



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**FRECUENCIA DE INCENDIOS FORESTALES,
SU RELACIÓN CON LA PRECIPITACIÓN
Y LA RIQUEZA DE ESPECIES VEGETALES,
EN LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA, D. F., MÉXICO**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :
B I Ó L O G A
P R E S E N T A :
ARIADNA FLORES RODRÍGUEZ



**FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM**

**DIRECTORA DE TESIS: DRA. MARÍA DE LOURDES VILLERS RUÍZ
CO-DIRECCIÓN: DRA. BEATRÍZ MARGARITA LUDLOW WIECHERS**

2006

ÍNDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 Incendios forestales.....	2
1.2 Factores que intervienen en la presencia de los incendios	3
1.3 Vegetación y frecuencia de los incendios forestales.....	4
2. OBJETIVOS.....	7
2.1 Generales	7
2.2 Particulares	7
3. ÁREA DE ESTUDIO	8
3.1 Localización	8
3.2 Comunidades vegetales y flora	9
3.3 Estatus legal	10
3.4 Actividades humanas.....	11
4. MÉTODO.....	12
4.1 Revisión documental	12
4.1.1 Incendios forestales	12
4.1.2 Precipitación.....	13
4.2 Cartografía	14
4.3 Selección de sitios de muestreo y trabajo de campo.....	15
4.4 Análisis de datos	17
4.5 Frecuencia de incendios.....	17
4.6 Índices de similitud y análisis de cobertura	18
5. RESULTADOS.....	19
5.1 Estadísticas de incendios	19
5.2 Estadísticas de precipitación.....	21

5.3 Relación precipitación-incendios	22
5.4 Coeficiente de correlación y umbral de precipitación.....	24
5.5 Frecuencia de incendios en la cuenca del río Magdalena	25
5.5.1 Frecuencia de incendios en los años de 1997 y 1998.....	27
5.6 Riqueza de especies vegetales en la cuenca del río Magdalena	29
5.6.1 Relación de la frecuencia de incendios forestales y la riqueza de especies vegetales por comunidad.....	32
5.6.2 Especies de áreas incendiadas	39
6. DISCUSIÓN.....	41
7. CONCLUSIONES.....	46
8. LITERATURA CITADA	48
9. ANEXOS	54

ÍNDICE DE FIGURAS Y ANEXOS

Figura 1. Localización de la CRM, D. F.	8
Figura 2. Diagrama de la metodología.....	12
Figura 3. Localización de estaciones meteorológicas e incendios por año en la CRM, D. F.	14
Figura 4. Superficie afectada y número de incendios promedio de 1995 a 2004 en la CRM, D. F. ...	19
Figura 5. Estratos afectados por comunidad, en la CRM, D. F.	21
Figura 6. Precipitación-incendios acumulados de 1995-2004. Estación Presa Anzaldo 2 400 m snm. Comunidad de <i>Quercus</i> y otras comunidades.....	22
Figura 7. Precipitación-incendios acumulados de 1995-2004. Estación el Gavilán 3 700 m snm. Comunidad de <i>Abies religiosa</i> y <i>Pinus hartwegii</i>	23
Figura 8. Precipitación-incendios acumulados de 1997-1998. Estación Presa Anzaldo 2 400 m snm. Comunidad de <i>Quercus</i> y otras comunidades.....	23
Figura 9. Precipitación-incendios acumulados de 1997-1998. Estación el Gavilán 3 700 m snm. Comunidad de <i>Abies religiosa</i> y <i>Pinus hartwegii</i>	24
Figura 10. Localización de las áreas incendiadas en la CRM, D. F. de 1995 a 2004.....	26
Figura 11. Localización de áreas incendiadas durante los meses de enero a mayo del año 1998, en la CRM, D. F.	28
Figura 12. Localización de parcelas muestreadas con y sin presencia de incendios de 1995-2004, en la CRM, D. F.	31
Figura 13. No. de especies por familia en la comunidad de <i>Quercus</i> en áreas incendiadas y no Incendiadas en la CRM, D. F.	32
Figura 14. No. de especies por familia en la Comunidad de <i>Abies religiosa</i> , en áreas incendiadas y no incendiadas en la CRM, D. F.	35
Figura 15. No. de especies por familia en la Comunidad de <i>Pinus hartwegii</i> , en áreas incendias y no incendiadas en la CRM, D. F.	38
Anexo 1. Parajes de la cuenca del río Magdalena, D. F.	
Anexo 2. Formato de campo	
Anexo 3. Incendios forestales en la CRM, D. F. de 1995 a 2004	
Anexo 4. Lista de especies por familia para la CRM, D. F.	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de las estaciones meteorológicas del área de estudio.....	13
Tabla 2. Localización de parcelas muestreadas en la CRM, D. F.	16
Tabla 3. Número total de incendios forestales y superficie afectada por comunidad, año y mes para la CRM, D. F.	20
Tabla 4. Frecuencia de incendios por comunidad y año en la CRM, D. F.	25
Tabla 5. Número de especies por familia en las zonas estudiadas de la CRM, D. F.	29
Tabla 6. Tabla fitosociológica de las comunidades de áreas no incendiadas e incendiadas.....	30
Tabla 7. Índice de similitud de Jaccard para la CRM, D. F. Comunidad de <i>Quercus</i>	33
Tabla 8. Comparación de la cobertura de especies en la comunidad de <i>Quercus</i> de la CRM, D. F.	34
Tabla 9. Índice de similitud de Jaccard para la CRM, D. F. comunidad de <i>Abies religiosa</i>	36
Tabla 10. Comparación de la cobertura de especies en la comunidad de <i>Abies religiosa</i> de la CRM, D. F.	36
Tabla 11. Índice de similitud de Jaccard para la CRM, D. F. Comunidad de <i>Pinus hartwegii</i>	38
Tabla 12. Comparación de la cobertura de especies en la comunidad de <i>Pinus hartwegii</i> , de la CRM, D. F.	39
Tabla 13. Lista de especies vegetales en áreas incendiadas, en la CRM, D. F.	40

RESUMEN

Se considera como un incendio forestal a la propagación libre del fuego sobre la vegetación forestal, para que se produzca se necesita una fuente de calor que puede provenir de la radiación solar que seca la vegetación y de la flama que inicia el fuego, el cual depende del oxígeno que se encuentra disponible en la atmósfera y del combustible que proviene de la vegetación forestal disponible.

Las prolongadas sequías incrementan el número de incendios forestales. En países tropicales, si la precipitación cae por debajo de los 100 mm por mes ó por un período de 2 o más semanas sin lluvia la vegetación presentará contenidos de humedad muy bajos por lo cual estará disponible a incendiarse con facilidad. La baja precipitación es uno de los factores que intervienen en la frecuencia de incendios y esta a su vez en la riqueza de especies; la frecuencia de incendios se define como el lapso de tiempo entre un incendio y otro, que junto con la estacionalidad, la extensión y el tipo de incendio, constituyen el régimen de incendios.

El trabajo se desarrollo en la cuenca del río Magdalena, en el D. F., por ser una zona muy importante tanto florística como hidrológicamente, ya que forma parte del suelo de conservación de la Ciudad de México. Por lo que se plantearon los siguientes objetivos: a) conocer la relación que existe entre un incendio forestal con la precipitación pre-incendio en la cuenca del río Magdalena en el período de 1995 a 2004, por medio de revisiones documentales sobre la precipitación e incendios ocurridos en este período de tiempo, así como sus respectivos análisis y comparaciones, b) encontrar las diferencias de riqueza y cobertura de especies entre áreas incendiadas y no incendiadas durante el período de 1995-1998, para las comunidades de *Quercus*, *Abies religiosa* y *Pinus hartwegii*, a través del trabajo de campo, índice de similitud de Jaccard y análisis cartográfico.

Los incendios forestales ocurren principalmente en marzo y abril; las comunidades de *Abies religiosa* y *Pinus hartwegii* fueron las más afectadas con un mayor número de incendios y superficie. El total de incendios ocurridos durante el período estudiado (1995-2004) fue de 157. En las áreas no incendiadas se registraron, 106 especies, 54 géneros y 31 familias, para las áreas incendiadas se contabilizaron un total de 109 especies, 54 géneros y 30 familias. En este trabajo se concluye que cuando la precipitación es menor a 25 mm, los incendios se incrementan. Después de cinco años de ocurrir un incendio el número de especies comunes entre las diferentes comunidades estudiadas está entre el 17% y 40% y la cobertura en áreas incendiadas fue menor que en las no incendiadas.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Incendios forestales

Los incendios siempre han sido un factor natural muy importante en la estructura de la vegetación, ya que presentan una influencia fundamental sobre las especies y su historia de vida, así como en las características y procesos del ecosistema, tal es el caso del ciclo del carbono, los nutrientes, la productividad y la diversidad.

Se considera como un incendio forestal a la propagación libre del fuego sobre la vegetación forestal, para que se produzca se necesita una fuente de calor que puede provenir de la radiación solar que seca la vegetación y de la flama que inicia el fuego, su desarrollo depende del oxígeno que se encuentra disponible en la atmósfera y del combustible que proviene de la vegetación forestal disponible. La presencia y características de estos elementos influirán sobre la intensidad del incendio (Rodríguez, 1996).

Los incendios forestales se clasifican en naturales e inducidos, o por el tipo de estrato al que afectan. Los naturales son ocasionados principalmente por rayos, en situaciones muy raras y poco documentadas, por caídas de piedras, chispas, etc. Estos han influido en la evolución de los diferentes tipos de vegetación en muchas partes del mundo. En algunas comunidades vegetales este tipo de incendios son tan raros y a menudo tan intensos, que condicionan a la vegetación a retroceder a las primeras etapas de la sucesión ecológica (Spurr y Barnes, 1980; Bond y Van Wilgen, 1996; Trabaud, 1998). Los incendios provocados o inducidos, se efectúan desde hace muchos años con la finalidad de aumentar las áreas agrícolas y de pastoreo, en algunos casos estas quemadas se realizan de manera estratégica reduciendo los efectos negativos de tales perturbaciones (Spurr y Barnes, 1980; Rodríguez, 1996).

Por el tipo de estrato al que afectan, los incendios forestales se clasifican en: superficiales, subterráneos y de copa; en los primeros se consumen, los combustibles superficiales como hierbas, zacates, leñas u hojarasca, quemando algunas veces la base de los árboles. Cuanto mayor sea la cantidad de materia acumulada en la superficie, mayor será la intensidad del incendio; la mortalidad de los arbustos y árboles dependerá de cada especie, la edad y el hábito de enraizamiento. Los pinos jóvenes

pueden sucumbir a un incendio superficial, mientras que los individuos más viejos de la misma especie sobreviven debido a la mayor protección que les brinda el cambium y una corteza más gruesa así como una mayor altura de la copa sobre las llamas. La sobrevivencia posterior a un incendio superficial, en la mayor parte de las especies de árboles resistentes al fuego, no está determinada por el daño al cambium del tallo, sino por su susceptibilidad al deterioro de las raíces y a las condiciones finales de la copa por el efecto de los gases calientes que se elevan sobre las llamas (Spurr y Barnes, 1980; Rodríguez y González, 2004).

En los incendios subterráneos se quema el mantillo y raíces bajo la superficie del suelo o la materia orgánica acumulada en las fracturas de los afloramientos de rocas; no tienen llamas y pueden matar a la mayor parte de las plantas con raíces que crecen sobre la materia orgánica. Generalmente tienen una combustión lenta y generan temperaturas muy altas. Este tipo de incendios tienden a persistir y normalmente funcionan como fuentes de reignición de los incendios superficiales.

En los incendios de copa, el fuego consume la totalidad de los árboles, propagándose tanto de copa en copa como superficialmente. Las coníferas son las más susceptibles a los incendios de copa, debido a la alta combustibilidad de su follaje (Spurr y Barnes, 1980; Bond y van Wilgen, 1996; Rodríguez, 1996).

1.2 Factores que intervienen en la presencia de los incendios

Existen algunos factores que influyen en la presencia del fuego como el tipo de combustible y el tiempo atmosférico. Los combustibles están representados por los materiales vegetales que pueden quemarse, ya sean vivos o muertos (Bessie y Johnson, 1995; Martín *et al.*, 1998; Martínez-Martínez, 2003). El tiempo atmosférico es el factor de mayor variabilidad en un incendio forestal y los principales elementos que influyen sobre su comportamiento son las temperaturas elevadas, baja humedad relativa, la dirección y velocidad del viento y días consecutivos sin precipitación (García de Pedraza y García, 1987; Trabaud, 1998). De echo las prolongadas sequías incrementan la vulnerabilidad a incendiarse de la vegetación, en países tropicales si la precipitación cae por debajo de los 100 mm por mes ó por un período de 2 o más semanas sin lluvia, la vegetación presenta contenidos de humedad muy bajos por lo

cual estará disponible a incendiarse con facilidad (Goldammer y Seibert, 1990; Villers *et al.*, 2000).

El fuego obedece a un conjunto de factores biológicos y socio-económicos, que explican su ocurrencia y propagación, y a la vez permiten de alguna manera aumentar su prevención y reducir sus efectos (Martín *et al.*, 1998). Los biológicos se refieren a las variables que condicionan la inflamabilidad como, la humedad de la planta, la cantidad y naturaleza de los materiales volátiles (como la resina), y la superficie vegetal. Por otra parte los sociales son las prácticas asociadas a las actividades económicas, las vías de acceso y las acciones de prevención, combate y control de incendios (Martínez-Martínez, 2003).

1.3 Vegetación y frecuencia de los incendios forestales

La frecuencia se define como la recurrencia de incendios en un área dada sobre el tiempo, que junto con la estacionalidad, la extensión y el tipo de incendio, constituyen el régimen de incendios (Gill, 1975 en Whelan, 1995).

El potencial de la frecuencia de incendios en un sitio dependerá principalmente de dos factores, el tiempo requerido para construir una carga de combustible disponible desde el último incendio y la frecuencia de igniciones. El patrón que se presenta en los estudios de la historia de los incendios, está basado en el concepto de ocurrencia cíclica del incendio regulado por la acumulación de combustible, la inflamabilidad y ocurrencia de las sequías. De esta forma se producen incendios de diferentes intensidades: desde los superficiales frecuentes y ligeros que reducen las acumulaciones de combustible, hasta incendios de copa, raros pero intensos que llegan a quemar grandes extensiones de bosques.

La gran mayoría de las comunidades vegetales del mundo se han quemado a intervalos más o menos frecuentes durante miles de años. Actualmente las comunidades están, determinadas por la delimitación de las granjas, rancherías y poblaciones en zonas forestales, además de los cruces de carreteras y caminos por el bosque, provocando que en Norteamérica los incendios continúen siendo el factor de deterioro más importante en la mayor parte de la vegetación (Spurr y Barnes, 1980).

Algunos estudios que se han realizado sobre la frecuencia son conteos informales de la ocurrencia de incendios, a través del registro de las cicatrices en los anillos de crecimiento de los árboles incendiados (Heinselman, 1973 y Arno y Snack, 1977 en Johnson y Gutsell, 1994). Estos se hicieron principalmente en el chaparral, los bosques boreal, subalpino, alpino y de pino en el norte de EUA.

La vegetación actual es el resultado del equilibrio ecológico con el medio ambiente, uno de cuyos elementos es el fuego. Evolutivamente los incendios han actuado como una fuerza de selección sobre las plantas, aumentando el rebrote de yemas, incrementando la floración, entre otros. Sin embargo, la intervención del hombre hace que se modifique la vegetación, llegándose en ocasiones a resultados indeseables alterando el ambiente hasta niveles perjudiciales para el hombre, como el daño a la regeneración, por el debilitamiento del arbolado adulto, la susceptibilidad del ataque de plagas y enfermedades y la reducción del valor económico de los productos forestales (Rojó *et al.*, 2001; Bond y van Wilgen, 1996).

Los incendios juegan un papel importante en la regeneración de algunas comunidades vegetales, esto es debido a que la selección natural ha favorecido el desarrollo de características que hacen que algunas plantas sean dependientes al fuego y por lo tanto más inflamables que otras que no lo son, teniendo como resultado la dominancia de especies y las asociaciones vegetales (Mutch, 1970; Spurr y Barnes, 1980). Cuando los incendios suceden con demasiada frecuencia, pueden ocurrir cambios notables en las poblaciones vegetales ya que ciertas especies pueden desaparecer, reduciendo la biodiversidad del lugar, asimismo los intervalos entre fuegos sucesivos determinan la permanencia de las especies y de las comunidades (Trabaud, 1998).

Las características del incendio son determinadas por la respuesta de la vegetación a la sequía por ejemplo, algunas plantas del mediterráneo muestran adaptaciones a este fenómeno, como la tendencia a reducir la evapotranspiración durante la estación seca, disminuyendo el tamaño de las hojas y haciéndolas más compactas. La pérdida de agua en la planta esta controlada por la transpiración; las variables que influyen en esta son a) la radiación solar, temperatura, humedad atmosférica y viento y, b) fisiológicas y morfológicas como la estructura de la hoja y el grado de abertura de los estomas

(Martín *et al.*, 1998). Al perder agua por estas adaptaciones las plantas corren el riesgo a ser inflamables pero si la planta permanece con suficiente humedad, tal inflamabilidad no se produce. Sin embargo existen algunas especies de plantas que se incendian a pesar de que estén húmedas, debido a la cantidad de sustancias volátiles que presentan, como es el caso de los eucaliptos (Elvira y Lara, 1989). Otros factores, que intervienen en la intensidad y velocidad de propagación del fuego son las características propias de la vegetación, como el grado de combustibilidad, que depende de la composición de la planta, densidad, calor específico y compactación de sus componentes. Una estructura de arbolado abierta, con abundante matorral y pasto seco, tiene muchas más posibilidades de arder que una con densidad elevada, que impide el crecimiento de un matorral vigoroso (Martín *et al.*, 1998).

En casi todo el mundo, la dominancia de los bosques de *Pinus* y *Quercus* sobre otras especies se debe a los incendios. Incluso las extensas áreas de bosque mixto de *Abies* y *Pinus* en los bosques boreales de Norteamérica y Eurasia están estructurados, en gran parte, por los incendios forestales (Bloomerg, 1950 en Spurr y Barnes, 1980).

En México, los incendios en su mayoría son de tipo superficial y una de las principales causas de deterioro de las zonas forestales, por la pérdida de biodiversidad y de recursos naturales. Además debido a su espectacularidad es uno de los fenómenos que mayor impacto causan en la opinión pública, atribuyéndoles equivocadamente que son la principal causa de la deforestación.

Los incendios naturales constituyen aproximadamente el 5% de los incendios en el país; casi la totalidad de los incendios ocurridos (95%), se deben a causas humanas, ya sean por accidente, intencionalidad o negligencia. En particular, cerca del 60% de los incendios forestales, en México, tienen su origen en el uso del fuego con fines agropecuarios y silvícolas (Santiago *et al.*, 1999 en Martínez-Martínez, 2003).

Los estados con mayor número de incendios son el Estado de México con 1948 incendios en promedio al año, seguido por el Distrito Federal con un total de 1111 incendios anuales. A pesar de la gran cantidad de incendios forestales que ocurren en el Distrito Federal, la superficie afectada es baja en comparación con los demás estados de la República, por lo que ocupa el lugar 21 con relación a la superficie afectada al año (SEMARNAT, 2004).

La presente investigación se realizó en la cuenca del río Magdalena (CRM), en el D. F., por ser una zona muy importante tanto a nivel florístico como hidrológico, formando parte del suelo de conservación de la Ciudad de México.

2. OBJETIVOS

2.1 Generales

- Conocer la frecuencia de los incendios forestales y su relación con la precipitación pre-incendio en el período de 1995 a 2004 en la cuenca del río Magdalena, D. F.
- Encontrar las diferencias de riqueza y cobertura entre las áreas incendiadas y no incendiadas para las comunidades de *Quercus*, *Abies religiosa* y *Pinus hartwegii*.

2.2 Particulares

- Analizar la relación entre el número de incendios y la precipitación que cae 15 días antes de estos.
- Encontrar el umbral de precipitación, en el cual por debajo de este, se presentan con mayor frecuencia los incendios.
- Determinar cuales fueron las comunidades más afectadas según el número y frecuencia de incendios durante el período de 1995-2004.
- Comparar áreas incendiadas en el período de 1995 a 1998, y no incendiadas mediante el índice de similitud de Jaccard.

3. ÁREA DE ESTUDIO

3.1 Localización

La cuenca del río Magdalena se encuentra en la Cordillera Volcánica Transmexicana entre los $19^{\circ}14'35''$ y $19^{\circ}17'53''$ N y los $99^{\circ}15'06''$ y $99^{\circ}20'18''$ W (Ávila-Ackerberg, 2004). Con una dirección SW-NE, forma parte de la cuenca de México en la vertiente occidental de la sierra de las Cruces (Ávila-Ackerberg, 2002) en la región de la Sierra del Chichinautzin; constituye el parteaguas entre las cuencas de México y del Balsas (García Falcón, 1979 en: Nieto, 1995). La CRM dentro del Distrito Federal comprende en su mayoría a la delegación Magdalena Contreras con un 78%, la delegación Álvaro Obregón 5% y Cuajimalpa 17% (Figura 1) (Ávila-Ackerberg, 2004). Limita al N con los pueblos de San Bartolo Ameyalco, Santa Rosa y el Desierto de los Leones con el paraje de la Cruz de Coloxtitla y el cerro San Miguel; al S con los montes de la Hacienda de la Esclava y el Ejido San Nicolás Totolapan; al oriente colinda con el pueblo de San Nicolás Totolapan y al poniente con el municipio de Ocoyoacac en el Estado de México (Ávila-Ackerberg, 2002).

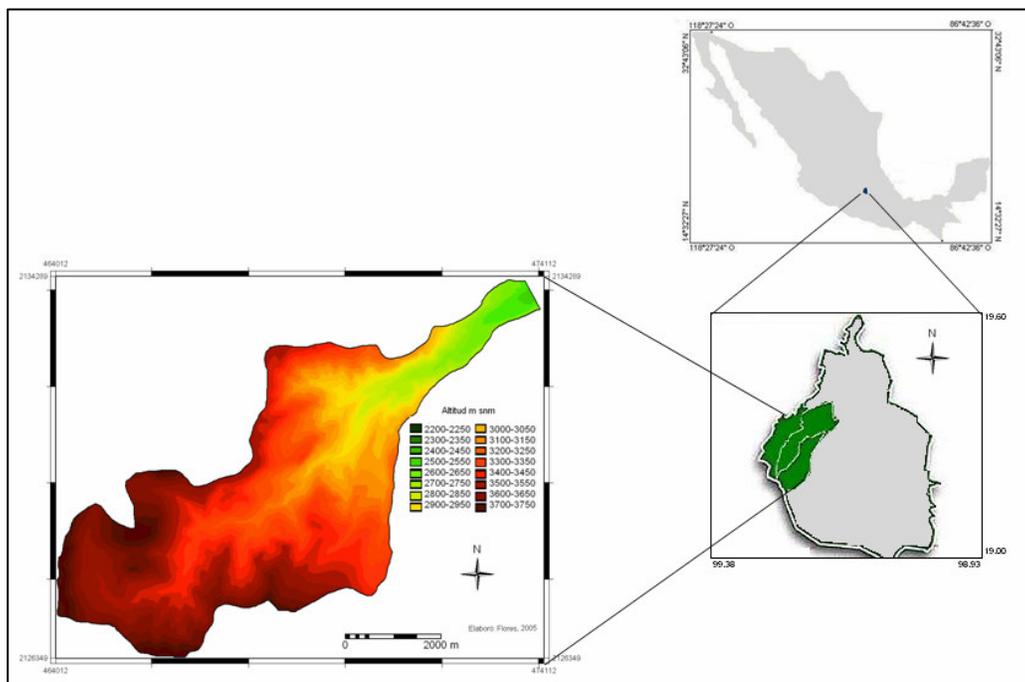


Figura 1. Localización de la CRM, D. F.

3.2 Comunidades vegetales y flora

La vegetación de la CRM se caracteriza por el predominio de elementos holárticos en el estrato arbóreo, y neotropicales en los estratos arbustivo y herbáceo, formando un complejo mosaico con los elementos autóctonos (Rzedowski, 1994). Biogeográficamente se ubica en una zona de gran influencia neártica, existen además elementos de origen neotropical antiguo y nativos que la caracterizan (Luis, 1985). Las comunidades vegetales crecen en un relieve montañoso, en el cual existen indicios de algunos conos volcánicos con estructuras muy erosionadas o sepultadas por formaciones posteriores, como el cerro San Miguel y el de La Palma (Carabias, 1976).

En la CRM la altitud aumenta en dirección NE a SW en ambos lados del río Magdalena. El cerro más alto es “El Muñeco” con 3 850 m snm, y se encuentra en el extremo SW de la cuenca.

Para los fines de esta tesis se utilizaron tres tipos de comunidades vegetales, descritas por Rzedowski (1978) para la República Mexicana así como algunas unidades de vegetación propuestas por Ávila-Ackerberg (2004) para la CRM.

Las comunidades vegetales se encuentran desde los 2 570 m snm en el NE, donde se separa el área protegida de la zona urbana. A partir de esta altitud y hasta los 3 000 m snm se localiza la comunidad de *Quercus* cuyas principales especies son *Quercus rugosa* y *Q. laurina*, (Ávila-Ackerberg, 2002), desarrollándose en suelos de tipo Feozem, en pequeñas porciones; a los 2600 m snm se forma el Feozem hápico intercalado con Litosol y Andosol húmico (Álvarez, 2000 y COCODER, 1998). En esta parte de la cuenca se presenta el subtipo climático C (w2) (w) (i) g, templado subhúmedo, el más húmedo de los subhúmedos, con lluvias en verano y un cociente de P/T mayor de 55.0; temperatura media anual entre 12° y 18° C, con poca oscilación térmica y marcha de la temperatura tipo Ganges y precipitación de 1 200 mm (García, 1988 y García *et al.*, 1997).

De los 3 000 a los 3 600 m snm se desarrolla la comunidad de *Abies religiosa* (Ávila-Ackerberg, *op. cit.*) estableciéndose en suelos de tipo Andosol, que es el más abundante en la cuenca, el Andosol mólico se presenta entre los 3 000 a los 3 100 m snm; el tipo Litosol, aparece en la porción N de la zona, entre el río Magdalena y los cerros Meyúca y Cajetes y al W, en el límite con la delegación Álvaro Obregón, entre

los 3 300 y 3 400 m snm, este tipo de suelo esta intercalado con suelos de tipo Andosol húmico (Álvarez, 2000 y COCODER, 1988). El clima en este bosque es Cb' (w2) (w) i g, semifrío con verano fresco largo, el más húmedo de los subhúmedos, con lluvias en verano, cociente de P/T mayor de 55.0; temperatura media anual entre 5° y 12° C, isotermal y marcha de la temperatura tipo Ganges. Precipitación mayor a 1 500 mm (García, 1988 y García *et al.*, 1997).

La comunidad de *Pinus hartwegii* se establece desde los 3 600 hasta los 3 750 m snm, se desarrolla sobre un suelo de tipo Andosol, (Ontiveros, 1980) acompañado en la porción SW en el límite del Estado de México por una pequeña unidad de Andosol ócrico (Álvarez, 2000 y COCODER, 1988). El tipo climático en esta comunidad vegetal es el mismo que en la comunidad de *Abies religiosa*.

Ávila-Ackerberg (*op. cit.*) registró para la zona un total de 532 especies vegetales que pertenecen a 92 familias y 274 géneros. Las familias con mayor número de especies son Asteraceae 14%, Poaceae 8%, Cruciferae 4% y Fabaceae 4% y las de mayor número de géneros son Asteraceae 39, Poaceae 21, Cruciferae 12 y Fabaceae 12. Los géneros con más especies en el área son *Eupatorium* 13, *Senecio* 13 y *Salvia* 12.

El estrato herbáceo es el que presenta mayor número de especies con aproximadamente el 68% (361 spp.) seguido del arbustivo con 13% (70 spp.), el arbóreo con 10% (55 spp) y los estratos restantes (herbáceo y rastrero) con 8% (45 spp).

3.3 Estatus legal

Actualmente la zona de estudio cuenta con un acuerdo de protección realizado en 1932, en el que se declaró “Zona Protectora Forestal Bosques de la Cañada de Contreras” con una extensión de 3 100 ha, y posteriormente un decreto presidencial en el que se declara “Zona de protección forestal del río Magdalena” en mayo de 1947, a la zona comprendida por “una faja de 12 Km desde el nacimiento del río hacía aguas abajo y 500 metros a cada lado de su cauce”. Por otro lado, el Programa de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal, publicado en 2000, se contrapone parcialmente tanto al acuerdo como al decreto, ya que en este Programa se considera

como área natural protegida una superficie de solo 215 ha con categoría de Zona Protectora Forestal (Ávila-Ackerberg, 2004).

En el laboratorio de Estudios de Montaña del Departamento de Ecología y Recursos Naturales de la Facultad de Ciencias, UNAM, se han efectuado varios estudios en esta zona y se ha tomado como extensión total de la cuenca lo que corresponde al parteaguas de la misma que son 2 925 ha (Ávila-Ackerberg, *op. cit.*) y que es el criterio a seguir en este trabajo.

3.4 Actividades humanas

Las actividades económicas que se desarrollan en la cuenca son la agricultura, la ganadería y el turismo (Ontiveros, 1980). El régimen de tenencia de tierra en la CRM en su mayoría es comunal. La mayor parte es propiedad de la comunidad de Magdalena Atlitic y existen zonas de litigio con el ejido de San Nicolás Totolapan (693 ha) y la comunidad de San Mateo Tlaltenango (357 ha) (Ávila-Ackerberg, *op. cit.*).

4. MÉTODO

La metodología propuesta en este trabajo, consistió principalmente en la revisión documental, trabajo de campo y análisis de datos, que se desarrollaron como se muestra en la Figura 2.

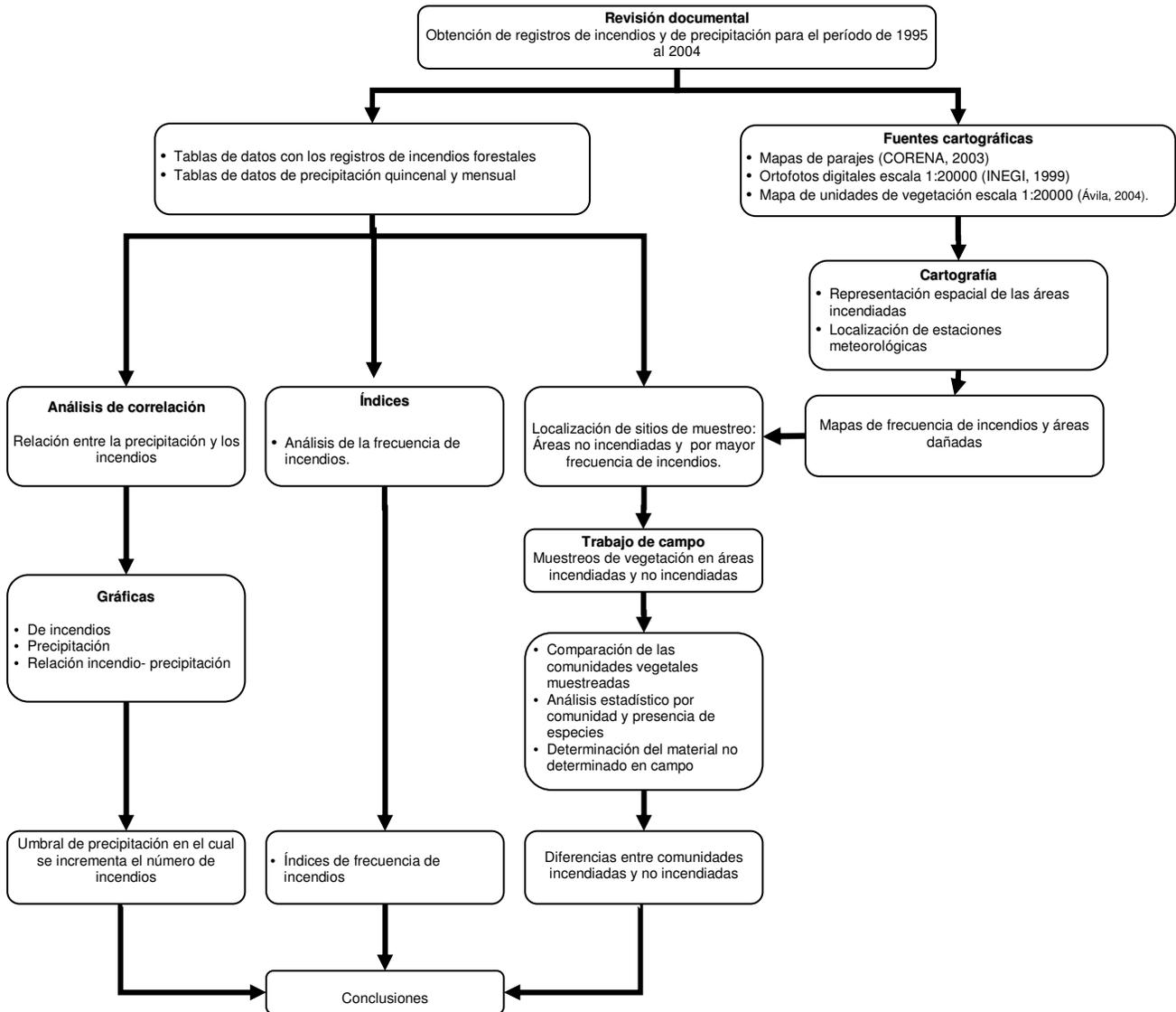


Figura 2. Diagrama de la metodología

4.1 Revisión documental

4.1.1 Incendios forestales

Con el fin de llevar a cabo el análisis de la frecuencia de incendios de la CRM para los años de 1995 a 2004, se hizo una búsqueda de información sobre los reportes de

incendios forestales que ocurrieron en dicha zona; estos datos fueron proporcionados por el departamento de incendios forestales de la Coordinación de Recursos Naturales del Distrito Federal (CORENA), la cual es la encargada de realizar el levantamiento de datos de cada incendio en el Distrito Federal y hacer registros en el momento de estos, para su posterior análisis.

Se consultaron todos los folios existentes de incendios forestales del Distrito Federal, los cuales fueron solo del período 1995-2004, debido a que para años anteriores no se tienen registrados los incendios. Se eligieron aquellos que correspondían a la cuenca del río Magdalena; cada folio cuenta con información precisa de cada evento y área afectada por el incendio, los datos están registrados por delegaciones, predios y parajes, el tipo y la superficie afectada por hectárea, esto es, si se dañó arbolado adulto, arbusto, ó herbáceas; la fecha, la hora de reporte y extinción del fuego, así como las causas del incendio.

Los datos utilizados fueron la localización del incendio, el tipo de superficie, el tamaño del área afectada en hectáreas y la fecha del siniestro. No se utilizaron los demás datos porque no se relacionaban con los objetivos propuestos. Los informes de incendios se organizaron en tablas con los registros diarios por año, que incluyen fecha del incendio, delegación, predio, paraje y el tipo de superficie afectada.

4.1.2 Precipitación

Para este análisis se utilizó una base de datos proporcionada por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de dos estaciones cercanas al área de estudio (Tabla 1). La precipitación se analizó a nivel quincenal para los años de 1995 a 2004 y se correlacionó con el número de incendios. Los datos de precipitación se organizaron por estación meteorológica, año y quincena.

Tabla 1. Características de las estaciones meteorológicas del área de estudio

ESTACION	Coordenadas geográficas UTM*		Altitud m snm
	Longitud	Latitud	
PRESA ANZALDO	476226	2137488	2 400
EL GAVILÁN	463517	2129432	3 700

* Universal Transverse Mercator Zona 14.

En el análisis de la relación entre la precipitación y los incendios se dividió la cuenca en dos subtipos climáticos con base en el mapa de climas de México de García *et al.*

(1997). La información de la estación Presa Anzaldo se relacionó con los incendios localizados en el tipo climático C (w2) (w) (i) g, donde se desarrollan la comunidad de *Quercus* y otros tipos de comunidades, estas se encuentran entre los 2 500 y los 3 000 m snm. Los incendios ocurridos entre los 3 000 y los 3 870 m snm se relacionaron con la estación el Gavilán, correspondientes al subtipo climático Cb'(w2)(w) i g, en este lapso altitudinal crecen las comunidades de *Abies religiosa* y de *Pinus hartwegii* (Figura 3). Es importante señalar que las estaciones meteorológicas alcanzan un radio de cobertura de 40 Km (Turner y Lawson, 1978).

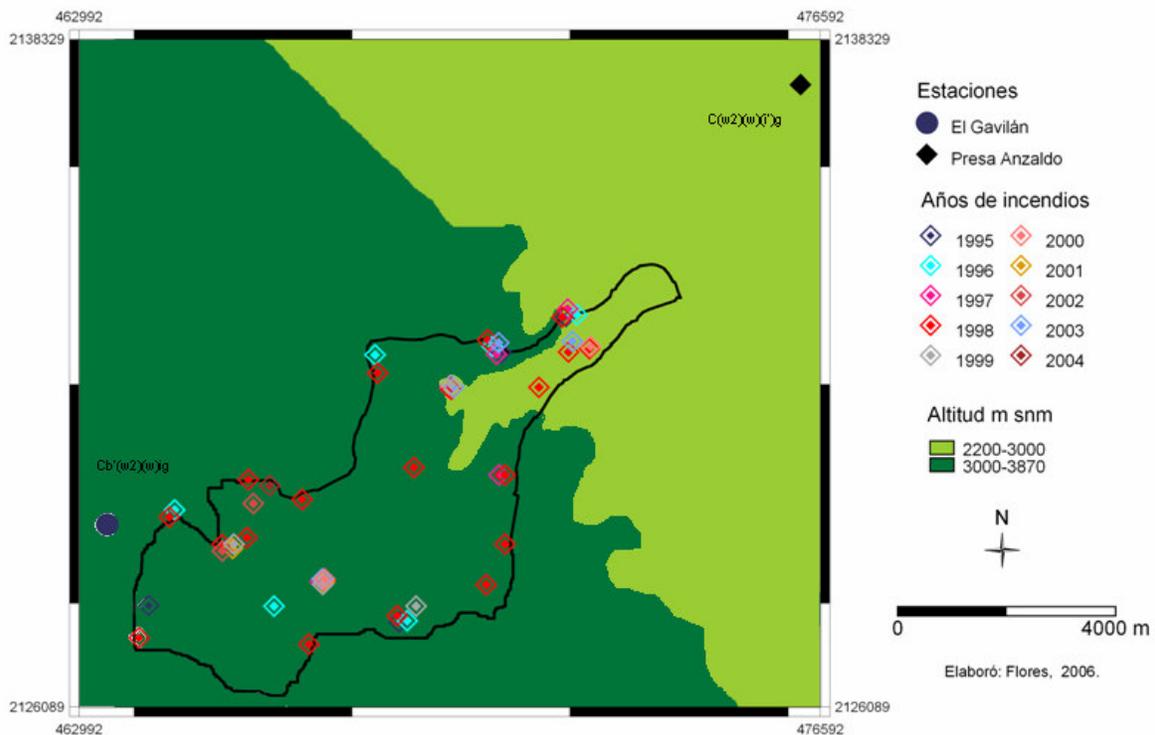


Figura 3. Localización de estaciones meteorológicas e incendios por año en la CRM, D. F.

4.2 Cartografía

Con el propósito de tener una representación espacial de la frecuencia de incendios y la superficie afectada por comunidad vegetal, se utilizó como base un mapa de parajes del Distrito Federal proporcionado por la CORENA (Anexo 1), así como ortofotos digitales de la CRM escala 1:75 000, (INEGI, 1999) y un mapa de unidades de vegetación y uso de suelo escala 1:20 000, realizado por Ávila-Ackerberg (2004).

Se elaboró un mapa de comunidades vegetales y uso de suelo a partir del mapa de Ávila-Ackerberg (*op. cit.*), y siguiendo la clasificación propuesta por Rzedowski (1978) para la vegetación de los bosques templados. Las categorías en este mapa fueron las comunidades de *Quercus*, *Abies religiosa*, *Pinus hartwegii*, agricultura, asentamientos humanos y otras comunidades, en esta última categoría se agruparon las unidades de vegetación propuestas por Ávila-Ackerberg (2004) de bosque mixto y mesófilo, matorral de *Furcraea parmentieri*, bosque de galería y pastizal.

Con la tabla general de incendios, el mapa de unidades de vegetación y uso de suelo y el mapa de parajes, se determinó la vegetación afectada por incendios de cada paraje, para los años de 1995 a 2004. Así mismo, se realizó un mapa de localización de puntos de frecuencia de incendios para todos los años. Además con las ortofotos digitales se elaboró un mapa de áreas con mayor frecuencia de incendios del año 1998.

4.3 Selección de sitios de muestreo y trabajo de campo

El trabajo de campo se realizó para encontrar las diferencias de riqueza de especies y cobertura entre áreas incendiadas y no incendiadas en tres comunidades vegetales de la CRM, las cuales fueron *Quercus*, *Abies religiosa* y *Pinus hartwegii*, ya que presentaron una mayor ocurrencia de incendios, además de que tienen una amplia cobertura dentro de la CRM. En la categoría de otras comunidades no se llevo a cabo el muestreo, ya que el número de incendios fue escaso.

En cada comunidad, se seleccionaron seis parcelas de las cuales tres fueron incendiadas y tres no incendiadas (Tabla 2). Para la determinación de las incendiadas, fueron seleccionados parajes que presentaron dos o más años con quemas durante el período de 1995 a 1998 y al menos un incendio en cada año. Se eligió este lapso de tiempo para homogeneizar los datos, esto es, tener los mismos años de quema, crecimiento de la vegetación y el mismo rango de tiempo sin incendios, además en el año de 1998 se registró un gran número de incendios en la cuenca y en la República Mexicana, afectando gran parte de la vegetación; mientras que en los años posteriores (1999 a 2004) los incendios forestales fueron pocos. Para elegir los levantamientos se utilizaron las tablas de datos de incendios y el mapa de localización de puntos de frecuencia de incendios.

El tamaño de cada parcela fue de 25 x 25 metros (625 m²), y el levantamiento de datos se realizó con base en la metodología de la escuela fitosociológica de Zürich-Montpellier (Braun-Blanquet, 1979; Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974), adaptado para montañas tropicales por Van der Hammen *et al.* (1989). El muestreo de las parcelas, se llevo a cabo durante el período de febrero a julio del 2004, y en cada una se obtuvo la siguiente información (Anexo 2).

- Nivel de deterioro de manera cualitativa (presencia de basura, ganadería, etc.).
- Inventario de especies.
- Porcentaje de cobertura por especie y estrato vegetal.

Con los valores obtenidos de cobertura de especies se realizó una tabla fitosociológica.

Las especies no identificadas en campo, se colectaron, etiquetaron y prensaron para su posterior determinación en laboratorio siguiendo la clasificación de Rzedowski y Rzedowski (2001).

Tabla 2. Localización de parcelas muestreadas en la CRM, D. F.

Tipo de comunidad	Parcela	Altitud m snm	Coordenadas UTM		Paraje	Presencia de incendios		Años de incendio	No. de veces incendiado
			Longitud	Latitud		SI	NO		
<i>Quercus</i>	1	2700	472406	2132424	Cerca de la planta potabilizadora		X		
<i>Quercus</i>	2	2700	472235	2132827	Planta potabilizadora		X		
<i>Quercus</i>	3	2744	472237	2133017	Cazulco		X		
<i>Quercus</i>	4	2900	471995	2133110	Meyúca medio	X		1995, 1996, 1997, 1998	18
<i>Quercus</i>	5	2929	471909	2133127	Meyúca	X		1995, 1996, 1997, 1998	18
<i>Quercus</i>	6	2927	471972	2133197	Meyúca	X		1995, 1996, 1997, 1998	18
<i>Abies religiosa</i>	7	3420	467666	2129933	Cerca de Temamatla		X		
<i>Abies religiosa</i>	8	3325	467785	2129004			X		
<i>Abies religiosa</i>	9	3253	468398	2129835	Cerca de las truchas		X		
<i>Abies religiosa</i>	10	3440	468362	2132249	Cruz de Coloxtitla	X		1995, 1997, 1998	5
<i>Abies religiosa</i>	11	3478	468317	2132005	Cruz de Coloxtitla	X		1995, 1997, 1998	5
<i>Abies religiosa</i>	12	3476	468365	2131897	Cruz de Coloxtitla	X		1995, 1997, 1998	5
<i>Pinus hartwegii</i>	13	3672	465043	2129475	Faldas del C. Palma		X		
<i>Pinus hartwegii</i>	14	3510	465105	2128520	Cerca de Cieneguillas		X		
<i>Pinus hartwegii</i>	15	3594	464934	2128609	Faldas del C. Gavilán		X		
<i>Pinus hartwegii</i>	16	3675	464809	2129706	Vaca muerta	X		1996, 1998	2
<i>Pinus hartwegii</i>	17	3580	468265	2127739	Entre Nezehuiloya y Loma de Coyote	X		1995, 1996, 1998	5
<i>Pinus hartwegii</i>	18	3649	468919	2127742	Loma de Coyote	X		1995, 1996, 1999	5

4.4 Análisis de datos

En el análisis del comportamiento de los incendios en relación con la precipitación, se elaboraron gráficas y tablas mensuales, sobre:

- El número de incendios por comunidad.
- El tipo de estrato afectado (arbóreo, arbustivo y herbáceo) por incendios forestales anual y mensual.
- Relación entre precipitación-incendios por periodos de 15 días.

Con las tablas de precipitación y de incendios forestales se realizó un análisis estadístico de correlación entre la cantidad de lluvia de los días previos al incendio y el número de incendios. Además, se obtuvo por quincena la cantidad mínima de precipitación para determinar su umbral, esto es, la cantidad de lluvia mínima necesaria por arriba de la cual los incendios disminuyen (Villers *et al.*, 2000).

4.5 Frecuencia de incendios

Para determinar la frecuencia de incendios se utilizaron los datos de la tabla general de incendios. Este análisis se realizó para las comunidades de *Quercus*, *Abies religiosa*, *Pinus hartwegii* y la categoría de otras comunidades que representa la vegetación no muestreada en campo, la cual comprende al bosque de *Pinus* spp., mixto, de galería, matorral *Furcraea parmentieri* y las zonas de plantación forestal.

La frecuencia de incendios indica la regularidad de la presencia de incendios en un lugar, se obtiene del número de incendios producido en un momento determinado, es decir, la cantidad promedio de incendios que ocurren en cierto tiempo en un determinado lugar (Magaña, 1985). Para lo cual, se calculó la frecuencia de incendios de cada año y para el período de 1995 a 2004. Posteriormente se calculó la frecuencia por comunidad vegetal para el mismo período.

4.6 Índices de similitud y análisis de cobertura

Los resultados de riqueza de los levantamientos fitosociológicos se compararon por comunidad vegetal mediante un índice de similitud, el cual determina la semejanza en la composición de especies entre un par de muestreos (Southwood, 1978; Brower y Zar, 1984; Jongman *et al.*, 1995; Dixon, 2001; Stiling, 2002). En este estudio, se aplicó el índice de Jaccard, por ser el más utilizado en estudios fitosociológicos (Jongman *et al.*, 1995), este índice es la proporción de especies comunes en dos sitios. Es decir, que tanto se parece una determinada área a otra, dentro de una misma comunidad. Este índice va de 0 a 1, donde 0 significa que no existe similitud y 1 es similitud total o del 100%, para lo cual se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de similitud de Jaccard} = \frac{c}{a+b+c}$$

Donde:

a = número de especies de la parcela a que no existen en la b

b = número de especies de la parcela b que no existen en la a

c = número de especies que tienen en común ambas parcelas

Las coberturas de las especies en áreas no incendiadas e incendiadas para una misma comunidad, se analizaron a partir de la tabla fitosociológica.

5. RESULTADOS

5.1 Estadísticas de incendios

El número total de incendios forestales en la CRM de 1995 a 2004 fue de 157 (Anexo 3). La temporada en la que se presentaron fue en los meses de enero a mayo, aunque, en algunos años se extendieron hasta junio. La mayor incidencia ocurrió en el mes de marzo con 41 incendios; la mayor superficie afectada fue en abril con un total de 390 ha (Figura 4).

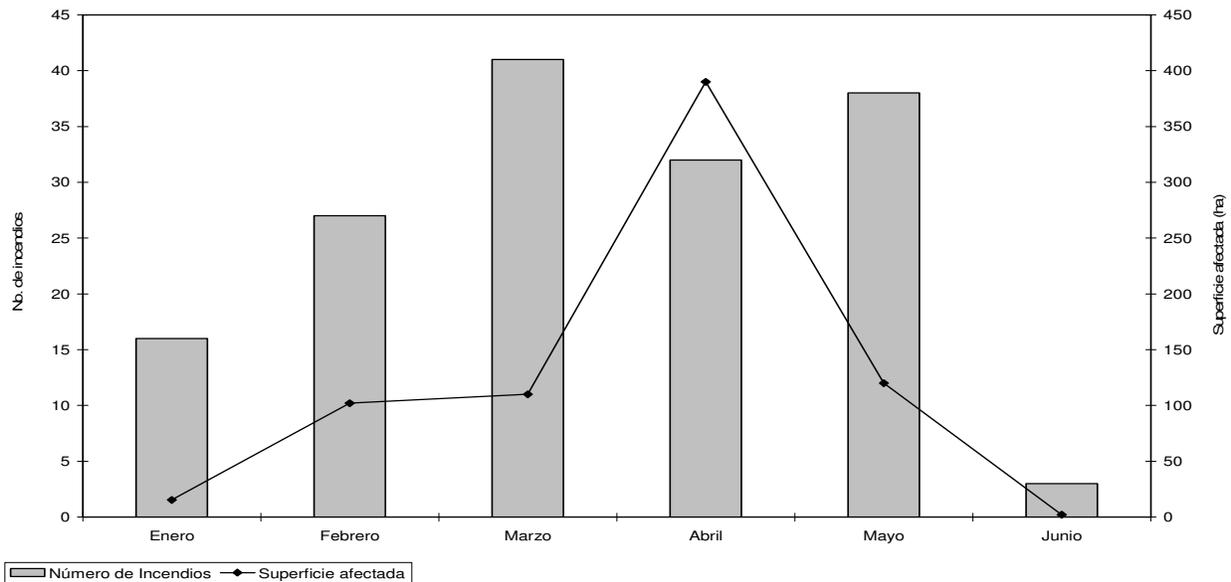


Figura 4. Superficie afectada y número de incendios de 1995 a 2004 en la CRM, D. F.

El año donde se presentó el menor número de incendios fue 2004 con solo un incendio, seguido por 2000, 2001 y 2002 con 2 incendios forestales. El mayor número de incendios anuales (80), ocurrió en 1998. La menor superficie afectada fue en el año 2000, con solo 0.6 ha; y la mayor fue en 1998 con 612.6 ha. El promedio de incendios y área afectada de 1995 a 1997 fue de 19 incendios y 34 ha. A partir de 1999 hasta 2004, el número promedio de incendios disminuyó a 3 y la superficie afectada a 4 ha.

Al analizar el número de incendios forestales por comunidad se encontró que en la categoría de otras comunidades ocurrieron 14 incendios, en la comunidad de *Quercus* 29, en la de *Pinus hartwegii* 47, por su parte *Abies religiosa* registró la mayor cantidad de incendios con un total de 67. La única comunidad que se incendió en los 10 años de estudio fue la de *Pinus hartwegii*.

De igual manera que con el número de incendios las comunidades menos afectadas superficialmente fueron, la categoría de otras comunidades con 18.04 ha y *Quercus* con 18.2 ha, la que ocupó el tercer lugar fue *Abies religiosa* con 138.5 ha, mientras que la comunidad con mayor daño superficial fue *Pinus hartwegii* con 564.7 ha (Tabla 3).

Tabla 3. Número total de incendios forestales y superficie afectada por comunidad, año y mes para la CRM, D. F.

Comunidad	Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	No. de incendios	Sup. afectada Total
<i>Quercus</i>	1995	0	0	0	0	1	0	1	1.5
	1997	2	4	3	2	1	0	12	5.1
	1998	0	3	5	0	4	1	13	7.5
	1999	0	0	1	0	0	0	1	3
	2000	0	0	0	0	1	0	1	0.2
	2003	0	0	0	0	1	0	1	1
Total por comunidad		2	7	9	2	8	1	29	18.2
<i>Abies religiosa</i>	1995	0	0	1	3	1	0	5	12.03
	1996	1	2	0	3	1	1	8	9.6
	1997	5	6	3	1	1	0	16	16.8
	1998	3	1	8	7	14	1	34	89.6
	1999	0	0	2	0	0	0	2	1
	2002	0	0	1	0	0	0	1	1.5
	2003	0	0	1	0	0	0	1	8
Total por comunidad		9	9	16	14	17	2	67	138.5
<i>Pinus hartwegii</i>	1995	0	0	0	6	1	0	7	43.1
	1996	0	0	0	1	1	0	2	6.5
	1997	2	3	0	0	0	0	5	3.3
	1998	1	2	12	4	5	0	24	501.5
	1999	0	0	1	2	0	0	3	5.7
	2000	0	1	0	0	0	0	1	0.4
	2001	0	0	1	0	1	0	2	2.7
	2002	0	0	0	1	0	0	1	0.5
	2003	0	0	1	0	0	0	1	0.2
	2004	0	1	0	0	0	0	1	0.9
Total por comunidad		3	7	15	14	8	0	47	564.7
*Otras Comunidades	1997	0	0	1	1	0	0	2	3.02
	1998	2	3	0	1	3	0	9	14.04
	1999	0	1	0	0	0	0	1	0.2
	2003	0	0	1	0	1	0	2	0.8
Total por comunidad		2	4	2	2	4	0	14	18.04
TOTAL		16	27	42	32	37	3	157	739.5

*Bosque de *Pinus sp.*, Bosque mixto, Bosque mesófilo, Matorral *Furcraea parmentieri*, Bosque de galería, Plantación Forestal.

El tipo de estrato que presentó un daño mayor en todas las comunidades fue el herbáceo con 702.9 ha afectadas, donde la comunidad de *Pinus hartwegii* presentó la mayor afectación, seguido por la de *Abies religiosa*, *Quercus* y el resto de las

comunidades. El daño al estrato arbóreo fue de solo 12 ha en *Pinus hartwegii* y 2 ha en *Abies religiosa*, y sólo ocurrió durante 1998 (Figura 5).

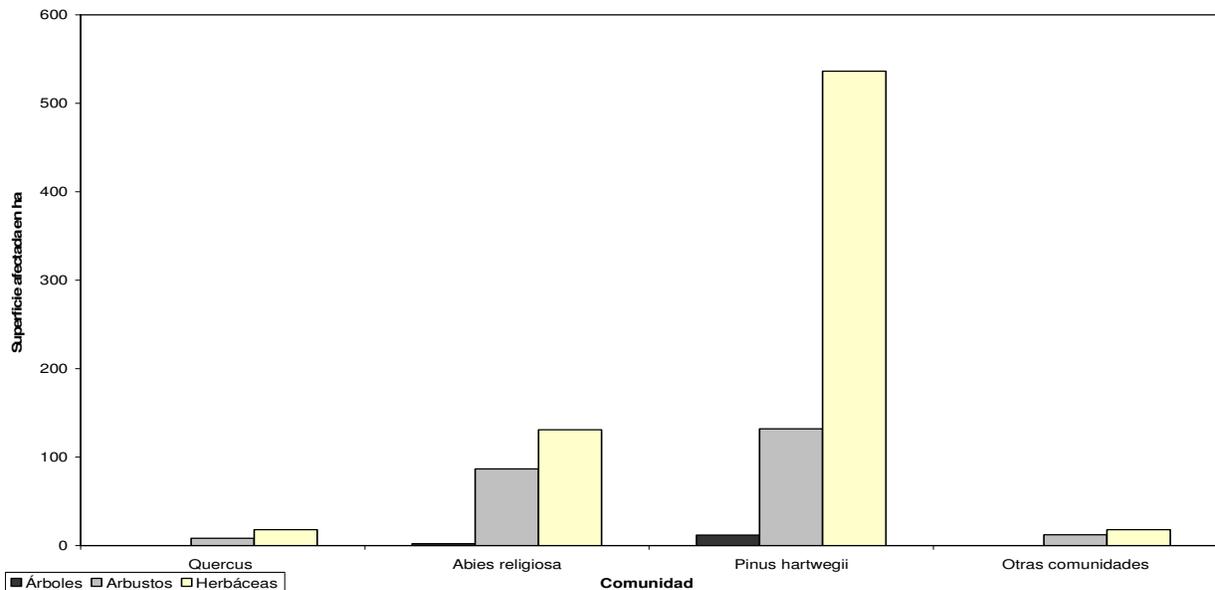


Figura 5. Estratos afectados por comunidad vegetal, en la CRM, D. F.

5.2 Estadísticas de precipitación

La precipitación anual de la CRM registrada en la estación Presa Anzaldo fue de 641.8 mm para el período 1995-2004, mientras que para la estación El Gavilán fue de 761.4 mm. Cabe recordar que las comunidades correspondientes a cada estación son *Quercus* y la categoría de otras comunidades para la estación Presa Anzaldo; las comunidades de *Abies religiosa* y *Pinus hartwegii* para El Gavilán.

La temporada de lluvia se presenta principalmente durante los meses de mayo a octubre (García, 1965), extendiéndose en algunos años hasta noviembre. La precipitación en la temporada húmeda en la estación Presa Anzaldo fue de 574.2 mm y en la estación El Gavilán de 622.04 mm.

La época de sequía es de noviembre a abril (García, 1965), ampliándose también en algunos años como 1997 y 1998 hasta mayo o junio; la precipitación en la estación Presa Anzaldo y El Gavilán, en la temporada seca, fue de 67.6 mm y 76.5 mm respectivamente.

5.3 Relación precipitación-incendios

La relación que existe entre la precipitación previa a los incendios y el número de incendios, de 1995 a 2004, se presenta en las Figuras 6 y 7. Excepto para el año 2001 por no contar con los registros de precipitación.

Esta comparación se hizo en acumulados quincenales en los periodos de diciembre a junio de cada año, ya que los incendios ocurridos en la cuenca fueron solo durante esta época.

En el área que corresponde a la estación Presa Anzaldo la cantidad de precipitación fue de 642 mm y el número de incendios de 63, mientras que en la de El Gavilán la precipitación fue de 697.5 mm y el número de incendios de 92. La diferencia encontrada en el número de incendios entre las estaciones meteorológicas se debe a la superficie, ya que en las altitudes mayores la vegetación pertenece a *Pinus hartwegii* y *Abies religiosa*, donde la suma de sus áreas da un total de 2 453 ha mientras que en *Quercus* y otras comunidades es de 473 ha. Esto quiere decir que en las comunidades correspondientes a la estación el Gavilán hay 8 incendios por cada 223 ha y en las de Presa Anzaldo 31 incendios por cada 223 ha.

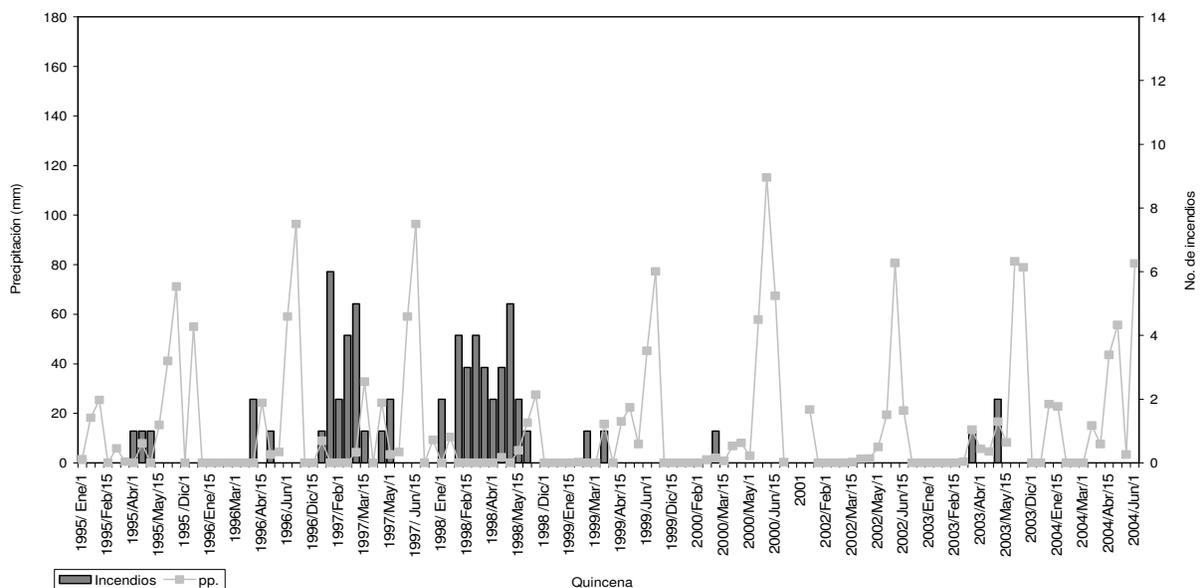


Figura 6. Precipitación-incendios de 1995-2004. Estación Presa Anzaldo 2 400 m snm, Comunidad de *Quercus* y otras comunidades.

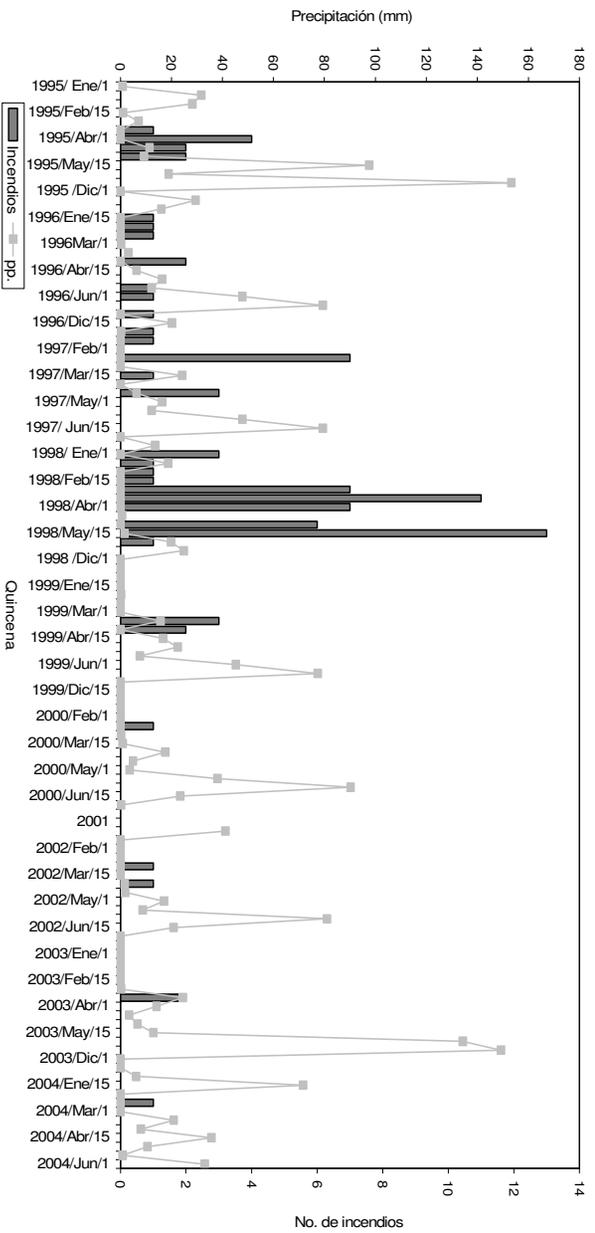


Figura 7. Precipitación – incendios de 1995-2004. Estación el Gavilán 3 700 m snm, Comunidad de Abries religiosa y *Pinus hartwegii*.

En el año de 1998 se presentó un aumento considerable en el número de incendios y una baja de precipitación; debido a esto se hicieron gráficas a partir de 1997, ya que este año fue el segundo en presentar mayor número de incendios (Figuras 8 y 9).

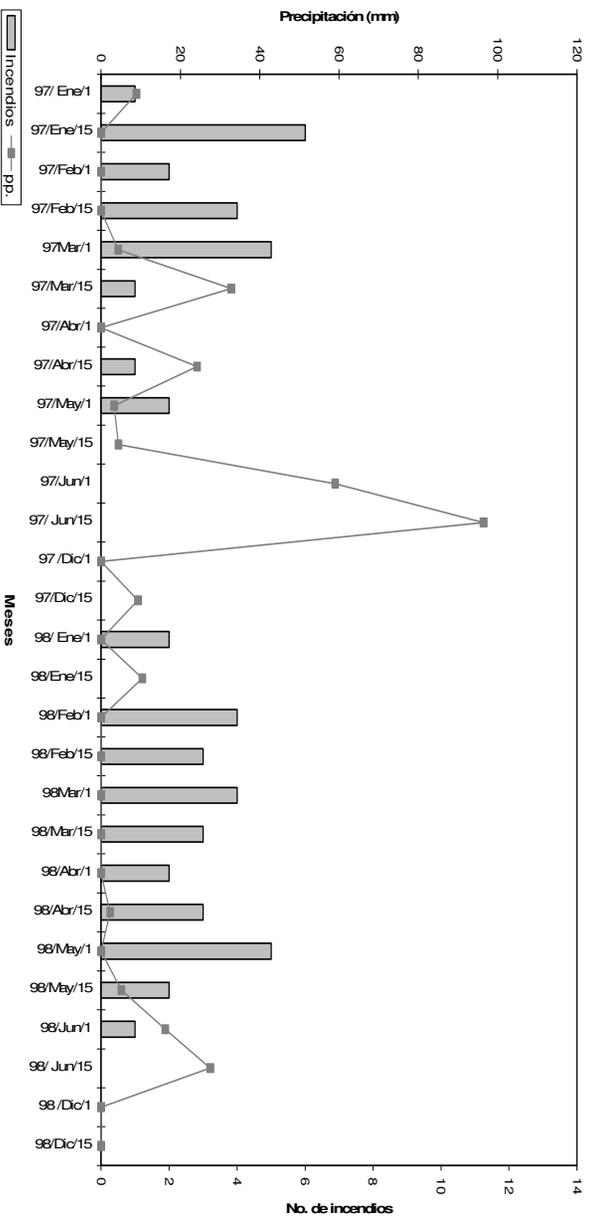


Figura 8. Precipitación-incendios de 1997–1998. Estación Presa Anzaldo, 2 400 m snm. Comunidad de *Quercus* y otras comunidades.

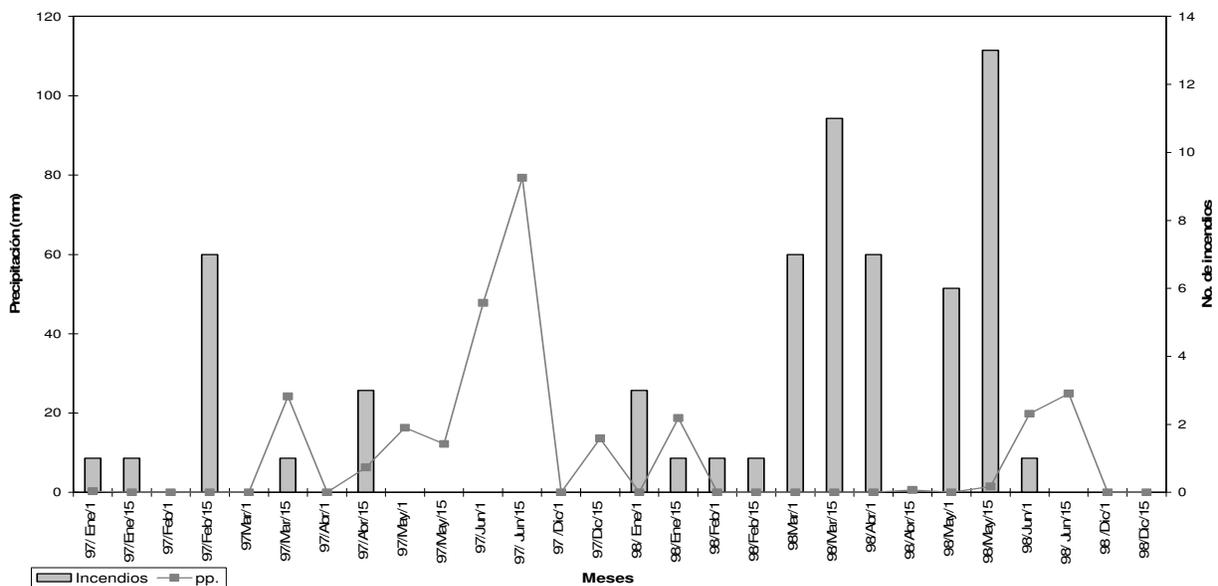


Figura 9. Precipitación-incendios de 1997–1998. Estación el Gavilán, 3700 m snm. Comunidad de *Abies religiosa* y *Pinus hartwegii*.

A diferencia de los resultados obtenidos en la relación precipitación-incendios para 1995 a 2004, el análisis particular de 1997-1998 muestra que la estación con mayor precipitación y menor número de incendios, en las quincenas previas a los incendios fue la de Presa Anzaldo, en las épocas secas la precipitación fue de 304.1 mm y el número de incendios registrados fue de 51; por el contrario la precipitación de la estación El Gavilán en la misma época fue de 265.51 mm y el total de incendios fue de 64. Lo que significa que en estos años por cada 223 ha, en las comunidades correspondientes a la Presa Anzaldo existen 24 incendios y en las de El Gavilán solo 6.

5.4 Coeficiente de correlación y umbral de precipitación

El análisis de correlación muestra que no existe una relación inversamente proporcional entre el número de incendios y la cantidad de lluvia 15 días antes de un incendio. Para la estación El Gavilán el coeficiente de correlación fue de -0.3 y para la estación Presa Anzaldo el coeficiente fue de -0.2.

Los datos gráficos demuestran que para los años de 1995 a 2004 el umbral de precipitación para la CRM fue de 25 mm, esto significa que por debajo de este existe una mayor ocurrencia de incendios.

5.5 Frecuencia de incendios en la cuenca del río Magdalena

En la CRM, se presentó una frecuencia de 3 incendios por año en el período de 1995-2004. Los meses que presentaron mayor frecuencia de incendios fueron marzo con 4.1 y mayo con 3.7. Omitiendo el excesivo número de incendios del año 1998, para evitar un sesgo, la frecuencia de incendios anual para la cuenca fue de 1.4 y los meses con mayor frecuencia fueron febrero y marzo con 2.2 y 2.1 respectivamente. Para cada comunidad vegetal, existe una variación en la frecuencia de incendios de manera tal que en la comunidad de *Quercus* el número promedio de incendios en el período estudiado fue de 0.5, para *Abies religiosa* de 1.1, en *Pinus hartwegii* de 0.8 y para las otras comunidades de 0.2 (Tabla 4 y Figura 10).

Tabla 4. Frecuencia de incendios por comunidad y año en la CRM, D. F.

Comunidad	Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	No. total de incendios	Frecuencia de incendios por año
<i>Quercus</i>	1995	0	0	0	0	1	0	1	0.2
	1996	0	0	0	0	0	0	0	0
	1997	2	4	3	2	1	0	12	2
	1998	0	3	5	0	4	1	13	2.2
	1999	0	0	1	0	0	0	1	0.2
	2000	0	0	0	0	1	0	1	0.2
	2001	0	0	0	0	0	0	0	0
	2002	0	0	0	0	0	0	0	0
	2003	0	0	0	0	1	0	1	0.2
	2004	0	0	0	0	0	0	0	0
Frecuencia por comunidad		0.2	0.7	0.9	0.2	0.8	0.1	29	0.5
<i>Abies religiosa</i>	1995	0	0	1	3	1	0	5	0.8
	1996	1	2	0	3	1	1	8	1.3
	1997	5	6	3	1	1	0	16	2.7
	1998	3	1	8	7	14	1	34	5.7
	1999	0	0	2	0	0	0	2	0.3
	2000	0	0	0	0	0	0	0	0
	2001	0	0	0	0	0	0	0	0
	2002	0	0	1	0	0	0	1	0.2
	2003	0	0	1	0	0	0	1	0.2
	2004	0	0	0	0	0	0	0	0
Frecuencia por comunidad		0.9	0.9	1.6	1.4	1.7	0.2	67	1.1
<i>Pinus hartwegii</i>	1995	0	0	0	6	1	0	7	1.2
	1996	0	0	0	1	1	0	2	0.3
	1997	2	3	0	0	0	0	5	0.8
	1998	1	2	12	4	5	0	24	4
	1999	0	0	1	2	0	0	3	0.5
	2000	0	1	0	0	0	0	1	0.2
	2001	0	1	0	0	1	0	2	0.3
	2002	0	0	0	1	0	0	1	0.2
	2003	0	0	1	0	0	0	1	0.2
	2004	0	1	0	0	0	0	1	0.2
Frecuencia por comunidad		0.3	0.8	1.4	1.4	0.8	0	47	0.8
*Otras Comunidades	1995	0	0	0	0	0	0	0	0
	1996	0	0	0	0	0	0	0	0
	1997	0	0	1	1	0	0	2	0.3
	1998	2	3	0	1	3	0	9	1.5
	1999	0	1	0	0	0	0	1	0.2
	2000	0	0	0	0	0	0	0	0
	2001	0	0	0	0	0	0	0	0
	2002	0	0	0	0	0	0	0	0
	2003	0	0	1	0	1	0	2	0.3
	2004	0	0	0	0	0	0	0	0
Frecuencia por comunidad		0.2	0.4	0.2	0.2	0.4	0	14	0.2
Frecuencia de incendios en la CRM		1.6	2.8	4.1	3.2	3.7	0.3	157	2.6

*Bosque de *Pinus sp.*, Bosque mixto, Bosque mesófilo, Matorral *Furcraea parmentieri*, Bosque de galería, Plantación Forestal.
N= año con mayor frecuencia de incendios

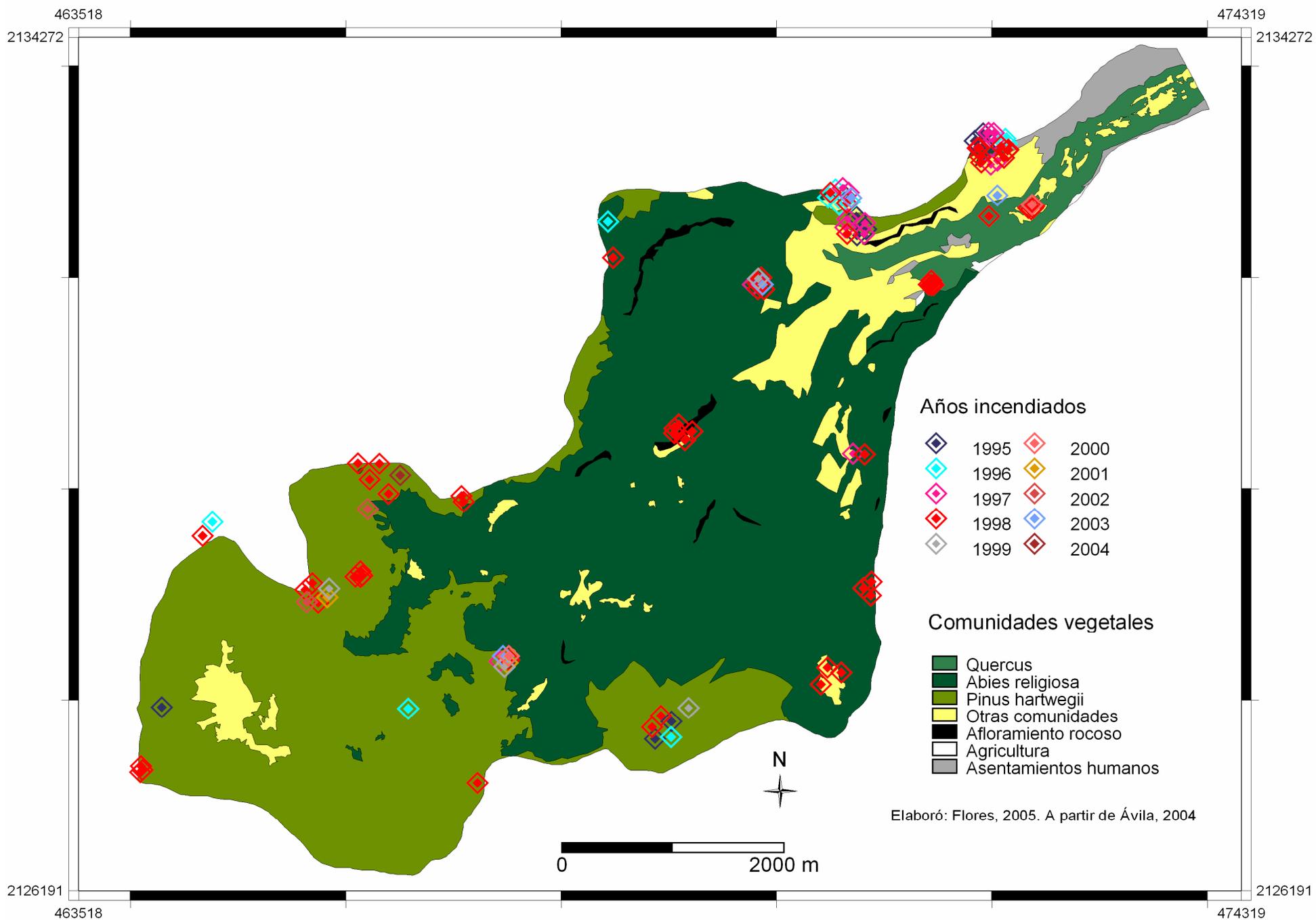


Figura 10. Localización de las áreas incendiadas en la CRM, D. F. de 1995 a 2004

5.5.1 Frecuencia de incendios en los años de 1997 y 1998

Los años 1997 y 1998 presentaron la mayor frecuencia de incendios de todo el período de estudio, la cual fue de 6 incendios por mes para 1997 y 13 para 1998. Dado que en este último año también ocurrió un gran daño en la superficie de la CRM, se ubicaron los parámetros de la frecuencia de incendios y el área dañada en un mapa de comunidades vegetales, definiendo el tipo de bosque afectado por mes durante todo ese año.

El análisis de la fotointerpretación pone de manifiesto que el tipo de comunidad con mayor superficie afectada fue la de *Pinus hartwegii* con 501.5 ha, también indica que *Abies religiosa* fue la que presentó una mayor frecuencia con 6 incendios por mes en 1998 (Figura 11).

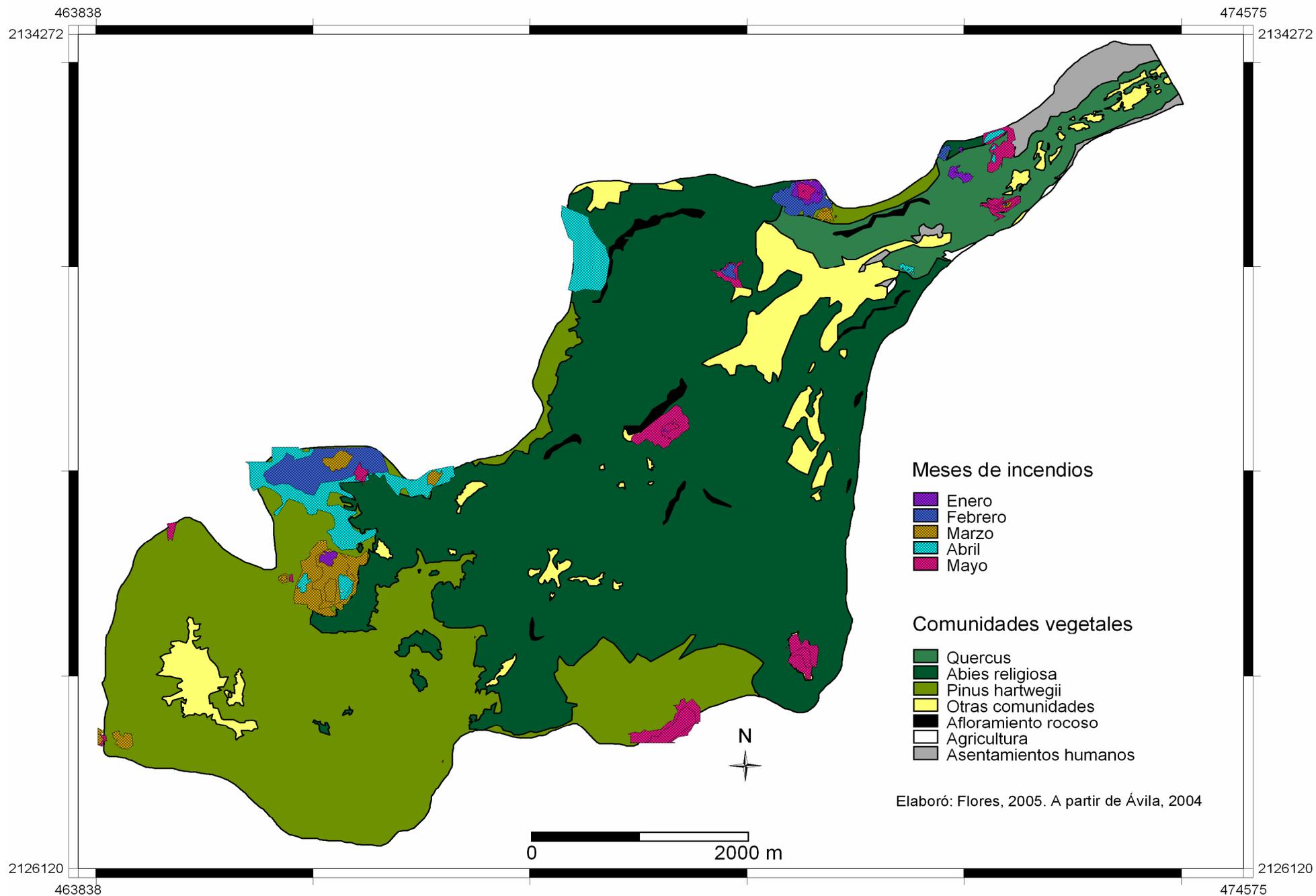


Figura 11. Localización de áreas incendiadas durante los meses de enero a mayo del año 1998 en la CRM, D. F.

5.6 Riqueza de especies vegetales en la cuenca del río Magdalena

Los datos de cobertura de cada especie por comunidad para las 18 parcelas (Figura 12) se presentan en la Tabla 6. En total se registraron 139 especies correspondientes a 72 géneros y 37 familias (Anexo 4), las cuales se distribuyen en las tres comunidades muestreadas. Los porcentajes de cobertura en los diferentes estratos fueron de 34% en el rasante, 63% en el herbáceo, 33% en el arbustivo y 39% en el arbóreo.

En las áreas no incendiadas se registraron, 91 especies, 55 géneros y 31 familias, en las incendiadas se contabilizaron un total de 85 especies, 52 géneros y 28 familias.

Las familias Asteraceae con el 21% de especies, Solanaceae con el 10% y Lamiaceae y Poaceae con el 8% fueron las más dominantes en las áreas no incendiadas; mientras que en áreas incendiadas fueron las familias Asteraceae con el 28%, Poaceae con el 7% y Caryophyllaceae con el 6% (Tabla 5).

Tabla 5. Número de especies por familia en las zonas estudiadas de la CRM, D. F.

Familia	Áreas no incendiadas	Áreas incendiadas
	No. de especies	No. de especies
1 Agavaceae	0	1
2 Amaranthaceae	1	0
3 Amaryllidaceae	0	1
4 Apiaceae	1	2
5 Aspleniaceae	1	0
6 Asteraceae	19	24
7 Caryophyllaceae	4	5
8 Clethraceae	1	0
9 Commelinaceae	0	1
10 Crassulaceae	0	2
11 Cupressaceae	1	0
12 Ericaceae	1	4
13 Fabaceae	0	2
14 Fagaceae	2	2
15 Garryaceae	1	0
16 Geraniaceae	2	3
17 Grossulariaceae	1	1
18 Hydrophyllaceae	2	1
19 Lamiaceae	7	4
20 Loganiaceae	1	2
21 Lomariopsidaceae	1	0
22 Lythraceae	1	1
23 Onagraceae	2	2
24 Orobanchaceae	1	1
25 Oxalidaceae	1	1
26 Pinaceae	3	3
27 Poaceae	7	6
28 Polygalaceae	1	0
29 Pteridaceae	3	3
30 Pyrolaceae	1	0
31 Ranunculaceae	1	1
32 Rhamnaceae	0	1
33 Rosaceae	6	4
34 Rubiaceae	4	2
35 Scrophulariaceae	4	4
36 Smilacaceae	1	0
37 Solanaceae	9	1
Totales	91	85

Tabla 6. Tabla fitosociológica de las comunidades de áreas no incendiadas e incendiadas

No. de levantamiento		13	15	14	16	18	17	7	9	8	11	12	10	3	1	2	5	6	4	
Estrato		3672	3594	3510	3675	3649	3580	3420	3253	3325	3478	3476	3440	2744	2700	2700	2929	2927	2900	
Cobertura (%) de:																				
arbóreo		50	10	50	30	60	15	70	40	70	1	5	0	60	75	45	50	60	10	
arbustivo		0	0	0	0	-1	0	50	60	70	80	40	50	65	5	90	30	60	2	
herbáceo		95	95	80	90	80	30	60	80	15	50	40	45	45	20	40	90	90	90	
rasante		30	60	70	15	80	50	60	90	25	60	20	1	20	10	10	1	1	0	
Presencia/ausencia de incendios		No l.	No l.	No l.	l.	l.	l.	No l.	No l.	No l.	l.	l.	l.	No l.	No l.	No l.	l.	l.	l.	
Comunidad		Pinus hartwegii						Abies religiosa						Quercus						
A	<i>Pinus hartwegii</i>	40	10	50	30	60	15													
H	<i>Festuca toluensis</i>	90	90	50	80	80	50													
H	<i>Oxalis sp.</i>	2	10	2	1	-1	-1													
AR	<i>Penstemon campanulatus</i>	1	2	5	3	-1	1					1	5							
H	<i>Eupatorium schaffneri</i>	-1	-1	1	-1	1	-1													
H	<i>Potentilla candicans</i>	-1		2	-1	-1	-1													
H	<i>Helenium scorzoneraefolium</i>		5	5	-1	-1														
H	<i>Eryngium sp.</i>	1	-1	1			-1													
H	<i>Cuphea aequipetala</i>	-1		1	-1															
H	<i>Potentilla rubra</i>	-1	-1																	
H	<i>Drymaria molluginea</i>		-1	-1	-1															
H	<i>Ranunculus multicaulis</i>	-1				1	-1													
AR	<i>Vaccinium caespitosum.</i>	-1				-1														
H	<i>Drymaria leptophylla</i>	-1					-1													
H	<i>Lamium purpureum</i>	-1					-1													
H	Poaceae 3					2														
A	<i>Abies religiosa</i>							60	50	70	1	-1								
AR	<i>Senecio angulifolius</i>							60	25	70		-1			-1	-1				
AR	<i>Acaena elongata /sp.</i>					-1		40	30	30	3									
AR	<i>Senecio cinerarioides</i>					-1					80	5	50							
H	<i>Lupinus montanus</i>				-1	-1	-1				1	1	5						-1	
AR	<i>Salvia gesneriflora y sp.</i>							5	10	2		5								
AR	<i>Senecio barba-johannis</i>								5	1	-1	-1			-1	50				
AR	<i>Fuchsia thymifolia</i>								5	1	3				1		-1	1		
AR	<i>Baccharis conferta</i>									-1		30	-1						-1	
H	<i>Brachypodium pringlei</i>							50												
R	<i>Alchemilla vulcanica</i>						10	30												
H	Poaceae 7								60											
AR	<i>Ribes ciliatum y sp.</i>									2		3								
AR	<i>Buddleja parviflora</i>										-1	4								
H	<i>Muhlenbergia quadridentata y sp.</i>				3							1	20							
H	<i>Penstemon gentianoides</i>									-1		1								
H	<i>Hedyotis pygmaea</i>							1					-1							
AR	<i>Monnina ciliolata</i>							1		1										
H	<i>Monotropa uniflora</i>								-1	-1										
H	<i>Senecio toluccanus</i>									-1		-1								
H	<i>Eupatorium sp 1</i>								3											
H	<i>Physalis chenopodiifolia</i>								3											
H	<i>Senecio argutus</i>											5								
H	<i>Gnaphalium sp 1</i>											1	5							
H	Poaceae 5											2								
H	<i>Geranium 3</i>								1				-1							
H	<i>Sibthorpia repens</i>									2										
A	<i>Quercus rugosa</i>													20	60	40	30	60	20	
A	<i>Quercus laurina</i>													20	40		1			
AR	<i>Ceanothus caeruleus</i>																20	10	3	
H	<i>Pasto sp</i>					-1				1			-1				90		80	
AR	<i>Garrya laurifolia</i>													20	-1	-1				
H	<i>Conopholis alpina</i>														-1	5		-1		
AR-H	<i>Archibaccharis serratifolia</i>														-1	1			1	
A	<i>Arbutus xalapensis</i>																1	1	1	
H	<i>Eupatorium sp. 2</i>													30		-1				
H-AR	<i>Archibaccharis asperifolia</i>													3						
H	<i>Adiantum andicola</i>															-1		-1		
AR	<i>Bouvardia ternifolia</i>																	2	-1	
H	<i>Cologania angustifolia</i>																-1	-1		
H	<i>Manfreda pringlei</i>																-1	-1		
AR	<i>Salvia aff. microphylla</i>																-1		-1	
AR	<i>Solanum nigrescens</i>															50				
AR	<i>Solanum pseudocapsicum</i>													30						
H	<i>Salvia elegans</i>													20						
AR	<i>Solanum americanum</i>													10						
H	<i>Salvia stricta</i>													10						
H	Poaceae 1													10						
H	<i>Amaranthus viridis</i>													10						
A	<i>Clethra mexicana</i>													3						
AR	<i>Eupatorium rivale</i>														15					
H	<i>Alchemilla procumbens y sp.</i>	30	10	30	50	70	5	-1	80	20	40	20	-1						-1	
R	<i>Briofitas</i>	-1			-1	3	-1	20	90	15	-1	5			-1	2		-1	1	
A	<i>Pinus sp.</i>									-1	-1	1			2			2	1	
AR	<i>Senecio sp</i>									15									-1	
H	<i>Cirsium sp.</i>						-1					-1								
H	<i>Solanum demissum</i>			5								-1								
AR	<i>Buddleja cordata</i>			2								2			-1					
H	<i>Solanum sp.</i>										-1				2	-1				
H	<i>Drymaria effusa</i>	-1	-1		-1			-1		-1	-1	-1								
H	<i>Cinna poliformis</i>	-1								-1		1								
H	<i>Cheilantes sinuata</i>							-1								-1				
H	<i>Phacelia platycarpa</i>				-1								-1							
H	<i>Drymaria villosa</i>										-1							-1		

Especies con cobertura menor a 1 y baja abundancia

H Arenaria bryoides 13.1, *AR Eupatorium glabratum* 12.1, *H Senecio jacalensis* 11.1, *AR Stevia ovata* 9.1, *H Conyza filaginoides* 5. 1, *H-T Didymaea alsinoides* 1.1, *H Penstemon barbatus* 5.1, *AR Salvia mexicana* 1.1, *H Solanum corymbosum* 2.1, *H Senecio multidentatus* 4.1, *AR Baccharis thesioides* 14.<1, *H Erigeron galeottii* 17.<1, *H Gnaphalium arizonicum* 13.<1, *H Hieracium mexicanum* 14.<11, *H Penstemon roseus* 14.<1, *H Salvia purpurea* 15.<1, *H Senecio roseus* 18.<1, *AR Vaccinium geminiflorum* 17.<1, *H Asplenium monanthes* 7.<1, *AR Baccharis multiflora* 9.<1, *AR Comarostaphylis discolor* 12.<1, *AR Eupatorium petiolare* 7.<1, *H Senecio callosus* 11.<1, *H Senecio procumbens* 12.<1, *AR Solanum cervantessii* 9.<1, *H Bidens triplinervia* 2.<1, *H Castilleja scorzonifolia* aff. 6.<1, *A Cupressus lusitanica* 1.<1, *AR Cestrum anagyris* 1.<1, *H Cheilantes hirsuta* 5.<1, *H Cheilantes marginata* 4.<1, *H-T Didymaea floribunda* 3.<1, *H Elaphoglossum tectum* 1.<1, *AR Fuchsia microphylla* 5.<1, *H Lopezia miniata* 1.<1, *A Prunus serotina subsp. capuli* 1.<1, *AR Sedum oxypetalum* 5.<1, *T Smilax moranensis* 1.<1, *H Stachys coccinea* 5.<1, *AR Sedum bourgaei* 18.<1, *AR Salvia microphylla* 9.<1, *H Agave macroculmis* 5.1, *H Senecio gerberifolius* 18.<1, *H Erodium cicutarium* aff. 11.<1, *H Erodium cicutarium* 10.<1, *H Nama dichotomum* var. *dichotomum* 9.<1
H Arenaria sp 10.<1; *H Rubiaceae* 14.1; *H Geranium* 3, 9.1; *H Poaceae* 4, 15.1; *H Commelina* 17.<1; *H Geranium* 11, 11.<1; *H Geranium* 2, 12.<1; *H Geranium* 4, 7.<1; *H Poaceae* 6, 12.<1; *H Poaceae* 2, 13.<1; *Asteraceae* 1, 17.<1; *Erigeron* sp, 17.<1; *Eupatorium*.3, 18.<1; *H Cheilantes* sp. 7.<1; *H Osmorhiza*, 1 4.1

*A: Árbol, AR: Arbusto, H: Herbácea, H-T: Herbacea Trepadora, T: Trepadora.

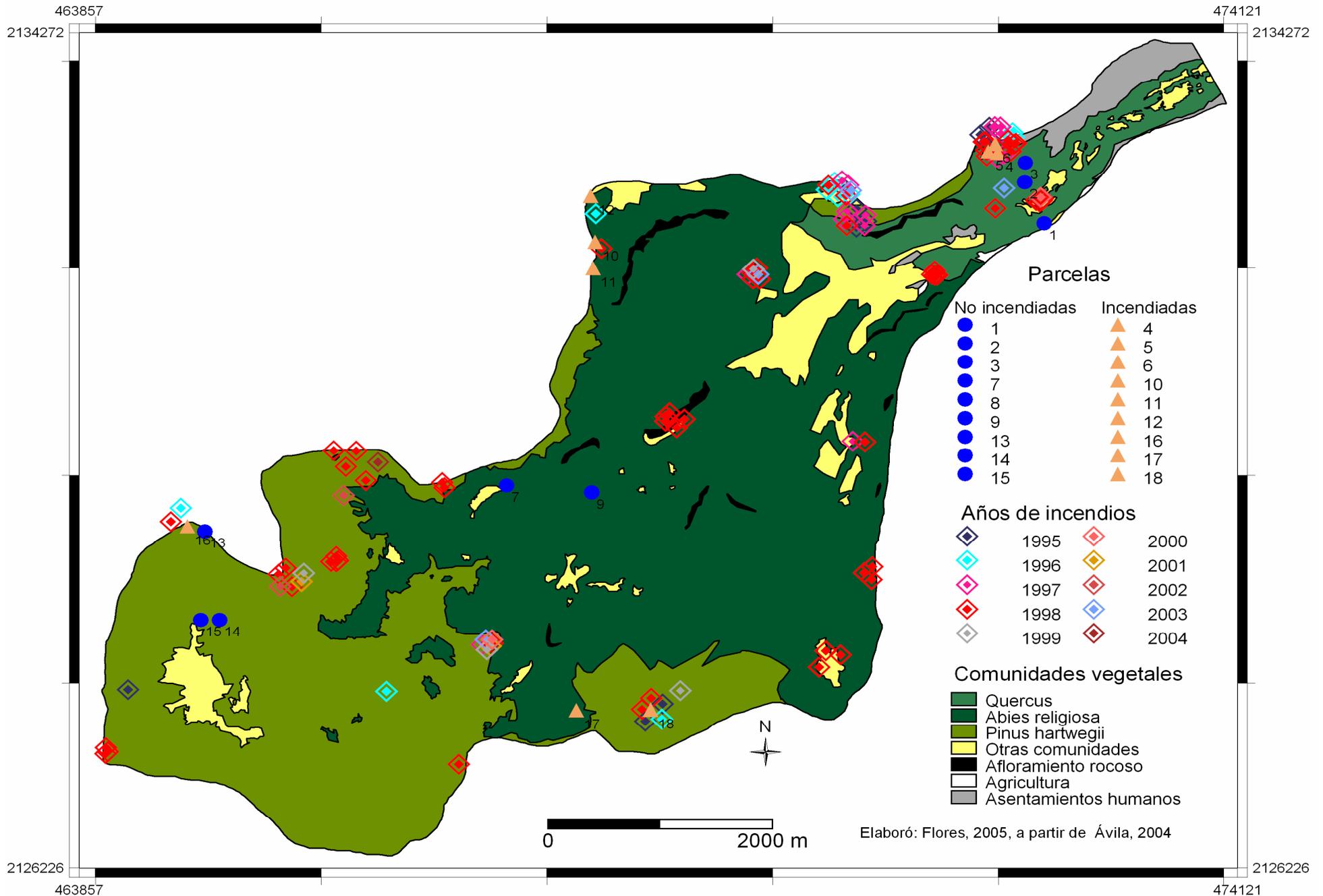


Figura 12. Localización de parcelas muestreadas con y sin presencia de incendios de 1995 a 2004, en la CRM, D. F.

5.6.1 Relación de la frecuencia de incendios forestales y la riqueza de especies vegetales por comunidad

Comunidad de *Quercus*

El número de veces que se incendió la comunidad de *Quercus* durante el período 1995-1998 fue de 26, de las cuales en las parcelas muestreadas ocurrieron 18 siniestros. La frecuencia de incendios forestales fue de 1.1, presentándose el mayor número en los meses de febrero y mayo. Para el año de 1998 la frecuencia de incendios fue de 2.2.

El área correspondiente a esta comunidad es de 180 ha, los levantamientos se realizaron entre los 2 700 a los 2 929 m snm. Como resultado se obtuvo un total de 28 familias, 40 géneros y 59 especies. El porcentaje de cobertura arbórea fue del 50%, 42% en el estrato arbustivo, 63% en el herbáceo y 7% en el rasante.

En las áreas no incendiadas se registraron 33 especies y en las incendiadas 29, estas se distribuyen en las familias mostradas en la Figura 13. La distribución de la cobertura en áreas no incendiadas fue del 60% en el estrato arbóreo, 53% en el arbustivo, 35% en el herbáceo y en el rasante de 13%. En la áreas incendiadas fue de 40% en el arbóreo, 31% en el arbustivo, 90% en el herbáceo y en el rasante de 0.7%.

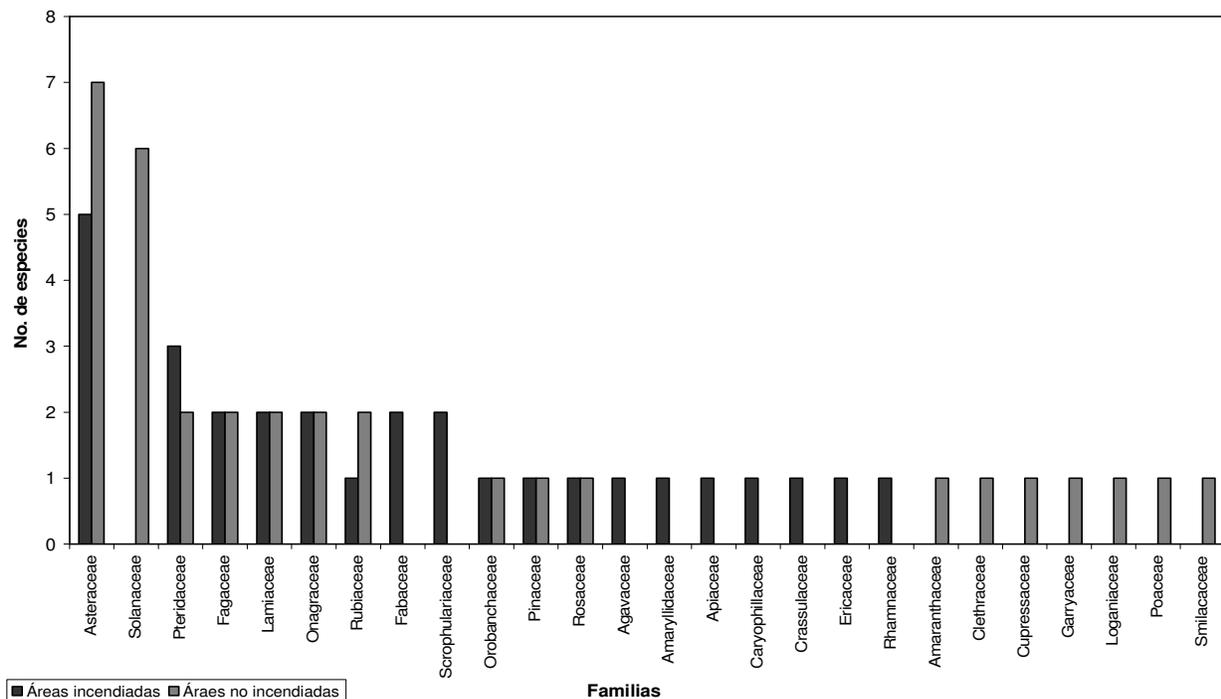


Figura 13. No. de especies por familia en la comunidad de *Quercus* en áreas incendiadas y no incendiadas en la CRM, D. F.

La familia mejor representada en esta comunidad es la Asteraceae con 7 especies en áreas no incendiadas y 5 en las incendiadas. Existen varias familias con una especie representativa, pero la Rosaceae, especialmente, cuenta con una especie que comparten los dos tipos de áreas.

Las especies que se encontraron tanto en las zonas no incendiadas como en las incendiadas fueron *Quercus rugosa*, *Q. laurina*, *Archibaccharis serratifolia*, *A. asperifolia*, *Fuchsia thymifolia*, *Adiantum andicola* y *Conopholis alpina*.

El índice de similitud de Jaccard realizado para la comunidad de *Quercus* entre las áreas no incendiadas y las incendiadas fue de 0.16. La similitud más baja (0.04) se presentó entre una parcela incendiada y una no incendiada (2 y 5), la más alta (0.26) se encontró entre las parcelas incendiadas 4 y 6 (Tabla 7).

Tabla 7. Índice de similitud de Jaccard para la CRM, D. F.

Comunidad de <i>Quercus</i>						
	Parcelas no incendiadas			Parcelas incendiadas		
	1	2	3	4	5	6
1	1	0.24	0.12	0.11	0.11	0.15
2		1	0.13	0.13	0.04	0.18
3			1	0.04	0.07	0.08
4				1	0.19	0.26
5					1	0.24
6						1

La comparación de la cobertura por especie del total de parcelas, de la comunidad de *Quercus* (Tabla 8), indica el número de veces que aparece cada especie en los dos tipos de áreas y la cobertura en porcentaje de cada una.

Existen 30 especies con mayor porcentaje de cobertura para esta comunidad de las cuales el 60% pertenece a parcelas no incendiadas, 37% a parcelas incendiadas y solo *Adiantum andicola* presentó la misma cobertura en ambos sitios. Las especies con mayor cobertura en áreas no incendiadas fueron *Quercus rugosa* (40%), *Q. laurina* (30%), *Senecio barba-johannis* (25%), *Solanum nigrescens* (50%), *S. pseudocapsicum* (30%) y *Salvia elegans* (20%).

Las especies con mayor cobertura en las áreas incendiadas fueron *Ceanothus caeruleus* (11%), *Arbutus xalapensis* (1%), y *Bouvardia ternifolia* (1.3%).

Tabla 8. Comparación de la cobertura de especies en la comunidad de *Quercus* de la CRM, D. F.

Familia	Especies con mayor presencia y cobertura >1%	Áreas no Incendiadas		Áreas Incendiadas	
		No. de parcelas en las que aparece la especie	Porcentaje de cobertura de la especie	No. de parcelas en las que aparece la especie	Porcentaje de cobertura de la especie
Fagaceae	<i>Quercus rugosa</i>	3	40	3	37
Fagaceae	<i>Quercus laurina</i>	2	30	1	1
Asteraceae	<i>Senecio barba-johannis</i>	2	25	0	0
Solanaceae	<i>Solanum pseudocapsicum</i>	1	30	0	0
Lamiaceae	<i>Salvia elegans</i>	1	20	0	0
Rhamnaceae	<i>Ceanothus caeruleus</i>	0	0	3	11
Solanaceae	<i>Solanum americanum</i>	1	10	0	0
Lamiaceae	<i>Salvia stricta</i>	1	10	0	0
Garryaceae	<i>Garrya laurifolia</i>	3	7	0	0
Orobanchaceae	<i>Conopholis alpina</i>	2	3	1	0.5
Asteraceae	<i>Archibaccharis serratifolia</i>	2	0.8	1	1
Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i>	0	0	3	1
Asteraceae	<i>Archibaccharis asperifolia</i>	1	3	1	2
Asteraceae	<i>Senecio angulifolius</i>	2	0.5	0	0
Onagraceae	<i>Fuchsia thymifolia</i>	1	1	2	0.8
Rubiaceae	<i>Bouvardia ternifolia</i>	0	0	2	1.3
Pteridaceae	<i>Adiantum andicola</i>	1	0.5	1	0.5
Fabaceae	<i>Cologania angustifolia</i>	0	0	2	0.5
Agavaceae	<i>Manfreda pringlei</i>	0	0	2	0.5
Lamiaceae	<i>Salvia aff. microphylla</i>	0	0	2	0.5
Amaranthaceae	<i>Amaranthus viridis</i>	1	3	0	0
Clethraceae	<i>Clethra mexicana</i>	1	15	0	0
Asteraceae	<i>Eupatorium rivale</i>	1	2	0	0
Solanaceae	<i>Solanum nigrescens</i>	1	50	0	0
Fabaceae	<i>Lupinus montanus</i>	0	0	1	0.5
Rosaceae	<i>Alchemilla procumbens</i> y sp.	0	0	1	0.5
Asteraceae	<i>Baccharis conferta</i>	0	0	1	0.5
Loganiaceae	<i>Buddleja cordata</i>	1	0.5	0	0
Pteridaceae	<i>Cheilantes sinuata</i>	1	0.5	0	0
Caryophyllaceae	<i>Drymaria villosa</i>	0	0	1	0.5

Comunidad de *Abies religiosa*

El número de incendios en esta comunidad durante el período de 1995-1998 fue de 63, de los cuales 5 ocurrieron en las parcelas muestreadas. Los meses con mayor número de incendios fueron abril y mayo. La frecuencia fue de 2.6 y en el año de 1998 fue de 5.7 incendios.

La superficie de esta comunidad es de 1 441 ha, los levantamientos de las parcelas se realizaron entre el intervalo altitudinal de los 3 253 a 3 478 m snm. El número total de especies encontradas fue de 79 con 36 géneros y 20 familias. El porcentaje de cobertura del estrato arbóreo fue de 31%, del arbustivo de 58%, el herbáceo de 48% y el rasante de 43%.

En las áreas no incendiadas se registraron 35 especies, mientras que en las incendiadas 39, la Figura 14 muestra la distribución de estas por familia. En las parcelas no incendiadas la cobertura de los diferentes estratos fue de 60% en el

arbóreo, 60% en el arbustivo, 52% en el herbáceo y de 58% en el rasante. En las áreas incendiadas la cobertura arbórea fue del 2%, la arbustiva de 57%, la herbácea de 45% y en el rasante de 27%.

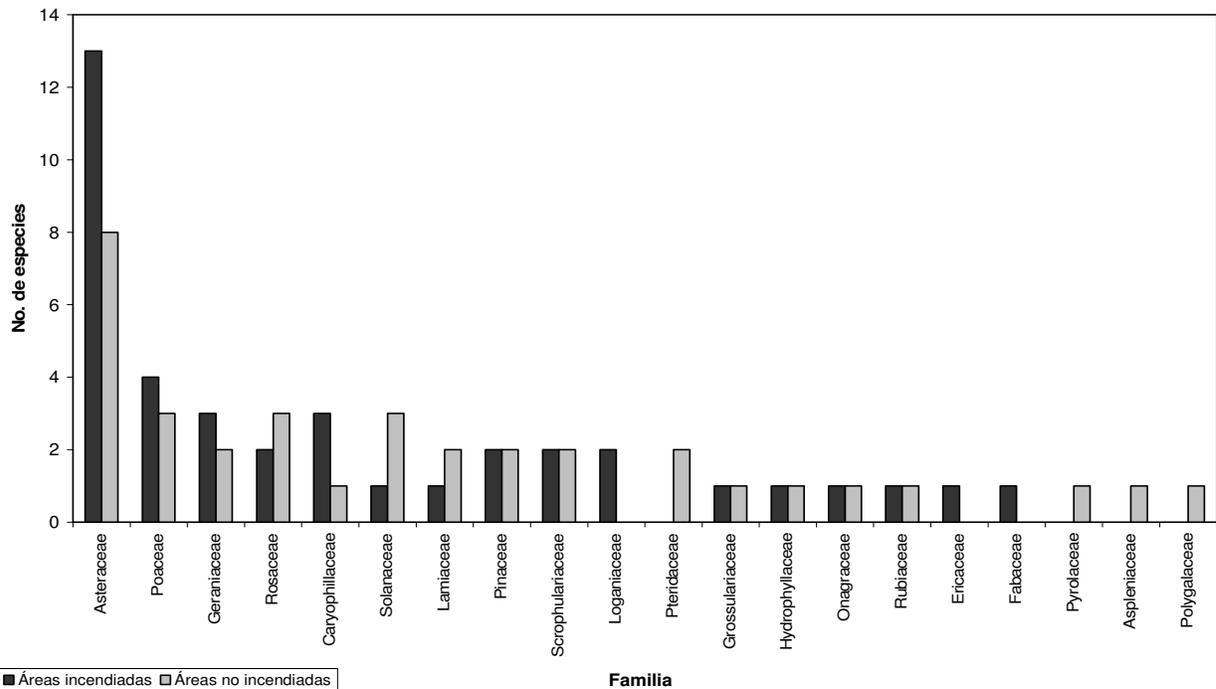


Figura 14. No. de especies por familia en la comunidad de *Abies religiosa*, en áreas incendiadas y no incendiadas en la CRM, D. F.

La familia con mayor número de especies fue la Asteraceae con 8 en áreas no incendiadas y 13 en incendiadas. Las familias con menor número de especies en los dos tipos de levantamientos fueron Grossulariaceae, Hydrophyllaceae, Onagraceae y Rubiaceae con solo una especie.

Las especies que comparten las áreas incendiadas y no incendiadas son *Abies religiosa*, *Baccharis conferta*, *Senecio angulifolius*, *S. barba-johannis*, *S. tolucanus*, *Salvia gesnerifolia*, *Fuchsia thymifolia*, *Ribes ciliatum*, *Penstemon gentianoides*, *Hedyotis pygmaea*, *Alchemilla procumbens*, *Cinna poiformis* y *Acaena elongata*.

El índice de similitud de Jaccard realizado para esta comunidad entre las áreas no incendiadas e incendiadas fue de 0.27. La similitud más baja fue de 0.04 entre las parcelas 7 y 10 las cuales corresponden a un área incendiada y una no incendiada, respectivamente. El índice más alto se presentó entre muestreos no incendiados (Parcelas 8 y 9) este fue de 0.32 (Tabla 9).

Tabla 9. Índice de similitud de Jaccard para la CRM, D. F.

Comunidad de <i>Abies religiosa</i>						
	Parcelas no incendiadas			Parcelas incendiadas		
	7	8	9	10	11	12
7	1	0.31	0.18	0.04	0.17	0.19
8		1	0.32	0.07	0.20	0.28
9			1	0.09	0.24	0.19
10				1	0.11	0.18
11					1	0.21
12						1

Las especies con mayor cobertura en la comunidad de *Abies religiosa* fueron 33, de las cuales el 49% perteneció a parcelas no incendiadas, 46% a las incendiadas y solo el 3% de las especies tuvieron el mismo porcentaje de cobertura en ambos tipos de muestreo, las cuales fueron *Senecio tolucanus* y *Drymaria villosa* (Tabla 10).

Tabla 10. Comparación de la cobertura de especies en la comunidad de *Abies religiosa* de la CRM, D. F.

Familia	Especies con mayor presencia y cobertura >1%	Áreas no Incendiadas		Áreas Incendiadas	
		No. de parcelas en los que aparece la especie	Porcentaje de cobertura de la especie	No. de parcelas en los que aparece la especie	Porcentaje de cobertura de la especie
Pinaceae	<i>Abies religiosa</i>	3	60	2	0.8
Asteraceae	<i>Senecio angulifolius</i>	3	52	1	0.5
Rosaceae	<i>Acaena elongata</i> y sp.	3	33	1	3
Asteraceae	<i>Senecio cinerarioides</i>	0	0	3	45
Rosaceae	<i>Alchemilla procumbens</i> y sp.	3	34	3	20
Fabaceae	<i>Lupinus montanus</i>	0	0	3	2.3
Lamiaceae	<i>Salvia gesneriflora</i> y sp.	3	5.7	1	5
Asteraceae	<i>Senecio barba-johannis</i>	2	3	2	0.5
Onagraceae	<i>Fuchsia thymifolia</i>	2	3	1	3
Asteraceae	<i>Baccharis conferta</i>	1	0.5	2	15
Poaceae	<i>Brachypodium pringlei</i>	1	50	0	0
Rosaceae	<i>Alchemilla vulcanica</i>	1	30	0	0
Scrophulariaceae	<i>Penstemon campanulatus</i>	0	0	2	3
Loganiaceae	<i>Buddleja parviflora</i>	0	0	2	2
Poaceae	<i>Muhlenbergia quadridentata</i> y sp.	0	0	2	11
Grossulariaceae	<i>Ribes ciliatum</i>	1	2	1	3
Scrophulariaceae	<i>Penstemon gentianoides</i>	1	0.5	1	1
Polygalaceae	<i>Monnina ciliolata</i>	2	1	0	0
Rubiaceae	<i>Hedyotis pygmaea</i>	1	1	1	0.5
Pyrolaceae	<i>Monotropa uniflora</i>	2	0.5	0	0
Asteraceae	<i>Senecio toluccanus</i>	1	0.5	1	0.5
Asteraceae	<i>Eupatorium sp</i>	1	3	0	0
Solanaceae	<i>Physalis chenopodiifolia</i>	1	3	0	0
Asteraceae	<i>Senecio argutus</i>	0	0	1	5
Asteraceae	<i>Gnaphalium sp</i>	0	0	1	5
Scrophulariaceae	<i>Sibthorpia repens</i>	1	2	0	0
Solanaceae	<i>Solanum demissum</i>	0	0	1	0.5
Loganiaceae	<i>Buddleja cordata</i>	0	0	1	2
Caryophyllaceae	<i>Drymaria effusa</i>	2	0.5	2	0.5
Poaceae	<i>Cinna poiformis</i>	1	0.5	1	1
Pteridaceae	<i>Cheilantes sinuata</i>	1	0.5	0	0
Hydrophyllaceae	<i>Phacelia platycarpa</i>	0	0	1	0.5
Caryophyllaceae	<i>Drymaria villosa</i>	0	0	1	0.5

Las especies con mayores porcentajes de cobertura en levantamientos no incendiados fueron: *Abies religiosa* (60%), *Senecio angulifolius* (52%), *Acaena elongata* (33%), *Brachypodium pringlei* (50%), *Alchemilla vulcanica* (30%) y *Alchemilla procumbens* (34%).

En las áreas incendiadas las especies que cuentan con mayor porcentaje de cobertura fueron *Senecio cinerarioides* (45%), *Baccharis conferta* (15%) y *Muhlenbergia quadridentata* (11%).

Comunidad de *Pinus hartwegii*

El número de incendios durante el período de 1995-1998 en la comunidad de *Pinus hartwegii* fue de 38, de los cuales en las parcelas muestreadas ocurrieron 7. La frecuencia de incendios forestales fue de 1.5 presentándose el mayor número de incendios en los meses de marzo y abril. Para el año de 1998 la frecuencia de incendios fue de 4.

Esta comunidad presenta una superficie de 1 012 ha. Los levantamientos se realizaron entre los 3 510 y los 3 675 m snm; donde se registraron 44 especies, 31 géneros y 18 familias. La cobertura del estrato arbóreo fue de 36%, del arbustivo 0.1%, del herbáceo 78% y del rasante 51%.

En las áreas no incendiadas se encontraron 30 especies con un promedio de cobertura en cada estrato de 37% en el arbóreo, en el arbustivo de 0%, el herbáceo de 90% y el rasante de 53%. En las áreas incendiadas se identificaron 32 especies, con coberturas de 35% en el arbóreo, 0.2% en el arbustivo, 67% en el herbáceo y 48% en el rasante.

La familia con mayor presencia fue Asteraceae con 6 especies en parcelas no incendiadas y 10 en incendiadas, las familias que solo contaron con una especie en los dos tipos de áreas fueron Apiaceae, Lythraceae, Oxalidaceae y Pinaceae (Figura 15).

Las especies compartidas entre las áreas incendiadas y no incendiadas fueron *Pinus hartwegii*, *Festuca toluensis*, *Penstemon campanulatus*, *Eupatorium schaffneri*, *Potentilla candicans*, *Helenium scorzoneriaefolium*, *Cuphea aequipetala*, *Drymaria molluginea*, *D. leptophylla*, *D. effusa*, *Ranunculus multicaulis*, *Vaccinium caespitosum*, *Lamium purpureum* y *Alchemilla procumbens*.

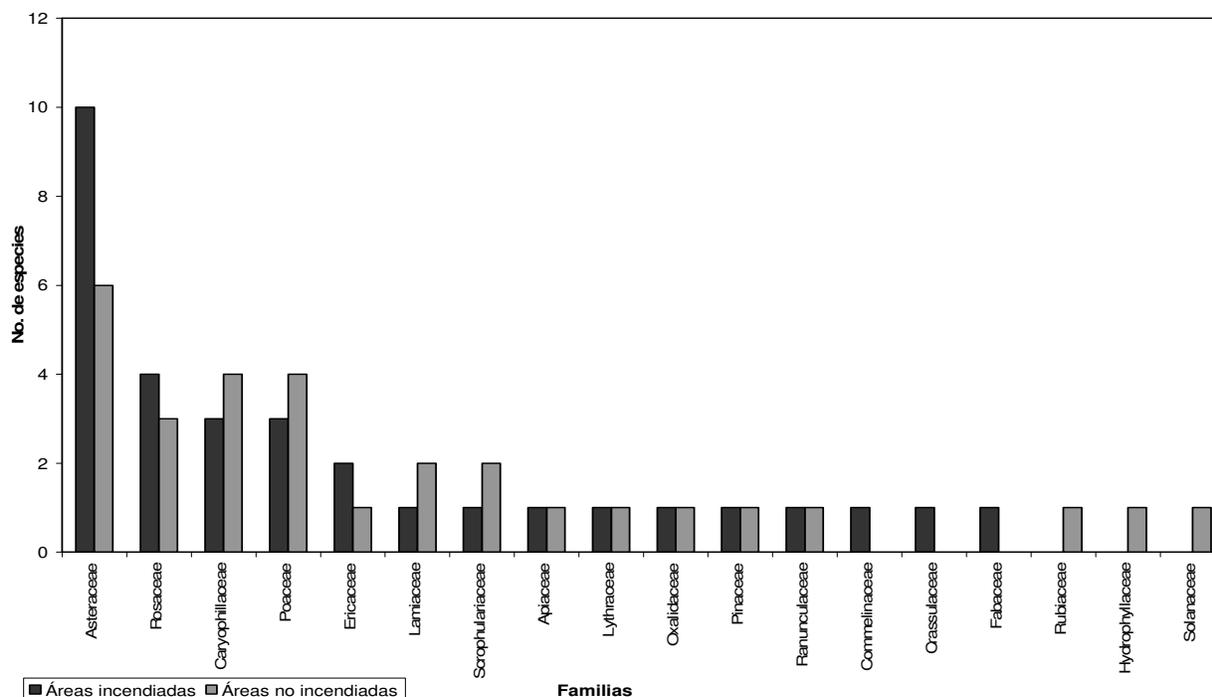


Figura 15. No. de especies por familia en la comunidad *Pinus hartwegii*, en áreas incendiadas y no incendiadas en la CRM, D. F.

El índice de similitud de Jaccard de las áreas no incendiadas e incendiadas fue de 0.38. En la comparación por parcela, la similitud más baja se registró entre un muestreo incendiado y uno no incendiado, estas fueron las parcelas 16 y 18, con un índice de 0.14. Se puede observar que entre la parcela 16 que es una área incendiada y la 14 que no lo es, existe el índice más alto de todas las parcelas de *Pinus hartwegii* el cual fue de 0.5 (Tabla 11).

Tabla 11. Índice de similitud de Jaccard para la CRM, D. F.

Comunidad de <i>Pinus hartwegii</i>						
	Áreas no incendiadas			Áreas incendiadas		
	13	14	15	16	17	18
13	1	0.33	0.34	0.41	0.42	0.33
14		1	0.41	0.50	0.28	0.28
15			1	0.45	0.29	0.25
16				1	0.36	0.14
17					1	0.33
18						1

En *Pinus hartwegii* la categoría de áreas no incendiadas presentó 23 especies con mayor cobertura de las cuales el 48% perteneció a parcelas no incendiadas y el 35% a

incendiadas. Las especies con la misma cobertura en ambos tipos de levantamiento fueron *Eupatorium schaffneri*, *Vaccinium caespitosum*, *Drymaria leptophylla* y *Lamium purpureum* con el 17% (Tabla 12).

Tabla 12 .Comparación de la cobertura de especies en la comunidad de *Pinus hartwegii*, de la CRM, D. F.

Familia	Especies con mayor presencia y cobertura >1%	Áreas no incendiadas		Áreas incendiadas	
		No. de parcelas en los que aparece la especie	Porcentaje de cobertura de la especie	No. de parcelas en los que aparece la especie	Porcentaje de cobertura de la especie
Poaceae	<i>Festuca tolucensis</i>	3	77	3	70
Pinaceae	<i>Pinus hartwegii</i>	3	33	3	35
Rosaceae	<i>Alchemilla procumbens</i> y sp.	3	23	3	42
Scrophulariaceae	<i>Penstemon campanulatus</i>	3	3	3	1.5
Asteraceae	<i>Eupatorium schaffneri</i>	3	0.7	3	0.7
Rosaceae	<i>Potentilla candicans</i>	2	1.3	3	0.5
Asteraceae	<i>Helenium scorzoneraefolium</i>	2	5	2	0.5
Lythraceae	<i>Cuphea aequipetala</i>	2	0.8	1	0.5
Rosaceae	<i>Potentilla rubra</i>	2	0.5	0	0
Caryophyllaceae	<i>Drymaria molluginea</i>	2	0.5	1	0.5
Ranunculaceae	<i>Ranunculus multicaulis</i>	1	0.5	2	0.5
Ericaceae	<i>Vaccinium caespitosum</i> .	1	0.5	1	0.5
Caryophyllaceae	<i>Drymaria leptophylla</i>	1	0.5	1	0.5
Lamiaceae	<i>Lamium purpureum</i>	1	0.5	1	0.5
Rosaceae	<i>Acaena elongata</i> y sp.	0	0	1	0.5
Asteraceae	<i>Senecio cinerarioides</i>	0	0	1	0.5
Fabaceae	<i>Lupinus montanus</i>	0	0	3	0.5
Rosaceae	<i>Alchemilla vulcanica</i>	0	0	1	10
Poaceae	<i>Muhlenbergia quadridentata</i> y sp.	0	0	1	3
Solanaceae	<i>Solanum demissum</i>	1	2	0	0
Caryophyllaceae	<i>Drymaria effusa</i>	2	0.5	1	0.5
Poaceae	<i>Cinna poiformis</i>	1	0.5	0	0
Hydrophyllaceae	<i>Phacelia platycarpa</i>	1	0.5	0	0

Las especies que cuentan con una mayor cobertura en áreas no incendiadas fueron *Festuca tolucensis* (77%), *Penstemon campanulatus* (3%) y *Helenium scorzoneraefolium* (5%). En las áreas incendiadas se encontraron *Pinus hartwegii* (35%), *Alchemilla vulcanica* (10%) y *A. procumbens* (42%).

5.6.2 Especies de áreas incendiadas

Algunos géneros encontrados en parcelas incendiadas están registrados en la literatura como indicadores de incendios ó deterioro (Obieta y Sarukhán, 1981; Quintanilla y Castro, 1998). Tal es el caso de *Lupinus* y *Muhlenbergia*, los cuales en la CRM aparecen en casi todas las áreas incendiadas (Tabla 13).

La especie encontrada en la mayoría de las parcelas incendiadas fue *Lupinus montanus*, con una cobertura de 1.3%. En parcelas de *Pinus hartwegii* y *Abies religiosa*, se localizaron *Senecio cinerarioides* y *Muhlenbergia quadridentata* las cuales presentaron coberturas de 34% y 8% respectivamente.

Tabla 13. Lista de especies vegetales en áreas incendiadas en la CRM, D. F.

Familia	*Estrato	Especie	Promedio de cobertura %	Comunidad
Asteraceae	AR	<i>Senecio cinerarioides</i>	34.0	<i>Pinus hartwegii</i> y <i>Abies religiosa</i>
Rhamnaceae	AR	<i>Ceanothus caeruleus</i>	11.0	<i>Quercus</i>
Poaceae	H	<i>Muhlenbergia quadridentata</i> y sp.	8.0	<i>Pinus hartwegii</i> y <i>Abies religiosa</i>
Asteraceae	H	<i>Senecio argutus</i>	5.0	<i>Abies religiosa</i>
Loganiaceae	AR	<i>Buddleja parviflora</i>	2.3	<i>Abies religiosa</i>
Rubiaceae	AR	<i>Bouvardia ternifolia</i>	1.3	<i>Quercus</i>
Fabaceae	H	<i>Lupinus montanus</i>	1.3	<i>Pinus hartwegii</i> , <i>Abies religiosa</i> y <i>Quercus</i>
Ericaceae	A	<i>Arbutus xalapensis</i>	1.0	<i>Quercus</i>
Asteraceae	H	<i>Senecio jacalensis</i>	1.0	<i>Abies religiosa</i>
Asteraceae	AR	<i>Eupatorium glabratum</i>	1.0	<i>Abies religiosa</i>
Asteraceae	H	<i>Conyza filaginoides</i>	1.0	<i>Quercus</i>
Asteraceae	H	<i>Senecio multidentatus</i>	1.0	<i>Quercus</i>
Scrophulariaceae	H	<i>Penstemon barbatus</i>	1.0	<i>Quercus</i>
Agavaceae	H	<i>Agave macroculmis</i>	1.0	<i>Quercus</i>
Lamiaceae	AR	<i>Salvia aff. microphylla</i>	0.5	<i>Quercus</i>
Fabaceae	H	<i>Cologania angustifolia</i>	0.5	<i>Quercus</i>
Amaryllidaceae	H	<i>Manfreda pringlei</i>	0.5	<i>Quercus</i>
Caryophyllaceae	H	<i>Drymaria villosa</i>	0.5	<i>Abies religiosa</i> y <i>Quercus</i>
Asteraceae	H	<i>Senecio roseus</i>	0.5	<i>Pinus hartwegii</i>
Solanaceae	AR	<i>Sedum bourgaei</i>	0.5	<i>Pinus hartwegii</i>
Asteraceae	H	<i>Senecio gerberifolius</i>	0.5	<i>Pinus hartwegii</i>
Asteraceae	H	<i>Erigeron galeottii</i>	0.5	<i>Pinus hartwegii</i>
Ericaceae	AR	<i>Vaccinium geminiflorum</i>	0.5	<i>Pinus hartwegii</i>
Asteraceae	AR	<i>Senecio callosus</i>	0.5	<i>Abies religiosa</i>
Geraniaceae	H	<i>Erodium aff. cicutarium</i>	0.5	<i>Abies religiosa</i>
Ericaceae	AR	<i>Comarostaphylis discolor</i>	0.5	<i>Abies religiosa</i>
Asteraceae	H	<i>Senecio procumbens</i>	0.5	<i>Abies religiosa</i>
Geraniaceae	H	<i>Erodium cicutarium</i>	0.5	<i>Abies religiosa</i>
Pteridaceae	H	<i>Cheilantes hirsuta</i>	0.5	<i>Quercus</i>
Onagraceae	AR	<i>Fuchsia microphylla</i>	0.5	<i>Quercus</i>
Crassulaceae	AR	<i>Sedum oxypetalum</i>	0.5	<i>Quercus</i>
Lamiaceae	H	<i>Stachys coccinea</i>	0.5	<i>Quercus</i>
Scrophulariaceae	H	<i>Castilleja aff. scorzonerifolia</i>	0.5	<i>Quercus</i>
Pteridaceae	H	<i>Cheilantes marginata</i>	0.5	<i>Quercus</i>

*A: Árbol, AR: Arbusto, H: Herbácea.

6. DISCUSIÓN

En México los incendios son una de las principales causas de deterioro de las zonas forestales; el D. F. ocupa el segundo lugar con mayor número de estos, sin embargo, con respecto a la superficie afectada al año, ocupa el lugar 21 en comparación con los otros estados de la República.

En la CRM en el período 1995-2004 ocurrieron 157 incendios presentándose en abril el mayor número de estos, siendo marzo el que presentó la mayor superficie afectada. En estos meses ocurre la época de incendios (Rodríguez y Fulé, 2003), coincidiendo con la sequía que se presenta en los primeros meses del año, y con los períodos vacacionales, incrementándose el número de visitantes que son un riesgo para esta zona.

A partir de la relación precipitación-número de incendios se determinó que en los meses estudiados, que fueron de diciembre a junio de cada año, cuando la precipitación es inferior a 25 mm el número de incendios se incrementa, este resultado coincide con lo señalado por Villers *et al.* (2000) para el Parque Nacional Malinche donde el umbral de la precipitación fue de 22 mm. La similitud entre estas áreas es debido a que se localizan en la Cordillera Volcánica Transmexicana y presentan clima, altitud y comunidades vegetales muy semejantes, por lo tanto los umbrales de precipitación no difieren significativamente en ambas zonas de conservación.

En el período de estudio existe una variación en el número de incendios, esto es que se puede dividir en tres lapsos de tiempo el primero de 1995 a 1996 donde ocurrieron 23 incendios; el segundo de 1997 a 1998 que fueron años donde ocurrieron 115 incendios y el tercer período de 1999 a 2004 en el cual se presentaron 19 incendios. La disminución considerable de incendios tanto para la CRM como para la República Mexicana (CONAFOR, 2005 y Villers y Hernández, 2005), después del año de 1998 se debió a la implementación de nuevas estrategias para disminuir el riesgo y combatir los incendios forestales por parte de las autoridades con la finalidad de tener una mejor conservación de los bosques.

Los incendios en la CRM no tuvieron una severidad alta ya que el estrato más dañado fue el herbáceo con 95% de las 739.5 ha totales quemadas durante 1995-2004, el porcentaje de árboles afectados en todo el período fue de 1.6%. Las comunidades más

afectadas fueron *Pinus hartwegii* con 564.7 ha y *Abies religiosa* con 138.5 ha, siendo el estrato herbáceo el más dañado, en las dos comunidades. De acuerdo con Romme y Knight (1981) el bosque de *Pinus* presenta un menor contenido de humedad y una mayor probabilidad de ignición con respecto al bosque de *Abies*. El porcentaje de afectación por área forestal de cada comunidad en la CRM esta por debajo del 4.5%.

La frecuencia de incendios en la CRM es relativamente baja, siendo de 1.4 incendios por año durante la época de sequía, en comparación con otras zonas forestales como el parque Nacional Malinche (45 852 ha), donde Wong (2005) señala que la frecuencia es de 5.7 incendios por cada 2 925 ha; y con la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán (391 577 ha) (Jardel *et al.*, 2004), donde la frecuencia de incendios es de 0.75 incendios por cada 2 925 ha. La diferencia en la frecuencia de incendios en las tres zonas está influenciada por el tipo de vegetación, los combustibles, la agricultura, silvicultura, ganadería, turismo, manejo y conservación a las cuales están sujetas cada una.

La frecuencia de incendios en la CRM varía según el tipo de vegetación y superficie, de tal manera que *Abies religiosa* y *Pinus hartwegii* son las que cuentan con mayor cantidad de área, en comparación con el resto de las comunidades, y por lo tanto con la frecuencia de incendios más alta; además de la diferencia en extensión están involucrados otros factores como la composición florística y estructural. Estudios realizados por Villers y López (2004) con diferencias en la carga de combustibles, observaron que la comunidad de *Abies religiosa* presenta la mayor carga debido a la densidad arbórea, seguido de *Quercus*, que a pesar de también contar con una carga de combustibles suficiente para tener un riesgo medio de incendios, la topografía y la humedad en la que se encuentran impide que se presenten. De acuerdo con Rzedowski (1978), Agee *et al.* (1990) y Taylor (1993), la comunidad de *Pinus* presenta una densidad arbórea y carga de combustibles baja, por lo tanto el riesgo de incendios se reduce, sin embargo en la CRM la cantidad de herbáceas, principalmente de pastos, hacen que esta comunidad presente una mayor inflamabilidad.

El número de incendios forestales, la frecuencia y la severidad se acentuaron en la CRM durante el año de 1998 debido a la presencia del fenómeno meteorológico “El Niño-Southern Oscillation” (ENSO) (Swetnam y Betancourt, 1990); donde hubo una

variación anormal en la precipitación a partir de la primavera de 1997 hasta 1998 (Magaña y Morales, 1999). En el caso de la CRM en 1997 no se registraron diferencias en la precipitación con relación a los años anteriores o posteriores, es decir se encontraba dentro de los límites del promedio anual (Veblen *et al*, 2000), sin embargo en 1998 ocurrió una prolongada sequía lo que se tradujo en un gran número de incendios, es decir, que los incendios aumentaron con ENSO, de tal manera que si volviera a suceder un fenómeno tan devastador como el de 1997-1998 los incendios tendrían el mismo porcentaje de incremento.

La frecuencia de incendios forestales durante los años de ENSO fue de 10, donde la comunidad de *Abies religiosa* tuvo la mayor frecuencia con 4.7 incendios. La severidad fue alta porque alcanzó el estrato arbóreo afectando 14 ha, 12 en *Pinus hartwegii* y 2 en *Abies religiosa*.

El daño ocurrido en las diferentes comunidades vegetales de la cuenca no fue tan grave ya que en algunas comunidades el fuego ayudó al aumento en la riqueza de especies. Esto tal vez debido a que muchas veces la hojarasca o mantillo impiden que algunas semillas germinen, también puede haber un aclareo y entrar una mayor cantidad de luz al sistema, o simplemente se da el caso de que algunas especies necesitan del fuego para brotar (Wright y Bailey, 1982, en Martínez-Hernández, 2003; Whelan, 1995; Quintanilla y Castro, 1998; Rowe, 1983 en Agee, 1993; Martínez-Martínez, 2003; Rodríguez *et al.*, 2004). En las comunidades vegetales estudiadas en zonas incendiadas se registró un mayor número de especies con respecto a las no incendiadas, solo en la comunidad de *Quercus* las áreas no incendiadas tienen una mayor riqueza que las incendiadas.

Existen varios estudios realizados por Trabaud (1998) sobre sucesión vegetal después de un incendio donde se demuestra que la riqueza florística es más elevada en las zonas incendiadas que en las no quemadas, principalmente durante los dos primeros años después del fuego. También indica que en el transcurso de los meses siguientes al incendio existen pocas especies, pero la riqueza florística aumenta alcanzando los valores máximos entre el primer y el tercer año. En el cuarto y quinto año, el número de especies disminuye progresivamente y la riqueza tiende a

estabilizarse, por lo que el retorno hacia un estado idéntico al que existía antes del fuego es de aproximadamente 5 años (Goldammer y Seibert, 1990; Martínez-Hernández, 2003).

Los muestreos florísticos en la CRM se realizaron aproximadamente 5 años después de los incendios por lo que la riqueza florística de las áreas incendiadas con respecto a las no incendiadas, es mínima ya que en la comunidad de *Abies religiosa* existen 4 especies más en las áreas incendiadas que en las no incendiadas y en la de *Pinus hartwegii* solo 2 especies.

La diferencia entre áreas incendiadas y no incendiadas se hace más evidente al estudiar la composición florística de cada una de ellas, ya que las especies compartidas en estas comunidades solo son el 17% del total para *Quercus*, en *Abies religiosa* el 29% y en *Pinus hartwegii* el 38%. Estos porcentajes se ven reflejados en el índice de Jaccard ya que la similitud más baja se encontró en el bosque de *Quercus* con 0.16 y la más alta fue en el bosque de *Pinus hartwegii* con el 0.38. Es importante señalar que las diferencias en el índice de Jaccard en las comunidades muestreadas son debido a la variabilidad en la riqueza de especies de cada comunidad, teniendo que la comunidad con mayor similitud entre áreas incendiadas y no incendiadas fue la de *Pinus hartwegii* donde se encontraron 44 especies y la de menor similitud fue *Quercus* con 59. *Abies religiosa* presentó el mayor número de especies (79) y un índice de similitud intermedio entre *Pinus hartwegii* y *Quercus* el cual fue de 0.21

Romme y Knight (1981) y Veblen *et al.* (2000) afirman que la poca diferencia en la composición florística de *Pinus hartwegii* es porque esta comunidad presenta fuegos recurrentes.

La cobertura, en la mayoría de las especies de las diferentes comunidades, es mayor en las áreas no incendiadas que en las incendiadas. Douglas y Ballard (1971) observan que a pesar de que la riqueza de especies aumenta en zonas incendiadas, la cobertura de las áreas no incendiadas es mayor, esto es debido a que las especies establecidas en las no incendiadas presentan un mayor desarrollo vegetal, en cambio en las incendiadas apenas lo están iniciando (Martínez-Hernández, 2003).

En las zonas incendiadas aparecieron especies secundarias con alta cobertura que no se presentaron en las áreas no incendiadas, como son *Senecio cinerarioides* y

Muhlenbergia quadridentata, las cuales han sido reportadas como indicadoras de perturbación principalmente por incendios (Quintanilla y Castro, 1998; Martínez-Hernández, 2003) ya que son especies pioneras que tienden a colonizar espacios abiertos dejados por fuego. También se observan especies como *Lupinus montanus*, que necesita escarificación como la del fuego, para que germine la semilla (Quintanilla y Castro, 1998; Rodríguez *et al.*, 2004), y *Penstemon gentianoides*, la cual desarrolla mayor cobertura por los incendios (Martínez-Hernández, 2003), y aparece tanto en un levantamiento no incendiado como en un incendiado.

Los arbustos como los del género *Baccharis*, actúan como invasoras ocupando espacios que antes del fuego pertenecieron a otras especies (Quintanilla y Castro, 1998). Tal es el caso de *Baccharis conferta* y *B. thesioides*; la primera se presentó en parcelas no incendiadas de *Abies religiosa* y *Quercus* con cobertura de 0.5%, la especie de *B. thesioides* solo apareció en una parcela no incendiada del bosque de *Pinus hartwegii* con menos del 0.5% de cobertura. De manera contraria *Baccharis conferta* se presentó en parcelas incendiadas de *Abies religiosa* con una cobertura de 31%, lo que demuestra que la cobertura de este género se incrementa al estar en contacto con fuego.

Es común en los bosques templados de *Abies religiosa* y *Pinus hartwegii* el sobrepastoreo, los incendios y las talas ilegales, a las que se ven sometidos, además de una incidencia de plagas, parásitos y depredadores (mamíferos pequeños), lo que favorece la penetración de especies invasoras típicas de esas condiciones como, el caso de los géneros *Alchemilla*, *Penstemon*, *Potentilla*, *Gnaphalium* entre otros (Obieta y Sarukhán, 1981).

7. CONCLUSIONES

A pesar de que el D. F. tiene el segundo lugar en número de incendios en relación a otros estados del país, la CRM no ha sido tan dañada por los incendios ya que estos son principalmente de tipo superficial, además de que las áreas forestales son pequeñas.

Los incendios en la CRM ocurren principalmente en los meses de marzo y abril que coinciden con los periodos vacacionales de semana santa, han disminuido en frecuencia de 1999 a 2004, debido a que las autoridades han implementado mejores programas de protección en los últimos años.

A partir de los resultados se determinó que cuando la precipitación es inferior a 25 mm en un período de 15 días el número de incendios se incrementa, por lo que es importante tomar en cuenta la cantidad de precipitación, en la prevención y combate de incendios.

El mayor número de incendios en las comunidades de *Abies religiosa* y *Pinus hartwegii* es debido a que tienen mayor superficie en la CRM pero si se hace una comparación de 1:1 entre estas comunidades con *Quercus* y los otros tipos de comunidad, se tiene que el mayor número de incendios se encuentra en las dos últimas, debido a que se encuentran cerca de las zonas urbanas y reciben mayor número de visitantes.

Con los muestreos realizados en campo se constató que después de 5 años de la presencia de incendios existen diferencias en riqueza de especies y cobertura entre áreas incendiadas y no incendiadas, donde la comunidad de *Quercus* presentó la mayor diferencia entre parcelas incendiadas y no incendiadas, mientras que la de *Pinus hartwegii* por ser la de menor número de especies fue la más parecida.

En la vegetación incendiada frecuentemente antes y durante 1998 se esperaba que regresara al estado anterior a la perturbación, sin embargo 5 años después del último incendio hay una baja similitud, debido a que en las áreas incendiadas existe la presencia de especies indicadoras de perturbación, que en este caso sería de incendios, lo que hace una diferencia en la riqueza florística.

Las zonas con pérdida total de vegetación, por quemas ocasionadas por el ENSO, se recuperan lentamente en comparación con las demás, esto debido a que se siniestró

estratos con lenta recuperación como el arbustivo y arbóreo, como el caso de la parcela 12 perteneciente a la comunidad de *Abies religiosa*. En estas áreas se debería implementar programas de reforestación que ayuden a recuperar más rápidamente la composición del bosque, además de protección contra plagas e incendios que puedan dañar la estructura y composición de este.

En este tipo de estudios que intervienen fenómenos naturales se debe de tomar en cuenta el cambio climático, ya que esté en algún futuro no muy lejano cambiará los regímenes de incendios así como cambios en la frecuencia y severidad de estos (Schmoldt, 1999).

8. LITERATURA CITADA

- Agee, J. K., M, Finney & R. de Gouvenain. 1990. "Forest fire history of Desolation Peak, Washington". *Canadian Journal Forest of Research* 20: 350-356
- Agee, J. K. 1993. *Fire Ecology of Pacific Northwest Forests*. Washington, USA: Island Press. 493 pp.
- Álvarez, K. E. 2000. "Geografía de la educación ambiental: algunas propuestas de trabajo en el bosque de los dinamos; área de conservación ecológica de la delegación Magdalena Contreras". Tesis de licenciatura en Geografía. México: Facultad de Filosofía y Letras, UNAM. 127 pp.
- Ávila-Ackerberg V. D. 2002. "La vegetación de la cuenca alta del río Magdalena; un enfoque florístico, fitosociológico y estructural". Tesis de licenciatura en Biología. México: Facultad de Ciencias. UNAM. 86 pp.
- Ávila-Ackerberg, V. D. 2004. "Autenticidad de los bosques en la cuenca alta del río Magdalena: Diagnostico hacia la restauración ecológica". Tesis de maestría en Ciencias Biológicas. México: Facultad de Ciencias. UNAM. 112 pp.
- Bessie, W. C. & E. A. Johnson. 1995. "The relative importance of fuels and weather on fire behavior in subalpine forests". *Ecology* 76 (3): 747-762.
- Bond, B. W & B. W. van Wilgen. 1996. *Fire and plants. Population and community Biology Series*. UK: Chapman y Hall. 262 pp.
- Braun-Blanquet, J. 1979. *Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. España: H. Blume ediciones. 820 pp.
- Brower, J. E. & J. H. Zar. 1984. *Field & laboratory methods for general ecology*. 2ª USA. ed. WCB. 226 pp.
- Carabias, F. 1976. "Mejoramiento ambiental y planeación de un parque en la Cañada de Contreras, México". Tesis de licenciatura en Biología. México: Facultad de Ciencias, UNAM. 127 pp.

- COCODER, 1998. Comisión Coordinadora para el Desarrollo Rural. Subdirección Regional No. 1. Estudio de suelos de parte de la comunidad Magdalena Contreras. Delegación M. Contreras, D. F.
- CONAFOR, 2005. *Combate a Incendios Forestales: Campaña Nacional*. Disponible en: <http://www.conafor.gob.mx/portal/index.php?l1=2&l2=1>
- Dixon, P. 2001. "The Bootstrap and the Jackknife". In: Scheiner, S. M y J. Gurevita (eds.). *Design and Analysis of Ecological Experiments*. USA. Oxford University Press. 415 pp.
- Douglas, G. W & T. M. Ballard. 1971. "Effects of fire on alpine plant communities in The North Cascades, Washington". *Ecology* 52 (6): 1058-1064
- Elvira L. M. & C. Lara. 1989. *Inflamabilidad y energía de las especies de sotobosque (estudio piloto con aplicación a los incendios forestales)*. Madrid, España: Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 99 pp.
- García, E. 1965. *Distribución de la precipitación en la República Mexicana*. México. UNAM. 191 pp.
- García, E. 1988. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. México. Cuarta edición. 217 pp.
- García, E, J. E. López, L. Pájaro & S. Hernández. 1997. Carta de Climas México, escala 1: 1 000 000. CONABIO
- García de Pedraza L. & García M. 1987. *La meteorología y los incendios forestales*. Madrid, España: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 24 pp.
- Goldammer, J. & B. Seibert. 1990. "The impact of droughts and forest fires on tropical lowland rain forest of east Kalimantan". En: Goldammer, J. G. (ed.) *Fire in the Tropical Biota*. Nueva York. USA: Ecosystems Processes and Global Challenges. Springer-Verlag. 11-27 pp.
- INEGI, 1999. Instituto Nacional de Estadística Geoestadística e Informática. Ortofotos digitales de la cuenca del río Magdalena. Escala 1:75 000

- Jardel, E. J., F. Castillo, R. Ramírez, J. Chacón & O. Balcázar. 2004. “Los incendios forestales en la reserva de la biosfera Sierra de Manantlán, Jalisco y Colima”. En: Villers, L. y J. López (eds.). *Incendios Forestales en México. Métodos de Evaluación*. México, D. F: UNAM. 164 pp.
- Johnson & S. L. Gutsell 1994. “Fire frequency models, methods and interpretations”. *Adv. Ecol. Res.* 25: 239-287
- Jongman, R. C., C. Ter Braak & O. Van Tongeran. 1995. *Data analysis in community and landscape ecology*. UK: Cambridge University, 299 pp.
- Luis, M. A. 1985. “Distribución altitudinal y estacional de los Papilionoidea (insecta: *Lepidoptera*), en la cañada de los Dinamos; Magdalena Contreras, D. F”. Tesis de licenciatura en Biología. México: Facultad de Ciencias, UNAM. 113 pp.
- Magaña, O. 1985. “Índices de peligro de incendios forestales”. Boletín Divulgativo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México (70): 15 pp.
- Magaña, V. & C. Morales. 1999. “El clima y la sociedad”. En: Magaña, V. (ed.) *Los impactos de El Niño en México*. México: UNAM. pp. 1-17
- Martín, P., E. Chuvieco & I. Aguado. 1998. “La incidencia de los incendios forestales en España”. En: Serie Geográfica. Incendios forestales. Departamento de Geografía y el servicio de publicación de la Universidad de Alcalá. 7: 23 – 36
- Martínez-Hernández, H. C. 2003. “Sinecología en áreas quemadas de *Pinus hartwegii*”. Tesis de maestría en Ciencias. México: DICIFO, UACH. Chapingo, Edo. de Mex.
- Martínez-Martínez, M. A. 2003. “Patrón de ocurrencia, duración e intensidad de los incendios forestales en el Parque Nacional Nevado de Toluca. Desarrollo de un procedimiento para evaluar la correlación de su intensidad y duración con respecto a factores físicos 1996-2002”. Tesis de licenciatura en Planeación Territorial. México. Facultad de Planeación Urbana y Regional. UAEM. 103 pp.
- Mueller-Dombois, D. & H. Ellenberg. 1974. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. USA: John Wiley & Sons, 547 pp.

- Mutch, R. W. 1970. "Wildland fires and ecosystems a hypothesis". *Ecology* 51 (6):1046-1051
- Nieto, P. C. 1995. "Estudio sinecológico del bosque de oyamel en la cañada de Contreras, Distrito Federal, México". *Ciencia Forestal en México*. 20 (77): 3-34.
- Obieta, M. C. & J. Sarukhán. 1981. "Estructura y composición de la vegetación herbácea de un bosque uniespecífico de *Pinus hartwegii* Lindl, I: estructura y composición florística". *Boletín de la Sociedad Botánica de México* (41): 75-125
- Ontiveros, A. 1980. "Análisis físico y algunos aspectos socioeconómicos de la cuenca del río Magdalena". Tesis de Licenciatura en Geografía. México: Facultad de Filosofía y Letras. UNAM. 108 pp.
- Quintanilla, V. & R. Castro. 1998. "Seguimiento de las cubiertas vegetales post-incendios forestales en la zona mediterránea costera de Chile". En: Serie Geográfica. Incendios forestales. Departamento de Geografía y el servicio de publicación de la Universidad de Alcalá. 7: 147 – 154
- Rodríguez, D. 1996. *Incendios Forestales*. México: Mundi-Prensa. Universidad Autónoma Chapingo. 630 pp.
- Rodríguez, D. & P. Z. Fulé. 2003. "Fire ecology of mexican pines and a fire management proposal". *International Journal of Wildland Fire* 12 (1). 23-37
- Rodríguez, D., H. C. Martínez & V. Ortega. 2004. "Ecología del fuego en bosques de *Pinus hartwegii*". En: Villers, L. y J. López (eds.). Incendios forestales en México. Métodos de evaluación. México: UNAM, 164 pp.
- Rodríguez, D. & A. González, 2004. "La ecología del fuego en el ecosistema de *Pinus hartwegii*". *Revista Chapingo* 7 (2): 145-151
- Rojo, G. E., J. Santillán, H. Ramírez & B. Arteaga. 2001. "Propuesta para determinar índices de peligro de incendio forestal en bosques de clima templado de México". *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 7 (1): 39-48
- Romme, W. & D. H. Knight. 1981. "Fire frequency and subalpine forest succession along a topographic gradient in Wyoming". *Ecology* 62 (2): 319-326.

- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. 1ª Ed. México: Limusa, 432 pp.
- Rzedowski, J. 1994. *Vegetación de México*. 6ª Ed. México: Limusa. 432 pp.
- Rzedowski, G. C. de, J. Rzedowski y colaboradores. 2001. *Flora fanerogámica del Valle de México*. 2a. ED., México: Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro (Michoacán), 1406 pp.
- SEMARNAT, 2004. *Incendios Forestales: Superficie afectada por entidad federativa, 1991-2004*. Disponible en: <http://www.semarnat.com.mx>
- Schmoltdt, D. 1999. *Assessing the effects of fire disturbance on ecosystems: a scientific agenda for research and management*. Portland Oregon: Pacific Northwest Research Station. 140 pp.
- Southwood, T. 1978. *Ecological methods with particular reference to the study of insect populations*. London: Chapman and Hall. 523 pp
- Spurr. S. H & B. Barnes. 1980. *Ecología forestal*. México: AGT Editor, S. H. pp. 278
- Stiling, P. 2002. *Ecology Theories and Applications*. USA: Prentice Hall. 4ª ed. pp. 403
- Swetnam, T. W. & J. Betancourt. 1990. "Fire-Southern Oscillation relations in the southwestern United States". *Science* 249: 1017-1020
- Taylor, A. 1993. "Fire history and structure of red fir (*Abies magnifica*) forests, Swain Mountain Experimental Forest, Cascade Range, northeastern California". *Canadian Journal Forest of Research* 23: 1672 - 1678
- Trabaud, L. 1998. "Recuperación y regeneración de ecosistemas mediterráneos incendiados". En: Serie Geográfica. Incendios forestales. Departamento de Geografía y el servicio de publicación de la Universidad de Alcalá. 7: 37- 47.
- Turner, J. A. & B. D. Lawson. 1978. *Weather in the Canadian forest fire danger rating system*. Canadian Forestry Service. Pacific Forest Research Centre. 38 pp.
- Van der Hammen, T., D. Mueller-Dombois, & M. A. Little. 1989. *Manual of methods for transect studies. Comparative studies of tropical mountain ecosystems*. Paris: IUBS-UNESCO, MAB. 65 pp.

- Veblen, T., T Kitzerberger & J. Donnegan. 2000. "Climatic and human influences on fire regimes in ponderosa pine forests in the Colorado Front Range". *Ecological applications* 10 (4): 1178 -1195
- Villers, L., A. E. Peña del Valle & M. A. Arellano. 2000. "Recurrencia de los incendios forestales en el volcán La Malinche y la presencia del fenómeno de El Niño 1998". En: *México en su unidad y diversidad territorial*. Tomo 1: 162 – 175 pp.
- Villers, L. & 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". En: Villers, L. y J. López (eds.). *Incendios forestales en México. Métodos de evaluación*. México: UNAM. 164 pp.
- Villers. L. y J. Hernández Lozano. 2005. Mapa de Peligros Físico-Químicos: Incendios Forestales (*Indicador de gravedad y estratos afectados 1990-2001*) Clave: I.12.4.c. Escala 1:8 000 000. En SEDESOL/ IGg-UNAM. Caracterización del Territorio Nacional. Diagnóstico Funcional del Territorio Nacional. México, Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Ordenación del territorio. Dirección General de Desarrollo Territorial.
- Whelan, J. 1995. *The ecology of fire*. Cambridge University Press. UK. 346 pp.
- Wong, J. 2005. "Humedad de los combustibles leñosos y su relación con variables atmosféricas. Su importancia en los incendios forestales en el Parque Nacional La Malinche, Tlaxcala". Tesis de licenciatura en Biología. México: Facultad de Ciencias. UNAM. 65 pp.

9. ANEXOS