riesgo de iniciar un incendio forestal y principales actividades en el parque.



10. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Diversidad ambiental

Al observar el mapa de Unidades Ecológicas (Mapa no. 3), se aprecia que existe una mayor diversidad ambiental, principalmente hacia la periferia del parque, resaltando la zona noroeste, que agrupa 8 unidades ecológicas con presencia de bosque de *Quercus*, mismas que ocupan una pequeña área en comparación a las demás zonas donde se aglutinan las unidades restantes. La segunda zona de mayor diversidad ambiental, se distribuye aproximadamente desde la parte suroeste del parque, hasta la zona sureste del mismo, donde se observa un cambio gradual de la vegetación, principalmente de *Abies* hacia *Quercus*.

Este cambio de vegetación puede ser originado por distintos disturbios que se presentan al interior del parque, por ejemplo, la presencia de fuertes vientos dentro del bosque de *Abies religiosa*, provoca la caída o desprendimiento de alguna parte del arbolado muerto en pie, débil o viejo, con lo que se crean claros en el dosel, y al conjuntarse con gruesas capas de materia orgánica, se favorece la germinación y crecimiento de individuos del género *Quercus*.

Otra causa de disturbio y apertura de claros en el dosel del bosque de *Abies religiosa* es la muerte del arbolado adulto provocado por sequía y plagas; al presentarse la sequía, el arbolado se debilita y se hace vulnerable, con lo que se facilita el ataque de plagas, dando como resultado la muerte del mismo. La sequía ocasiona una mortalidad descendiente de *Abies*, es decir, muere primero la punta del árbol, con lo que se pierde la zona productora de semillas. Bajo estas condiciones de apertura de claros y acumulación de materia orgánica en el piso del bosque, la regeneración natural de *Abies religiosa* se ve disminuida, pero nuevamente se favorece la germinación y crecimiento de *Quercus*.

Otro tipo de disturbio es el ocasionado por los incendios forestales, ya sean de tipo severo, superficial o de copa moderado. Los incendios de tipo severo y superficial no favorecen la regeneración del bosque de *Abies*, pero se ha observado en distintos sitios dentro del parque, que presentaron incendios de copa moderado, una alta regeneración natural de *Abies*. La alta regeneración de *Abies religiosa*, se debe principalmente a que son consumidos por el fuego pequeños grupos de árboles y la materia orgánica que cubre el suelo, con esto, el dosel del bosque es abierto, se mantienen grupos de árboles que pueden hacer el aporte de semilla viable y se libera el suelo de la barrera mecánica, formada por la materia orgánica, que impide que las raíces de las plántulas que pudieran germinar lleguen al suelo, (Hernández, 1994).

Por lo tanto, por las razones vertidas anteriormente y principalmente por la gran actividad humana que se ubica en la periferia del parque (tala, pastoreo e incendios forestales), se esta produciendo una dominancia de *Quercus* sobre *Abies* en las zonas con mayor diversidad ambiental.

Así mismo, destaca por su gran superficie la unidad ecológica no. 25, la cual se ubica en la parte central del parque y presenta bosque de *Abies*.

Por otro lado, se observa que los arbustos con mayor presencia en todos los sitios evaluados son, en orden decreciente, *Senecio angulifolius*, *Ribbes afine*,

Eupatorium glabratum y *Baccharis conferta*; sin embargo, para el bosque de *Abies religiosa* los elementos dominantes son *Senecio angulifolius* y *Ribes affine*, con una altura promedio de 2.33 m.; de igual manera, para el caso del bosque de *Quercus* dominan *Eupatorium glabratum* y *E. ligustrinum* con una altura promedio de 2.05 m.; finalmente, en el bosque de *Quercus-Abies* el arbusto dominante es *Senecio angulifolius*, con una altura promedio de 2.57 m.

Por lo tanto, el estrato arbustivo en el Parque Nacional El Chico, presenta una altura considerable, por arriba de los 2 m. en la mayoría de los sitios, por lo que probablemente y de manera general, se puede inferir que el dosel del bosque se encuentra abierto, producto de las continuas perturbaciones que han ocurrido al interior del parque.

De igual manera, al existir un estrato arbustivo alto y con gran cantidad de individuos, la regeneración natural de *Abies religiosa* se ve nuevamente disminuida, principalmente por la acumulación de materia orgánica en el suelo del bosque y por la gran cantidad de sotobosque, el cual limita la cantidad de luz que llega hasta el suelo. Nuevamente estas condiciones favorecen la regeneración de *Quercus* por encima de *Abies*.

Combustibles forestales.

A partir del concentrado de valores promedio de combustibles forestales evaluados en el Parque Nacional El Chico (Cuadro no. 63), se puede observar 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* ya sea como vegetación dominante o cuando se presenta codominando y este volumen va disminuyendo conforme aumenta el diámetro de la partícula.

Este comportamiento de los combustibles forestales, es producto de la gran cantidad de ramillas finas que posee el arbolado de *Abies religiosa* para sostener sus hojas, y conforme crece el árbol, la producción de ramitas finas ocurre solamente en los bordes de la copa; por lo tanto, encontraremos gran cantidad de ramillas finas, pero muy pocas ramas gruesas. Además, al realizar la comparación entre las pequeñas ramas que sostienen las hojas en *Abies*, con aquellas de *Quercus* y *Pinus*, se puede observar que el diámetro de las primeras es mucho menor y si consideramos la cantidad de estas para cubrir sus necesidades de luz, se puede inferir que es necesario una gran cantidad; por lo tanto, para los otros dos géneros se requiere de un número menor de ramillas finas.

Los valores más altos para las partículas menores a 0.6 cm de diámetro se presentan en los sitios donde se encuentra *Abies* (oyamel); el valor más alto fue en *Abies* (oyamel) con 10.146 ton ha⁻¹, lo cual es resultado del incendio ocurrido en esta zona durante 1998, el cual al parecer solo consumió el follaje del arbolado afectado, para posteriormente desprenderse totalmente de las 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, lo cual como ya se menciona es por la menor cantidad de este tamaño de material en el arbolado, además de que este bosque resulta relativamente joven.

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 comportamiento anterior, 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 6.181 ton ha⁻¹ y el menor peso se ubicó en la vegetación de *Abies-Juniperus*.

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* (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 la suma de combustibles ligeros y pesados, 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*.

Cabe destacar, que excepto para el tamaño de partícula menor a 0.6 cm. de diámetro, en todas las demás categorías e incluso en los combustibles totales, en los valores más pequeños se encuentra presente la vegetación de *Juniperus*, lo que podría indicar la escasa contribución que hace al material leñoso éste tipo de vegetación.

Todo lo anterior concuerda con lo reportado por Rodríguez (1995), ya que es el bosque de *Abies religiosa* (oyamel) el que presenta en el Parque Nacional El Chico, en la mayoría de los casos, las mayores cargas de combustible en cualquiera de sus categorías diamétricas, haciéndolo muy susceptible a que se origine un incendio, y en caso de presentarse, que éste sea difícil de controlar por las altas cargas de combustible forestal que origina.

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 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. Entonces, es a través de todo este proceso y en los niveles ya mencionados, que el árbol aporta en primera instancia las hojas que han cumplido su periodo útil; la

caída de las hojas es sucedida por la caída de las ramillas que sustentaban a las hojas, posteriormente las pequeñas ramas que sostenían a la ramillas son tiradas y así sucesivamente hasta que el árbol se desprende de las ramas grandes. De esta manera se puede explicar el descenso gradual del peso de los combustibles forestales, conforme va aumentando el tamaño de la partícula evaluada.

Además, al observar los valores obtenidos al efectuar la desviación estándar de los diferentes tamaños de partículas, así como los de los combustibles totales, se nota que aún dentro de un mismo sitio evaluado, la variación en la cantidad de combustibles leñosos es muy grande, debido tal vez, a que aún dentro de la misma zona del bosque las condiciones que inciden en la caída y acumulación del material leñosos no son las mismas.

Esta variación en la cantidad de combustibles leñosos presentes en cualquier tipo de bosque, incidirá directamente en el comportamiento del incendio forestal, ya que dependiendo de la cantidad y tamaño de las partículas, el desarrollo del incendio se presentará de manera ordinaria o de manera extrema.

Por último, al comparar los resultados obtenidos durante la evaluación de combustibles en el Parque Nacional El Chico, se observa que éstos caen dentro del intervalo encontrado por otros autores que han empleado la técnica de intersecciones planares. A continuación se presenta el comparativo de las cargas de combustibles forestales encontradas por distintos autores:

Cuadro no. 66.- 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	-----	-----	7.98	- 64.26
* Alanís 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	-----	4.10	- 16.30
Estrada	2006	3.20	21.18	3.21	- 65.86

* De acuerdo a Muñoz (2001).

Por otro lado, para el peso de la materia orgánica evaluada, se aprecia una ligera tendencia a presentarse en mayor cantidad cuando existe vegetación de *Quercus* (encinos), aunque el mayor valor encontrado fue en el bosque de *Pinus* (pinar) con 1.96 kg./0.25 m², mientras que el valor más pequeño fue de 0.77 kg./0.25 m², para el bosque de *Quercus* (encinos).

En el caso de la profundidad de la materia orgánica encontrada se observa que en los valores más grandes existe vegetación de *Quercus*, mientras que en los valores pequeños, existe presencia de *Abies* (oyamel); sin embargo, la mayor profundidad de materia orgánica se encontró en el bosque de *Pinus* (pinar) con 13.80

cm., mientras que el valor más pequeño fue de 3.07 cm. para vegetación de *Abies* (oyamel).

Cabe destacar, que la cantidad de combustible forestal obtenido en cada unidad ecológica, muestra una relación notable con el estado de la vegetación al momento de realizarse la evaluación de los combustibles, esto es, 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 de *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 solamente se observarán ramas grandes.

Mapa de riesgos de incendios forestales

Al observar el cuadro de parámetros utilizado para la obtención del mapa de riesgos en éste trabajo, resalta que son pocos los factores contemplados, pero son estos pequeños factores, y principalmente las actividades humanas, los que determinan si ocurre o no un incendio forestal. Por ejemplo, aun cuando existan grandes cantidades de combustibles y las condiciones son adecuadas para iniciarse un incendio forestal, si falta el elemento humano, que en la actualidad es el factor determinante en la existencia de los incendios forestales, el riesgo de que ocurra un incendio forestal se reduce sustancialmente.

Por otra parte, al comparar el cuadro de indicadores físico-geográficos para áreas con algún nivel de riesgo de incendio forestal realizado por Martínez *et al.*, (1990), y el cuadro de parámetros para la elaboración del mapa de riesgos usado en el presente trabajo, la principal diferencia entre ambos, es que en éste trabajo no se toma en cuenta el factor topografía contemplado por Martínez *et al.*, (1990), dado que el rango altitudinal dentro del Parque Nacional El Chico es relativamente pequeño, por lo que no existirán diferencias marcadas en cuanto a la susceptibilidad de que ocurra un incendio forestal debido a este factor.

El factor pendiente, como lo menciona Martínez *et al.*, (1990), influye directamente en la velocidad de propagación del incendio forestal, pero una vez que

éste se ha iniciado; por lo tanto, el factor pendiente no influye de manera directa en la probabilidad de que ocurra o no un incendio forestal.

Sin embargo, la pendiente está más relacionada con las actividades que realizan los visitantes del parque, ya que los valles y sitios de recreo se encuentran preferentemente en zonas totalmente planas o con pendientes ligeras, por lo tanto, es en estas áreas donde se concentra la mayoría de los paseantes para realizar sus actividades.

Por otro lado, el factor exposición si se relaciona directamente con la posibilidad de que ocurra un incendio forestal, debido a que si la superficie recibe una mayor cantidad de insolación, tendrá como resultado una mayor temperatura, una humedad relativa baja, y por lo tanto, los combustibles forestales presentarán una mayor disponibilidad para ser encendidos e iniciar un incendio forestal. Pese a esto, en el presente trabajo no se toma en cuenta dicho factor para la conformación del mapa de riesgos, ya que de haberse tomado en cuenta, el mapa obtenido presentaría áreas muy compactas con algún tipo de riesgo a incendios forestales. Por lo tanto, cabe aclarar que deben vigilarse más estrechamente las áreas que presentan una exposición sur, en aquellas zonas que presentan un nivel de riesgo alto a la presencia de incendios forestales.

Cabe destacar, que la utilización de la técnica de intersecciones planares durante la evaluación de combustibles forestales en el Parque Nacional El Chico, fue de fácil aplicación y muy útil en el presente trabajo, ya que los valores de combustibles forestales obtenidos en los diferentes sitios evaluados, permitieron realizar una mejor identificación de aquellas áreas que presentaban altos niveles de combustibles y, por lo tanto, un alto riesgo de incendios. Los valores de combustibles arrojados durante la evaluación de combustibles, son un buen valor de referencia, ya que al ser conjugados con los demás factores que influyen en la presencia de los incendios forestales, permiten efectuar una identificación adecuada de aquellas áreas más susceptibles a la presencia de incendios.

En este caso, aquellas zonas con un riesgo alto de que se presente un incendio forestal, coinciden con aquellas áreas donde se permite la realización de fogatas y otras actividades de riesgo como el campismo y los días de campo. Por lo tanto, es en estas áreas, donde deberá ponerse el mayor énfasis en la creación entre los visitantes, de una cultura forestal, pero sobre todo, una cultura sobre el cuidado y la importancia de mantener en buen estado nuestros recursos naturales.

Finalmente, la realización del presente mapa de riesgos de incendio forestal, es una herramienta útil que permitirá a las autoridades competentes la planeación, en el corto y mediano plazo, de las actividades de prevención y combate de los incendios forestales, que permitan la preservación de los recursos naturales, así como la optimización de los recursos humanos y materiales asignados al Parque Nacional El Chico.

Resumiendo, dada la gran problemática que se presenta actualmente en el Parque Nacional El Chico para que el bosque de *Abies religiosa* pueda renovarse de manera natural, valdría la pena poder definir hasta que punto es benéfico para este tipo de vegetación, la supresión de cualquier tipo de incendio que se presenta. Esto es, de no presentarse un incendio forestal de copa moderado en el bosque de *Abies*, difícilmente podrá regenerarse. O bien, si no es viable seccionar el bosque para limitar aquellas zonas que pueden quemarse de manera controlada, deberá recurrirse a la realización de labores silvícolas, con la finalidad de recrear las condiciones posteriores a la ocurrencia de un incendio de copa moderado. Por lo tanto, deberá realizarse la apertura moderada del dosel (que en la mayoría de los casos ya existe), y la aplicación de tratamientos al suelo para eliminar en algunas zonas, la presencia de hojarasca y materia orgánica, y con esto, lograr que las raíces de la plántula recién germinada, lleguen al suelo mineral y tenga mayores posibilidades de establecerse y renovar al bosque. Además, deberá limitarse en algunos casos el tamaño y el número de los arbustos de las zonas a liberar, con el fin de que den protección a las plántulas que van a establecerse.

11. CONCLUSIONES

La zona con mayor diversidad ambiental dentro del Parque Nacional El Chico, se ubica en la parte noroeste del mismo, dominando el bosque de *Quercus*, mismo que parece ser resultado de las distintas actividades del hombre.

La mayor cantidad de combustibles forestales, se ubica principalmente, donde está presente vegetación de *Abies religiosa*, ya sea dominando o codominando, seguidos por bosques de *Pinus* y por último por bosques de *Quercus*.

El área con mayor riesgo de incendios forestales, se ubica principalmente en las zonas con la mayor cantidad de actividades permitidas que representan un riesgo de que se inicie un incendio forestal, además de la mayor afluencia de visitantes.

El nivel de riesgo de que un incendio forestal se presente en el Parque Nacional El Chico, puede definirse de manera general de tipo medio, ya que presenta la mayor superficie 1,587.25 ha (57.95 %); mientras que el riesgo de tipo alto presenta la menor superficie, 483.20 ha (17.64%).

La aplicación de la Técnica de Intersecciones Planares para evaluar los combustibles forestales, nos proporciona una buena referencia de las cargas de combustibles presentes en el parque, con lo cual al conjugar otros factores de riesgo, permite la toma de decisiones en la prevención y el combate de los incendios forestales.

12. RECOMENDACIONES

Con el fin de disminuir el nivel de riesgo alto hacia un nivel de riesgo medio, se recomienda efectuar un aprovechamiento del material combustible en aquellas zonas donde el nivel de riesgo es alto, siempre y cuando se realice un estudio mas detallado de cada zona en particular para definir la cantidad del material a utilizar, teniendo una supervisión constante del personal del parque y sobre todo, observando las normas y leyes vigentes que regulan el aprovechamiento del material leñoso y ligero dentro del Parque Nacional El Chico.

Efectuar acciones de prevención física dentro y en las zonas perimetrales que presentan un nivel de riesgo alto a la presencia de incendios forestales, con el fin de impedir su propagación en caso de que se presenten.

Reforzar la vigilancia en aquellas zona que presentan un nivel de riesgo alto a la presencia de incendios forestales, principalmente en aquellas zonas cuya exposición sea suroeste y oeste.

Incrementar en lo posible, el rubro de prevención cultural dirigida a los asistentes al Parque Nacional El Chico, con la finalidad de crear o reforzar la conciencia de los mismos, sobre la importancia y los beneficios que nos brinda el cuidado y la preservación en buen estado de los recursos naturales con que cuenta el parque, y en general, el resto del país.

13. LITERATURA CITADA

- Alanís, H. E. 1998. Inventario de combustibles forestales en bosques de clima templado-frío. En: 500 Tecnologías llave en mano. INIFAP, SAGAR. México. pp. 81–83.
- Bourgeau-Chávez, L., M. E. Alexander, B. J. Stocks and E. S. Kasischke. 2000. Distribution of Forest Ecosystems and the Role of Fire in the North American Boreal Region. pp. 111-131. En: Kasischke, E.S, B.J. Stocks y eds. (Eds.). 2000. Fire, Climate Change and Carbon Cycling in the Boreal Forest. Ed. Springer. United States of América. 461 pp
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). 1999. Incendios Forestales, Fascículo 10. CENAPRED. México. 56 pp.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2001. Programa estratégico Forestal 2025. <http://www.conafor.gob.mx>
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2003 <http://www.conanp.gob.mx/anp/anp.php>
- Daubenmire, R. 1979. Ecología vegetal. Tratado de autoecología de plantas. Editorial LIMUSA. México. 496 pp.
- Emmel, T. 1975. Ecología y Biología de Poblaciones. Nueva Editorial Interamericana. México. 182 pp.
- Flores, J. G., Benavides J. D. 1995. Efecto de las quemas prescritas sobre algunas características del suelo en un rodal de pino. INIFAP. Ciencia Forestal en México.20 (77):113-128.
- Flores, J. G. 2004. Simulación del comportamiento del fuego con base en la estimación geoestadística de la variación espacial de combustibles. pp. 45-59 En: Villers, L. y López J. (Eds.). 2004. Incendios forestales en México. Métodos de evaluación. UNAM. México. 164 pp.
- 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.
- García, L. y M. P. García. 1987. La meteorología y los incendios forestales. Hojas Divulgadoras del Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. España. 24 pp.
- Hernández, E. 1994. Estudio de la regeneración natural de *Pinus hartwegii* Lindl. y *Abies religiosa* (H.B.K.) Schl. et Cham., en San Martín Cuautlalpan, Chalco, Estado de México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México.

- Lorimer, C. 1991. Comportamiento y manejo de incendios forestales. pp. 411-434. En: Young, R. (Comp.). Introducción a las ciencias forestales. LIMUSA. México. 632 pp.
- Magaña, O. S. 1985. Índices de peligro de incendio forestal. SARH. Boletín Divulgativo no.70. México. 15 pp.
- 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
- Pérez, R. 1993. Evaluación y valoración de áreas afectadas por incendios forestales. SARH, INIFAP. Veracruz, México. 17 pp.
- Rodríguez, D. A. 1988. Efecto de los incendios en los ecosistemas forestales, revisión bibliográfica. COCODER. México. 27 pp.
- Rodríguez, D. A. y A. Sierra. 1992. Bosquejo histórico sobre diversos aspectos de los incendios forestales en México. INIFAP: Ciencia Forestal en México. 18 (73):57-75.
- Rodríguez, D. A. 1994. La lucha contra el fuego. Guía para la prevención, presupresión y supresión de incendios forestales. Universidad Autónoma Chapingo-SARH. México. 171 pp.
- 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
- Ruíz, J. 2000. Efectos del fuego en los ecosistemas forestales. pp. 4.1-4.13. En: Vélez, R. (Coord.). 2000. La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y experiencias. Mc Graw Hill. España. 22.42 pp.

- 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.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). 1983. Combate de incendios forestales. SARH. México. 26 pp.
- Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). 1998. Los incendios forestales en México: 1998. SEMARNAP. México. 36 pp.
- Shvidenko, A. Z. and S. Nilsson. 2000. Extent, Distribution, and Ecological Role of Fire in Russian Forest. pp 132-145. En: Kasischke, E.S, B.J. Stocks y eds. (Eds.). 2000. Fire, Climate Change and Carbon Cycling in the Boreal Forest. Ed. Springer. United States of América. 461 pp
- Solano, C. 1988. Estudio ecológico-cuantitativo de los estratos herbáceo y arbustivo en el Parque Nacional El Chico, Hidalgo. Tesis de Licenciatura. Departamento de Suelos. UACH. Chapingo, México.
- Spurr, S. y Barnes, B. 1982. Ecología Forestal. AGT Editor. México. 690 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
- Velez, 2000. La definición de un incendio forestal. pp 1.3-1.7. En: Vélez, R. (Coord.). 2000. La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y experiencias. Mc Graw Hill. España. 22.42 pp.
- 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.
- Villers, L. y Trejo, I. 2004. Evaluación de la vulnerabilidad en los ecosistemas forestales. pp 237-252. En: Martínez, J. y Fernández, A. (Coord.). 2004. Cambio climático: una visión desde México. INE-SEMARNAT. México. 525 pp.
- Wang, G.G. 2002. Fire severity in relation to canopy composition within burned boreal mixedwood stands. Forest Ecology Management. 163: 85-92.
- 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
Generalidades

Fecha _____ Sitio No. _____
 Realizó : _____ Área muestreada : _____
 Localidad (paraje) : _____ Municipio _____
 Población más próxima.: _____
 Estado : _____ Mapa fuente : _____
 Clave: _____ Escala: _____ Año : _____ Lat. _____
 Long. _____ Fuente fotos aéreas : _____
 Línea : _____ Nos : _____ Esc. : _____ Año : _____
 Fotos del sitio ON DO NO Rollo No. _____ Fotos Nos. _____

Superficie

Relieve : _____ Pos. Topográfica VA LA BMA BMA BMA MES CRE
 Exposición: N S E W NE NW SE SW Pend.: _____ % Altitud : _____ msnm
 Microrelieve : PL ON AC Cond. Hidricas : SE HU MH
 Vegetación : _____ %
 Hojarasca : _____ % Espesor : _____ cm Composición : _____
 Material fino : _____ %
 Gravas y piedras : _____ %
 Rocas : _____ % Tipo : _____
 Erosión : _____ % Origen : HI EO GH Tipo : LA SU CA TO Grado : L M S

Vegetación

Tipo : _____
 Asociación : _____
 Veg. climax : _____ Veg. Secundaria : _____ Usos : _____
 Agentes de disturbio : ANI PLA ENF FE-M

Estratificación Vertical

Estrato No.	Cobertura %	Altura (m)	Diagrama del perfil
_____	_____	_____	
_____	_____	_____	
_____	_____	_____	

Observaciones : _____



INVENTARIO DE COMBUSTIBLES FORESTALES

Anexo 3 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		1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a			
1																
2																
3																
4																
5																

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

Observaciones: _____



INVENTARIO DE COMBUSTIBLES FORESTALES

Anexo 3 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 _____	
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	Especie	No.	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: _____