

121



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

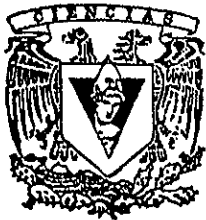
FACULTAD DE CIENCIAS

EFFECTO DEL FUEGO SOBRE EL BANCO
DE SEMILLAS DE LA RESERVA ECOLÓGICA DEL
PEDREGAL DE SAN ÁNGEL

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
BIÓLOGA

P R E S E N T A :
YURIANA MARTÍNEZ OREA



DIRECTOR DE TESIS: DRA. SILVIA CASTILLO ARGÜERO



2001

FACULTAD DE CIENCIAS
SECCIÓN DE TESIS

290924



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

MAT. MARGARITA ELVIRA CHÁVEZ CANO
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis: Efecto del Fuego sobre el Banco de Semillas de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel.

realizado por Martínez Orea Yuriana

con número de cuenta 9363606-7, pasante de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis Dra. Silvia Castillo Argüero
 Propietario

Silvia Castillo Argüero

Propietario M. en C. Irene Sánchez Gallén

Irene Sánchez Gallén

Propietario M. en C. Patricia Guadarrama Chávez

Patricia Guadarrama Chávez

Suplente Dr. Zenón Cano Santana

Zenón Cano Santana

Suplente Dra. Alma Orozco Segovia

Alma Orozco Segovia

FACULTAD DE CIENCIAS
 U.N.A.M.

Consejo Departamental de Biología

Edna María Suárez Díaz

Dra. Edna María Suárez Díaz



DEPARTAMENTO
 DE BIOLOGÍA

Agradecimientos

A la Dra. Silvia Castillo Argüero, por la dirección de esta tesis, su paciencia, apoyo incondicional y amistad en todo momento.

A la M. en C. Irene Sánchez Gallén, por sus valiosos consejos y comentarios a este trabajo así como por su gran ayuda en todo este tiempo.

A la M. en C. Patricia Guadarrama Chávez, por su valioso apoyo en este trabajo y su gran amistad.

Al Dr. Zenón Cano-Santana, por sus valiosas correcciones y enseñanza para este trabajo, paciencia y comprensión.

Al M. en C. Efraín Tovar Sánchez, por sus útiles consejos para este trabajo.

A la Dra. Alma Orozco Segovia, por sus consejos y comprensión.

Al P. de Biólogo Oswaldo Núñez Castillo y a la Bióloga Gabriela Montes Cartas, por su gran ayuda en todo momento, así como a la P. de Biólogo Edith Martínez Mateos por su ayuda en el muestreo del suelo y conteo de plántulas. También al Biólogo Marco Romero y al Biólogo Edwin Lebrija Trejos.

A la Fundación UNAM, por haberme otorgado una beca a través de su programa de "Becas-tesis en proyectos de investigación".

A mi familia, de quién he recibido apoyo incondicional y motivación. En especial dedico este trabajo a mis hijas, a Karo Michaelian y a mis Padres. Muchas gracias Mamá.

Agradezco también enormemente a todo el personal y estudiantes del Laboratorio de Ecología, por haberme hecho sentir feliz en este lugar.

CONTENIDO

RESUMEN

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	JUSTIFICACIÓN, OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	10
III.	SITIO DE ESTUDIO.....	12
IV.	METODO.	17
V.	RESULTADOS.....	20
5.1.	Abundancia.....	20
5.2.	Riqueza específica.....	22
5.3.	Similitud.....	25
5.4.	Diversidad.....	26
5.5.	Dominancia.....	30
5.6.	Densidad.....	32
5.7.	Tendencias de las especies en el banco de semillas.....	35
5.8.	Posibles respuestas de algunas especies al fuego.....	36
VI.	DISCUSIÓN.....	37
VII.	CONCLUSIONES.....	53
VIII.	LITERATURA CITADA	56

APÉNDICE

RESUMEN

En los últimos años la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel ha estado sujeta a numerosos y distintos disturbios, entre los que se encuentran los incendios.

Las semillas y los propágulos son fuente de regeneración de la vegetación en un lugar. Se evaluaron los efectos del fuego sobre el banco de semillas de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Se colectaron 25 muestras de suelo al azar en cuatro sitios, dos afectados por fuego (Q1 y Q2) y dos sitios no quemados (Nq1 y Nq2), cada sitio con un área de 25 m X 25 m. Las muestras se mantuvieron en el invernadero con riego constante y de abril de 1998 a marzo de 1999, se efectuaron 12 cosechas. En cada cosecha se contó el número de plántulas emergidas, se les transplantó a macetas grandes y las plantas adultas fueron determinadas. El banco de semillas bajo estudio resultó estar dominado por especies herbáceas y perennes, con menos de 50 plántulas por especie. La mayoría de las semillas alcanzaron un máximo pico de germinación a los 84 días (22-jul-98). La máxima capacidad germinativa para las especies del banco ocurrió entre los 103 y los 142 días (10 ago-18 sep). Se registraron 49 especies, 33 de las cuales emergieron en los sitios quemados y 42 en los sitios no quemados, todas ellas se agrupan en 25 familias. Algunas especies fueron exclusivas de sitios quemados como *Senecio praecox*, otras de sitios no quemados como fue el caso de *Centaurium quitense*. En general, los efectos negativos del fuego sobre las semillas fueron evidentes en las abundancias de las plántulas de la mayoría de las especies. Los valores de riqueza y diversidad fueron ligeramente menores en los sitios quemados que en los no quemados. El índice de similitud de Czekanowski indicó que los sitios que mayor porcentaje de especies compartieron fueron el Q1 y Q2. La distribución de las especies por clases de abundancia resultó ser normal para los sitios no quemados, no así para los sitios quemados. Algunas especies fueron muy afectadas por el fuego en sus abundancias debido probablemente a la muerte del embrión por las altas temperaturas alcanzadas con el incendio: *Setaria geniculata* y *Cyperus sesleroides*, entre otras. Es posible que el fuego haya

estimulado la germinación de otras especies, vía lixiviación de la testa por los ácidos orgánicos provenientes de la vegetación quemada o por las temperaturas alcanzadas con el incendio como fue el caso de *Montanoa tomentosa*. La especie dominante del banco de semillas fue *Buddleia cordata*; el sitio Nq1, con el mayor número de individuos de esta especie, presentó el menor índice de diversidad de Shannon-Wiener y el mayor valor de dominancia de acuerdo al índice de Berger-Parker. El tipo de sitio (quemado o no quemado) resultó tener efecto significativo sobre la abundancia de las plántulas. Las diferencias en cuanto a tiempo de emergencia de las plántulas para los sitios quemados no fueron significativas. Hubo gran variabilidad en los tiempos de germinación entre y dentro de los sitios. Esta variabilidad, al parecer está relacionada con los efectos del disturbio, los requerimientos para la germinación a nivel de especie, con la propia heterogeneidad ambiental en el área de estudio y con las diferencias en depositación y acumulación de semillas en el banco de cada sitio.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. BANCOS DE SEMILLAS

Las plantas vasculares pueden reproducirse sexualmente, mediante la producción de semillas, y asexualmente, mediante la producción de estructuras vegetativas. En el primer caso se hallan las especies anuales, en el segundo especies acuáticas y muchas especies perennes (Grime, 1979).

Estas formas de reproducción difieren en su valor adaptativo dependiendo de las circunstancias. Las semillas pueden ser producidas en grandes números. Su talla pequeña puede facilitar su dispersión y por lo general pueden sobrevivir ante condiciones adversas (Harper, 1977). Fenner (1983) afirma que las semillas cubren tres papeles importantes en la vida de las especies: multiplicación, dispersión y tolerancia al estrés; y de igual importancia para la sobrevivencia de las especies es el hecho de que en la mayoría de los casos cada semilla es genéticamente única. Fenner (1983), McDonnell (1983) y Silvertown (1981) señalan la importancia evolutiva y adaptativa de la producción de semillas en términos de la variación genética ya que esta diversidad, que heredará la descendencia producida sexualmente, provee a la población de una flexibilidad genética que asegura que al menos algunos individuos puedan ser favorecidos por la selección natural.

Harper (1977) discute las implicaciones genéticas importantes de la existencia de un almacén de semillas de "larga vida" para las especies. Las semillas latentes, ya dispersadas, probablemente han sido producidas por individuos que pertenecieron a diferentes generaciones. Cuando un disturbio ocurre, puede originarse una mezcla de estas semillas en la superficie del suelo, las cuales germinarán y conformarán la progenie de padres que probablemente existieron a tiempos ampliamente diferentes. Así, el entrecruzamiento entre ellos puede tener efectos relevantes de amortiguamiento de cambios genéticos en la población. Por lo anterior un banco de semillas representa un almacén de memoria evolutiva.

Después de que las semillas son dispersadas, la mayoría atraviesa por un periodo de latencia, entendiéndose ésta como el momento en el que se interrumpe

el crecimiento del embrión, se inhibe su metabolismo, se endurecen las cubiertas y se deshidrata toda la estructura. Dependiendo de la especie y de las condiciones ambientales, la latencia puede durar desde días hasta varias décadas, la potencialidad de la semilla para permanecer en este estado por un tiempo determinado se denomina viabilidad (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1984). La latencia representa un mecanismo "retardador" que previene la germinación cuando las condiciones ambientales son inadecuadas para el establecimiento (Fenner, 1983).

Para algunas especies es común que una proporción de sus semillas sea incorporada al suelo y forme parte de un almacén o "banco" de semillas, que es el contenido de semillas viables en el suelo o en el dosel. Este banco crece por la incorporación de semillas gracias a la lluvia de éstas proveniente directamente de los progenitores y/o por la dispersión mediante agentes físicos y/o biológicos. El banco disminuirá en su tamaño por la germinación, depredación o muerte fisiológica de las semillas. El tamaño, duración y composición de los bancos varían entre especies y entre ambientes reflejando la dinámica poblacional y las condiciones que las especies requieren para su establecimiento, también indican historias de vida de las especies y los cambios posteriores a un disturbio en cuanto a la estructura de la vegetación (Vázquez -Yanes y Orozco -Segovia, 1984).

Fenner (1983) afirma que las especies que más comúnmente forman bancos de semillas son las especies colonizadoras. En contraste, las comunidades sujetas a pocos disturbios tienen relativamente pocas semillas viables enterradas.

Según diversos autores, entre ellos Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia (1984), los bancos de semillas se pueden agrupar en tres tipos principales:

(a) *Bancos de semillas efímeros*. Aquellos formados por semillas que presentan periodos de latencia cortos, son bancos de poca duración y típicos de especies que crecen en sitios rara vez perturbados o donde las condiciones medioambientales son más o menos predecibles, estos bancos pueden existir sólo durante la época de fructificación.

(b) *Bancos de semillas persistentes*. En este caso las semillas presentan períodos de latencia variables, algunos de años, pero las entradas de semillas al banco, y las salidas de las mismas, no afectan a un remanente que se encuentra todo el año. Son semillas de especies que viven en sitios sujetos a constantes disturbios o donde el medio ambiente es muy poco predecible, muchas especies con estas características son las llamadas colonizadoras o de la sucesión temprana.

(c) *Bancos de semillas intermedios*. Aquellos formados por semillas de especies que poseen características intermedias entre los dos tipos anteriores.

Las semillas de talla pequeña, características de las especies con bancos persistentes, se entierran fácilmente. Poco se sabe acerca de cómo las semillas se incorporan al suelo, pero se piensa que las semillas suaves y pequeñas se infiltran fácilmente por las grietas en la superficie. Otras pueden ser enterradas por la actividad de artrópodos excavadores (McDonnell, 1983).

En hábitats que sufren disturbios frecuentemente, la composición de especies en el banco de semillas y de la vegetación en pie es usualmente similar, pero a medida que la vegetación madura la diferencia entre las dos incrementa (Jiménez y Armesto, 1992).

1.2. DINÁMICA DE LOS BANCOS DE SEMILLAS

Las características que permiten a las especies vegetales almacenar semillas en el suelo por periodos de tiempo largos pueden ser una respuesta a ambientes sujetos a disturbios frecuentes (Bazzaz y Carlson, 1979). Asimismo, los bancos de semillas reducen la probabilidad de extinción a largo plazo, afectan la estructura de edad y cambian la estructura genética de una población (Baskin y Baskin, 1977).

Existe un gran interés en las relaciones ambientales y los mecanismos que controlan el tamaño y la composición de los bancos de semillas. La latencia y los requerimientos de la germinación, la vegetación en pie, las características del suelo y los controles de las tasas de descomposición están ampliamente

reconocidos como los factores que influyen la dinámica de los bancos de semillas (McDonnell, 1983).

2. DISTURBIOS

Bazzaz (1979) afirma que un disturbio es un cambio repentino en los recursos de un hábitat y se expresa como un cambio inmediato y detectable en la respuesta de una población. También comenta que los disturbios afectan la heterogeneidad espacial y temporal de ecosistemas y de las abundancias relativas de las especies presentes, además, pueden estimular la diversidad de las especies al disminuir la dominancia de una o algunas especies. Diferentes tipos de disturbios pueden modificar los flujos de los recursos de maneras específicas, especialmente la heterogeneidad de la disponibilidad de éstos.

Los agentes de los disturbios pueden crear distintos hábitats sucesionales y afectan de gran manera la distribución espacial de los individuos reclutados y afectan el futuro de la población (Newell y Tramer, 1978). Un disturbio que ha tenido impacto significativo en algunos ecosistemas es el fuego, aunque en muchos casos el fuego puede ser una parte natural del ecosistema y algunas de las especies dominantes en él están adaptadas a los ciclos del fuego (Bazzaz, 1979).

2.1. EL FUEGO COMO DISTURBIO

La fuente más importante de incendios en la mayoría de las regiones del mundo es la actividad humana (Komarek, 1967; Kruger y Bigalke; 1984; Gill, 1986). La actividad volcánica y las tormentas eléctricas constituyen otras fuentes, siendo la segunda la más común entre las no antropogénicas (Cope y Chaloner, 1985). Se ha sugerido que en muchos lugares la frecuencia de los incendios de origen humano se ha incrementado dramáticamente en los últimos 100 años (Shafi *et al.*, 1973).

2.2. ORIGEN DE UN INCENDIO

Whelan (1985) ha encontrado que la ocurrencia de un incendio en un sitio dado depende de un conjunto de características que deben actuar simultáneamente, tales como la cantidad y el estado del combustible en el lugar, así como el estado del tiempo. Los factores abióticos como la topografía, tipo de suelo y tamaño de las unidades de vegetación varían espacialmente pero son relativamente constantes en el tiempo, los factores bióticos también varían, las cantidades de combustible se incrementan con el tiempo desde la ocurrencia del último incendio y la flamabilidad varía según los cambios en la comunidad vegetal.

El estado del tiempo, la topografía del lugar y el clima tienen un gran efecto sobre la intensidad del incendio, ya que la tasa de combustión de un material vegetal frío y húmedo es más baja que la de los combustibles secos a altas temperaturas. El clima local determina la humedad relativa del aire, lo cual afecta la humedad del combustible. La comunidad vegetal puede afectar el clima local, ya que un dosel denso y cerrado reduce la evaporación y mantiene una humedad relativa alta, manteniendo a su vez la humedad del combustible y la sombra reduce la temperatura del combustible (Hobbs *et al.*, 1984).

Van Wagner (1990) encontró que la mayoría de los incendios naturales comienzan cuando las condiciones de sequía se prolongan por periodos de tiempo muy grandes, acompañado esto por altas temperaturas, vientos veloces y tormentas eléctricas. El fuego se propaga más fácilmente en terrenos planos que en terrenos topográficamente más accidentados (Wright y Bailey, 1982). Los incendios pueden consumir la hojarasca, volatilizando mucho nitrógeno y carbón, causando una liberación en pulsos de nutrientes, destruyendo muchas semillas e induciendo la germinación de otras, cambiando el balance de energía, la capacidad de retención de humedad y la química del suelo entre otros efectos. Los incendios pueden homogeneizar un hábitat heterogéneo inicial (Bailey *et al.*, 1980).

Chandler y Chandler (1983) estudió la tolerancia de las plantas a los incendios e incluyó dos enfoques: la sobrevivencia de los individuos ante los efectos directos del fuego y la tolerancia a las condiciones ambientales imperantes

después del incendio. Existen varias maneras en las cuales los tejidos que son importantes para la recuperación de una planta después de un incendio son protegidos de las temperaturas letales; por ejemplo, el cambium y las células meristemáticas son protegidos por la corteza aislante, las estructuras subterráneas están aisladas por la capa de suelo. Otros tejidos sensibles pueden estar a tal altura sobre el suelo que no sufren el calor intenso provocado por el fuego. De manera similar, las semillas pueden estar protegidas por frutos aislantes, por enterramiento en el suelo o por estar en el dosel.

Minnich (1983) discute que aún en las comunidades vegetales naturales más aisladas ocurren disturbios. A menudo éstos ocasionan la formación de espacios libres para la colonización por plantas. Es común que las especies por medio de presiones selectivas hayan desarrollado en sus semillas mecanismos para ser sensibles a estímulos físicos que indican la apertura de un claro. Las respuestas a los incendios de cualquier elemento de la biota son altamente variables, lo que hace difícil realizar predicciones. Por tanto es importante que la variabilidad entre incendios sea descrita individualmente de manera adecuada en estudios experimentales y ecológicos.

Whelan (1995) sugiere que a pesar de que existe pérdida de nutrientes y ésta es mayor cuando las temperaturas son más altas, estas pérdidas no siempre son reflejadas en niveles más bajos de nutrientes disponibles en los suelos de lugares que se han incendiado. Según este autor, el fuego parece en algunos casos, hacer a algunos nutrientes más disponibles, alterando el pH del suelo y otras propiedades, al mineralizarlos y redistribuirlos de biomasa a necromasa hacia el suelo.

En la literatura, se reconocen en general tres tipos de incendios (Ahlgren y Ahlgren, 1960; Koslowski, 1991; Retana, 1996; Rodríguez, 1996; Sosa *et al.*; 1999):

(a) *Incendios subterráneos*.- Se propagan bajo la superficie del suelo, queman la materia orgánica y raíces, son lentos y carecen de flama, lo que hace difícil su detección.

(b) *Incendios superficiales*.- Se propagan quemando hierbas y arbustos y generalmente no causan la muerte de los árboles adultos. Alcanzan 1.5 m de altura. En México es el tipo de incendio más frecuente (Sosa *et al.*, 1999).

(c) *Incendios de copa*.- Se presentan en bosques densos, donde el fuego se propaga de una copa a otra con rapidez, pueden consumir totalmente el arbolado y se originan a partir de un incendio superficial (Sosa *et al.* 1999).

3. BANCOS DE SEMILLAS Y FUEGO

La presencia de un gran banco de semillas es común en muchas comunidades de plantas (Thompson, 1978), incluyendo aquellas regiones sometidas a incendios periódicos (Carrol y Ashton, 1965). Se sabe que hay comunidades con especies sensibles al fuego que comúnmente presentan una variedad de patrones de liberación de semillas o de retención de ellas ante el fuego. Por otro lado, el fuego puede estimular la germinación o inducir una latencia secundaria (Jiménez y Armesto, 1992).

Gray (1987) estudió comunidades de especies donde observó que los individuos establecidos mueren en un incendio y la persistencia de las poblaciones ocurre sólo mediante bancos de semillas.

Según Clement y Touffet (1981) la mayoría de las especies, que por vivir en sitios que se incendian con cierta frecuencia, poseen semillas que poseen latencia innata, esto es, el poseer una testa impermeable que se abre con el calor del incendio o semillas retenidas en estructuras frutales cerradas estimuladas a abrirse por el incendio y también especies cuyas semillas germinarán inmediatamente bajo las condiciones apropiadas de luz, temperatura, oxígeno y humedad. Este último grupo puede incluir semillas sin latencia donde las semillas que no germinan mueren pronto y también especies en donde las semillas viables, que pueden germinar son almacenadas en lugares donde se estimula algún tipo de latencia.

Según Aston *et al.*, (1976), los factores importantes que influyen en la germinación de plantas de comunidades expuestas al fuego son la posición de la

semilla en el perfil del suelo, la intensidad y tipo del incendio. Este autor estimó a partir de incendios simulados, que la máxima germinación podría ser alcanzada a una profundidad del suelo de 3-4 cm (donde un 81% de semillas germinaron), a mayor profundidad el calor era insuficiente para estimular la germinación y a menor profundidad, las temperaturas en la superficie fueron suficientes para matar y consumir una alta proporción de semillas. Whelan (1995), por su parte, encontró que la dispersión de semillas desde sitios no quemados parece ser de gran importancia en la recolonización para algunas especies en ambientes particulares. En el trabajo de Romme (1982) se enlistan varias especies que pueden reaparecer en un sitio solo después de la invasión de semillas de plantas no quemadas existentes en los límites del incendio. En floras con una proporción alta de tales especies, un patrón de cambio en la comunidad después del incendio puede ser determinado predominantemente por tasas de invasión diferenciales.

De acuerdo con Rice (1993) en muchas comunidades que se incendian con relativa frecuencia, la mayoría de las plántulas parecen originarse de semillas ya presentes en el sitio y que sobreviven mediante diferentes mecanismos (mencionados anteriormente). La dispersión de las semillas en esta situación es importante en dos contextos. Primero, la dispersión anual en ausencia del incendio puede determinar los patrones espaciales de dispersión presentes al momento del incendio. Segundo, la dispersión de semillas de frutos en el dosel y de propágulos vegetativos después de un incendio puede ser mayor si la estructura de la vegetación es más abierta, ya que se incrementan las velocidades del viento.

El entendimiento de la naturaleza adaptativa de los bancos de semillas requiere conocimiento de las opciones reproductivas disponibles para las especies y el régimen completo del disturbio (Bell *et al.*, 1993).

Se necesita un mayor número de estudios que expliquen cómo los bancos de semillas reflejan adaptación de las especies ante las perturbaciones, ya que aún se desconocen varios factores de la dinámica de los bancos de semillas. Es importante definir los mecanismos de entrada de semillas al banco una vez que son dispersadas en un sitio, donde el papel de algunos animales enterradores, transportadores o depredadores debe ser determinado (Fenner, 1983). Es

importante la elaboración de más trabajos acerca de los efectos que causa el fuego sobre el banco de semillas en una comunidad. De los más recientes tenemos los estudios de Whelan (1995), Valbuena (1998), Bell *et al.* (1998), Brown y Whelan (1999) y Odion (2000), entre otros.

Se ha mencionado en la literatura la sensibilidad de los bancos de semillas ante las características del medio circundante (Fenner, 1983), pero aún se deben realizar estudios a fondo al respecto. Existen varios aspectos aún por entender acerca de la dinámica de los bancos de semillas que aún conocemos poco: ¿existen patrones en el banco de semillas dentro de una comunidad?, ¿las estrategias de las especies son aparentes en el banco?, ¿las especies de distintas posiciones sucesionales poseen dinámicas particulares en el banco de semillas? (Thompson *et al.*, 1978).

Se sabe de la distinta variedad de efectos nocivos que las perturbaciones como los incendios tienen sobre algunas comunidades (Bond *et al.*, 1984; Busso *et al.*, 1993; Whelan, 1995). También se sabe cómo varios tipos de vegetación y varias especies muestran adaptaciones al fuego las cuales han evolucionado a través del tiempo bajo presiones fuertes de selección (Whelan, 1995). Se sabe que hay especies que requieren del fuego para liberar sus semillas y/o para que éstas germinen (Keeley, 1977; Whelan, 1995; Keeley, 1991).

En México, desde hace mucho tiempo, el fuego se ha empleado como herramienta agrícola en la roza, tumba y quema (Rodríguez y Sierra, 1992; Rodríguez, 1996). Actualmente el 97% de los incendios son generados por el hombre y se estima que un 54% de éstos se deben a actividades agropecuarias (Sosa *et al.*, 1999).

Los incendios forestales en México tienen un régimen anual y su magnitud depende de las condiciones climáticas y meteorológicas. De 1970 a 1999 se han presentado un promedio de 6,559 incendios (poco más del 90% fueron superficiales) afectando una superficie de 222,656 ha (Sosa *et al.*, 1999).

II. JUSTIFICACIÓN, OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Existen variados estudios de la comunidad de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel dedicados a diferentes aspectos florísticos, ecológicos y fenológicos, ejemplos de estos tenemos las investigaciones de Rzedowzki (1954), Meave (1994), Cano-Santana (1987), Valiente-Banuet (1990) y Rojo (1994), entre muchos otros. El estudio de Hernández (1984) muestra la composición y abundancia del banco de semillas en diferentes micrositios característicos de este lugar. Sin embargo, se desconocen aún varios aspectos de su dinámica y sobre todo del como se ve afectado por el fuego. A pesar de los daños que los incendios ocasionan en el país, han sido pocos los estudios referentes a este tema (Peña, 2000). Realizar estos estudios es de suma importancia para comprender como los propágulos contenidos en el suelo participan en la regeneración de la vegetación después de una perturbación antropogénica o natural. Estos estudios pueden también reflejar si algunas especies están modificando características en sus estrategias reproductivas que les permitan colonizar y/o mantener sus poblaciones en los sitios afectados por este tipo de perturbación (obs. pers.).

El objetivo central de este trabajo es.

1.- Comparar la riqueza, diversidad y dominancia de especies del banco de semillas, según las plántulas emergidas, entre sitios quemados y sitios no quemados.

Los objetivos particulares son:

- 1.- Conocer los tiempos de emergencia de las especies representadas en el banco de semillas de sitios quemados y no quemados.
- 2.- Determinar los efectos de un incendio sobre la composición y abundancia del banco de semillas de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel.

La hipótesis formulada para este trabajo es que el incendio ocurrido en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel tendrá distintos efectos sobre las especies componentes de su banco de semillas. En general, se espera que el fuego afecte negativamente a algunas especies, reduciendo su abundancia de plántulas y su diversidad. El fuego puede, por otra parte, acelerar la emergencia de las plántulas de algunas especies. En otras especies, el fuego probablemente incrementará la abundancia de sus plántulas, si es que estas especies presentan algún tipo de adaptación a él.

III. SITIO DE ESTUDIO

3.1. LOCALIZACIÓN

El Pedregal de San Ángel está situado al SW de la cuenca del Valle de México a una altitud de 2,250 m. Por el sur colinda con el cerro del Ajusco, su límite oeste lo constituye la Sierra de las Cruces, en sus bordes N y E se sitúan zonas urbanas. Consiste en una gruesa capa de lava, producto de la erupción del volcán Xitle, está localizado entre los 19° 20' 23" y 19 °13' 45" N y los meridianos 99° 08' 26" y los 99° 14' 37" W (Rzedowski, 1954).

La superficie original del Pedregal de San Ángel abarcaba 8000 ha y estaba representada por diferentes comunidades vegetales a lo largo de un gradiente altitudinal (Rzedowski, 1954).

3.2. EDAD

La edad del Pedregal de San Angel ha sido objeto de múltiples estimaciones (Rzedowski, 1954). La edad de 2400 años obtenida por el método del carbono catorce a principios de la década de los cincuentas por Arnold *et al.* (1951) no debe corresponder a la capa de suelo más próxima al derrame, ya que unos cuantos centímetros de suelo representan cientos de años. Los estudios más recientes llevados a cabo por el Instituto de Geofísica, indican que la erupción del Xitle ocurrió hace aproximadamente 2000 años. Las muestras para este estudio fueron tomadas de la capa de suelo ubicada directamente bajo el derrame de lava y su edad fue establecida por medio del método de carbono catorce (L. del Pozzo, en Carrillo Trueba, 1995).

3.3. SUELO Y TOPOGRAFÍA

Los suelos situados sobre la capa de lava resultan ser principalmente de origen eólico y orgánico, de menor importancia en su contenido son los productos de la intemperización de la lava, así como acarreos de origen aluvial (Rzedowski, 1954).

El suelo es clasificado como litosol (Hernández, 1984) y se acumula en la gran variedad de microambientes topográficos como grietas, hondonadas, hoyos, depresiones y promontorios rocosos, que son formas producidas por la lava en flujo que se enfrió (Valiente-Banuet y de Luna, 1990). Al parecer, esta topografía tan heterogénea provocó que las tasas de acumulación de suelo por agentes eólicos y pluviales, y más tarde orgánicos fueran diferentes en todos los sitios (Cano-Santana, 1994) y Rzedowski (1954) reporta que la tasa de formación de suelos es más rápida en grietas y hoyos.

El espesor del suelo es de pocos centímetros, por lo que la distinción de horizontes edafológicos es imposible y se caracteriza por tener poca capacidad para la retención del agua (Rzedowski, 1954). La textura de los suelos es arenosa-limosa, son moderadamente ácidos, con una elevada cantidad de materia orgánica; abundan el potasio y calcio y más escasos son el nitrógeno y fósforo aprovechables (Mooser, 1962). La relativa riqueza en potasio y calcio señala el origen volcánico ácido de las partículas acarreadas por el viento, pues estos elementos provienen con toda probabilidad de la intemperización de feldspatos (Mooser, 1962).

3.4. CLIMA

El Pedregal de San Ángel, por su ubicación tiene los rasgos climáticos de la cuenca del Valle de México. El clima es templado y sin una estación fría pronunciada. La temperatura máxima del año corresponde al mes de mayo, la mínima a enero. La temperatura media anual varía entre los 14 y 17°C (Rzedowski, 1954).

La temporada lluviosa se extiende de junio a octubre y la seca de noviembre a mayo, con lluvias de tipo torrencial y de corta duración (Rzedowski, 1954). El promedio anual de la precipitación varía de 500 a 700 mm (Rzedowski, 1954). La humedad absoluta del aire es considerada baja de manera general y la humedad relativa presenta variaciones diurnas que dependen de las temperaturas

principalmente. La fuerte radiación y la escasa humedad del aire originan una alta transpiración de las plantas y una rápida evaporación del agua (Rzedowski, 1954).

3.5. VEGETACIÓN Y FLORA

En 1954 se dio a conocer la primera aproximación al inventario de la flora del Pedregal de San Ángel, y de tal fuente sabemos que en estos 80 km² existe, o más bien existía aún a mediados del siglo XX, aproximadamente la mitad de las especies de plantas registradas en toda la cuenca del Valle de México, que tiene más de 7500 km² de extensión. Considerando que esta comunidad ocupaba una superficie original de 4000 ha, es decir la mitad del derrame de lava, y que en la actualidad la extensión de la reserva es de 124.5 ha, es evidente la importancia de determinar la identidad de las especies presentes (Valiente-Banuet y de Luna, 1990).

La reserva del Pedregal de San Ángel esta ubicada en una comunidad cuyo tipo de vegetación es un matorral xerófilo y ha sido considerada como una zona de alta riqueza florística, está constituida predominantemente por un estrato herbáceo bien desarrollado, un arbustivo ligeramente menos importante y pocos elementos arbóreos (Rzedowski, 1979). En ella se encuentran actualmente un total de 301 especies de angiospermas agrupadas en 61 familias; y con base en la información florística disponible se calcula que el número original de especies en la comunidad era de aproximadamente 350. De estas en la actualidad aún existen en la reserva 226 originales (Valiente-Banuet y de Luna, 1990). Existen también 77 especies que probablemente han entrado a la comunidad más recientemente. *Rhynchelitrum repens* es una especie introducida, de origen africano, y *Opuntia robusta* proviene del Jardín Botánico de la UNAM. Las demás especies introducidas son de procedencia incierta, 25% de estos nuevos registros tienen hábitos ruderales y su presencia puede estar asociada a perturbaciones (Valiente-Banuet y de Luna, 1990).

Las familias que tienen mayor número de géneros en la reserva son: Compositae (41), Gramineae (25), Leguminosae (15) y Orchidaceae (11), éstas

coinciden con las citadas por Rzedowski (1979) como las mejor representadas en el país (Legarreta y Almeida, 1994). En el trabajo de Legarreta y Almeida (1994) se afirma que existen en la reserva 254 géneros pertenecientes a 71 familias de la flora vascular.

Rzedowski (1954) afirma que posiblemente el Pedregal se encuentra ocupando una etapa sucesional intermedia entre comunidades pioneras de helechos xerofíticos y posibles comunidades dominadas por *Schinus mole* o *Quercus rugosa*, entre otras. Subraya que este punto en la etapa sucesional se demuestra por especies características de primeras etapas sucesionales como *Wigandia urens*, *Dodonaea viscosa*, *Phytolacca iccosandra*, entre otras.

Senecio praecox era considerada especie dominante y típica del estrato arbustivo (Rzedowski, 1954). *Verbesina virgata* y *Buddleia cordata*, ahora las especies dominantes (Cano-Santana, 1994), coexisten con otras especies frecuentes tanto arbustivas como semiarbóreas como: *Agave ferox*, *Eysenhardtia polystachya* y *Opuntia tomentosa*, que prefieren sitios donde se acumula mayor cantidad de suelo como hoyos y grietas (Cano-Santana, 1994). En sitios planos, que están expuestos a una mayor radiación solar, existen gramíneas que representan de manera importante el estrato herbáceo de esta comunidad, son dominantes en sitios con capas de suelo delgado sobre la superficie de la roca: *Aegopogon cenchroides*, *Muhlenbergia robusta*, *Panicum bulbosum* y *Setaria geniculata* (Cano-Santana, 1994); otras especies que pertenecen a este estrato son *Asclepia linaria*, *Bouvardia ternifolia*, *Salvia mexicana*, *Priva mexicana*, *Plumbago pulchella* y *Stevia salicifolia* (Rzedowski, 1954). *Cissus sicyoides*, *Cynanchum kunthii*, *Dioscorea galeottiana* y *Cologania biloba* son hierbas trepadoras frecuentes e importantes en cuanto a cobertura, se enredan en hierbas y arbustos erguidos o se extienden en la superficie desnuda de las paredes de lava. La epífita típica de esta zona es *Tillandsia recurvata* (Rzedowski, 1954). *Bletia urbana* (Orchidaceae) y *Mammillaria sanangelensis* (Cactaceae) se han citado como los endemismos más importantes de esta comunidad (Rzedowski, 1979). Los hoyos y grietas son colonizados de manera importante por las especies perennes como *Buddleia cordata*, *Cardiospermum halicacabum*, *Dodonaea*

viscosa, *Passiflora subpeltata*, *Plumbago pulchella*, *Salvia mexicana* y *Wigandia urens*, entre otras (Cano-Santana, 1994)

Echeveria gibbiflora, *Agave ferox*, *Mammillaria sanangelensis* y *Opuntia tomentosa* son especies perennes que pueden colonizar sitios expuestos a la radiación solar y con pocas cantidades de agua y suelo (Rzedowski, 1954). Rzedowski (1979) citó algunas especies como ruderales entre las cuales están: *Datura stramonium*, *Eupatorium petiolare*, *Physalis toetens*, *Acalypha phleoides*, *Asclepia lanuginosa*, *Lopezia racemosa*, *Nicotiana glauca*, *Sonchus oleraceus*, *Poa annua* y *Taraxacum officinale*.

La reserva del Pedregal de San Ángel fue decretada en septiembre de 1983 con una extensión original de 1.24 km², dentro del perímetro de la Universidad Nacional Autónoma de México (Álvarez *et al.*, 1986). En 1990 se amplió a 1.46 km² y se redefinió el área (Carrillo, 1995) Álvarez *et al.* (1986) realizaron un análisis preliminar sobre el efecto de la reducción del área en el número de especies, en dicho trabajo los autores señalan que aun cuando el área de la comunidad ha sido reducida más de diez veces, el número de especies originales es mayor de lo que se esperaría (50 % de las originales). El último cambio al área de la reserva se realizó en diciembre de 1996, cuando se reordenó e incrementó a 176 ha (Gaceta UNAM, 1997).

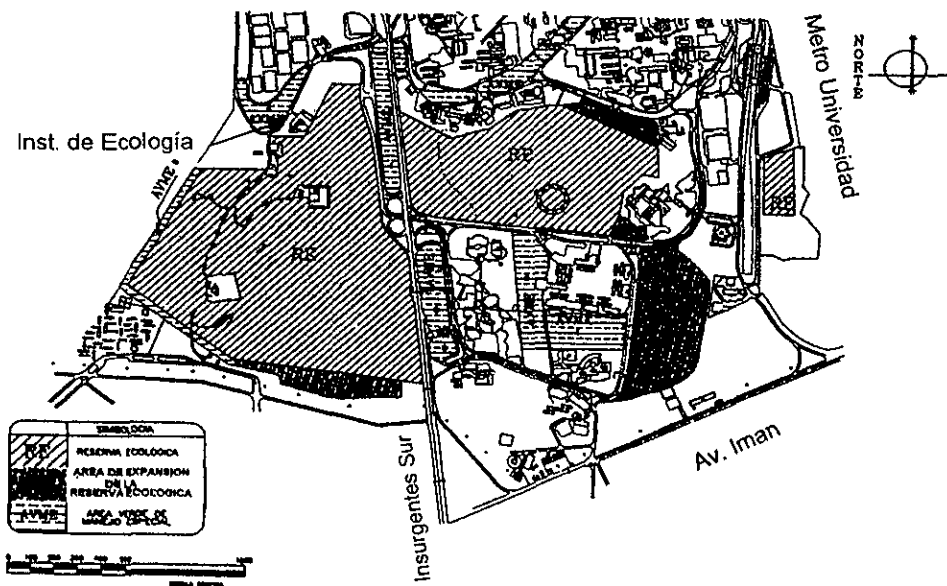


Figura A. Mapa de la Reserva Ecológica "El Pedregal de San Ángel" (Modificado de Gaceta UNAM, 1997).

IV. METODO

4.1. SELECCIÓN DE SITIOS Y MUESTREO

Se escogieron cuatro sitios al azar en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: dos sitios expuestos a incendios ocurridos en la cuarta semana de marzo de 1998 y dos sitios no afectados por este disturbio. Todos los sitios incluyen lugares planos, oquedades y hondonadas. En cada sitio -cada uno de 25 m X 25 m- se escogieron 25 puntos al azar, donde se colectaron muestras de suelo de 300 g, dos semanas y media después de ocurrido el incendio. Un día después de la colecta, las muestras de suelo se colocaron en charolas de 25 cm X 25 cm X 15 cm de profundidad, y se mantuvieron por doce meses en el invernadero, con una temperatura promedio mínima de 12.18 y una máxima de 33.54 °C y una humedad promedio máxima del 93% y una mínima de 31 % (Andrade-Cetto y Ortega-Larrocea, 1998). Las charolas se regaron cada tercer día con la misma cantidad de agua.

Quincenalmente se cosecharon las plántulas emergidas y se transplantaron a macetas grandes con tierra comercial para permitir su crecimiento con el fin de determinarlas. Esta metodología se repitió por once meses, de abril de 1998 a febrero de 1999.

Se obtuvieron totales de especies con sus respectivos números de plántulas por sitio y por cada fecha de cosecha

4.2. DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES EN EL BANCO DE SEMILLAS

Se realizaron histogramas de frecuencias, con clases de abundancia por especies y la frecuencia de especies dentro de cada clase (Magurran, 1988).

4.3. TENDENCIAS DE LAS ESPECIES EN EL BANCO

Se realizaron tablas que ilustran las tendencias de las especies para la formación de bancos de semillas de distintas características según el número de plántulas

emergidas en los sitios quemados y sitios no quemados y sus fechas de germinación.

4.4. ÍNDICES DE SIMILITUD

Los bancos de semillas se compararon mediante el índice de similitud de Sorensen que se calculó con la siguiente fórmula (Magurran, 1988).

$$S = 2C / a + b$$

donde: C= número de especies compartidas entre cada uno de los sitios que se comparan para la totalidad del experimento, a= número de especies emergidas en un sitio determinado durante todo el experimento, y b= número de especies emergidas en el otro sitio que se compara durante todo el experimento.

Mediante la siguiente fórmula, se obtuvieron los valores del índice de similitud de Czekanowski (Southwood, 1978).

$$ISC = (2 m_i) / (\sum a_i + b_i)$$

donde: m_i = valor mínimo del número de individuos de la especie más abundante en los dos sitios que se comparan, a_i = número total de individuos en un sitio, y b_i = número total de individuos en el otro sitio.

4.5. DIVERSIDAD Y DOMINANCIA

Se calcularon los índices de diversidad de Shannon-Wiener para todos los sitios a partir de la siguiente fórmula (Magurran, 1988):

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

dónde: p_i = corresponde a la proporción de individuos encontrada en la iésima especie y se estima: n_i/N .

Se calcularon estos índices con y sin *Buddleia cordata*, por ser la especie dominante.

Se compararon los valores de H' de todos los sitios entre sí con pruebas de t (Magurran, 1988) para encontrar si existen diferencias estadísticamente significativas entre ellos.

Se calculó el índice de dominancia de Berger-Parker para cada sitio mediante la siguiente ecuación (Magurran 1987):

$$d = N \max / N$$

donde: $N \max$ = número de individuos de la especie más abundante, y N = número total de individuos en cada sitio.

4.6 ANOVA

Con el programa Statistic ('98) se realizaron análisis de varianza de las densidades de las plántulas emergidas en cada sitio y por fecha de cosecha.

La transformación de los datos se realizó de la manera siguiente (Zar, 1990).

$$(a) x' = (x + 0.5)^{1/2}$$

donde: x = número de plántulas de cada especie en cada fecha de cosecha y en cada sitio,

$$(b) x' = \ln x$$

donde: x = número de plántulas de cada especie en cada fecha de cosecha y en cada sitio,

4.7 PRUEBA DE χ^2

Se realizaron pruebas de χ^2 por sitio para determinar la distribución de la germinación y estructura entre sitios.

V. RESULTADOS

5.1. ABUNDANCIA

El número total de plántulas en los sitios quemados fue de 1130, este número es notablemente menor al correspondiente para sitios no quemados (3989) e incluyen plántulas de todas las especies que emergieron a diferentes tiempos de mayo de 1998 a marzo de 1999. El mayor valor promedio de plántulas por unidad de muestra se registró en el sitio Nq1, siguiendo el sitio Nq2. Los sitios quemados 1 y 2 mostraron valores promedio menores y similares entre ellos.

Tabla 1.- Número de plántulas por sitio (Q1 y Q2= sitios quemados), (Nq1 y Nq2= sitios no quemados) y promedio de plántulas por unidad de muestra, en el intervalo de 260 días. N=25.

Sitio	Total de plántulas	Número de plántulas promedio / 300 g de suelo
Q1	554	22 ± 5
Q2	576	23 ± 7
Nq1	2714	108 ± 30
Nq2	1275	51 ± 11

Los sitios Q1 y Q2 mostraron totales de plántulas similares y menores a aquellos registrados en los sitios no quemados. El sitio Nq1 presentó el mayor número de plántulas de todos los sitios (Tabla 1).

En la Figura 1 observamos los tiempos de germinación de las semillas en los cuatro sitios durante los 260 días del experimento. Las tendencias para los sitios Q1 y Q2 fueron similares en todas las fechas de cosecha. Los valores de números de plántulas fueron menores para los sitios quemados en todas las fechas de cosecha. En los sitios no quemados se observaron tendencias similares en magnitud de los 22 a los 65 días (22 mayo-03 julio) y de los 162 a los 257 días (07 octubre-09 enero). En el intervalo de tiempo de los 70 a los 150 días de cosecha (27 mayo-26 septiembre) se observa una dispersión de los datos entre

estos sitios, la diferencia más importante ocurrió a los 84 días (22 julio) que coincide con el primer pico de germinación y en magnitud (571 individuos más en el sitio Nq1 que en el sitio Nq2 a los 84 días), esta diferencia es mayor, que por ejemplo, aquella entre el sitio Nq1 y el sitio Q2, esta última del orden de 328 individuos.

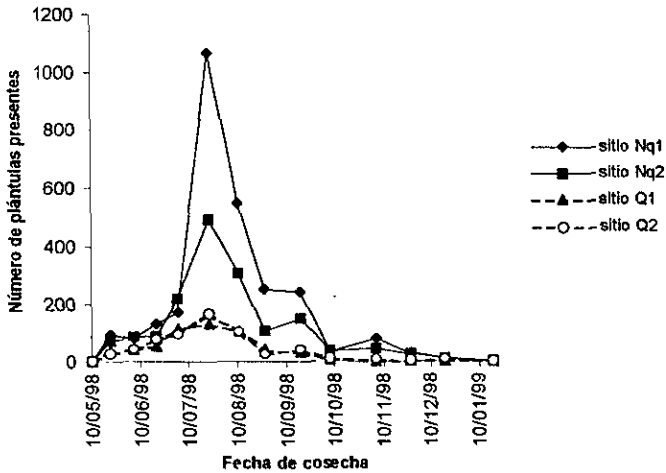


Figura 1 - Número de plántulas presentes en cada fecha de cosecha por sitio (Q1 y Q2 sitios quemados), (Nq1 y Nq2 sitios no quemados), en el intervalo de 260 días.

Para los sitios no quemados se registraron tres picos de germinación. El primero y más alto a los 84 días (22 julio), el segundo a los 142 días (18 septiembre) y el tercero a los 191 días (05 noviembre). En los sitios quemados se observó sólo un pico de germinación importante ocurrido a los 84 días (22 julio), (Figura 1).

En la Figura 2 se observa que el número acumulado de plántulas se estabiliza en septiembre para los sitios quemados, y ocurrió unos 50 días más temprano que para los sitios no quemados.

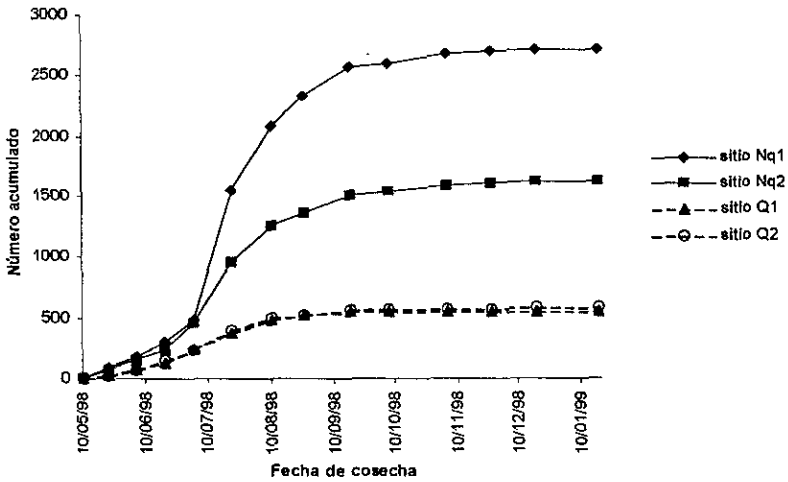


Figura 2.- Número acumulado de plántulas en cada fecha de cosecha para cada sitio (Q1 y Q2= sitios quemados), (Nq1 y Nq2= sitios no quemados) en el intervalo de 260 días.

5.2. RIQUEZA ESPECÍFICA

En la mayoría de los días de cosecha, el número de especies emergidas fue mayor en los sitios no quemados que en los quemados. En el día 65 (03 julio) se registró el mayor número de especies en el sitio Nq1 (24 especies), en el sitio Nq2 fue de 23 especies a los 50 días (19 junio); para el sitio Q1 el mayor número de especies presentes en un día de cosecha fue de 18 en el día 65 (03 julio) y de 17 especies en el día 36 (05 junio) para el sitio Q2 (Figura 3).

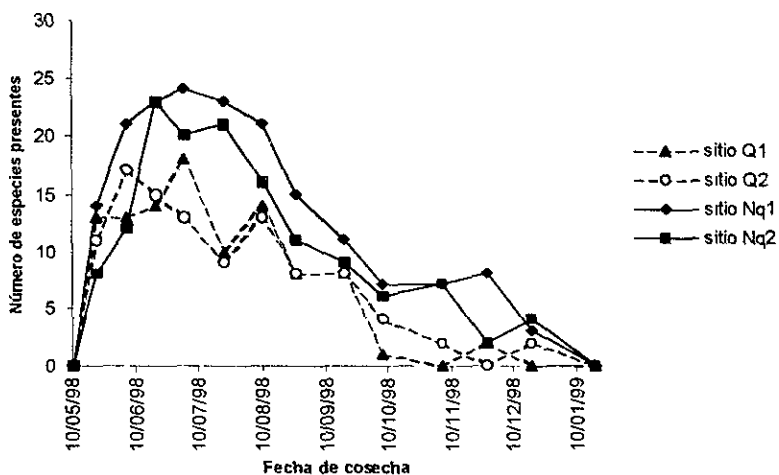


Figura 3.- Número de especies presentes en cada fecha de cosecha por sitio (Q1 y Q2 sitios quemados), (Nq1 y Nq2 sitios no quemados) en el intervalo de 260 días.

En el sitio Nq1 se observó un incremento en el número de especies desde la primera fecha de cosecha (22 mayo) hasta el día 65 (03 julio), a partir del día 119 (26 agosto) se observó una disminución evidente en el número de especies. En el sitio Nq2 se observaron dos picos en el número de especies. En los sitios Q1 y Q2, se observaron 2 pulsos mayores de aparición de especies; para el sitio Q1 ocurrió a los 65 días (03 julio), para el sitio Q2 ocurrieron a los 36 y 103 días (05 junio y 10 agosto) con 17 y 13 especies respectivamente (Figura 3).

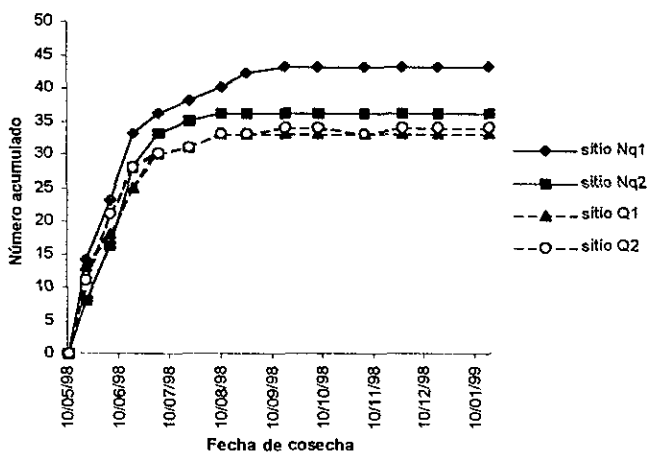


Figura 4. - Número acumulado de especies emergidas por fecha de cosecha y sitio (Q1 y Q2= sitios quemados), (Nq1 y Nq2= sitios no quemados) en el intervalo de 260 días.

En la Figura 4 observamos la máxima capacidad de germinación para las especies en el banco de semillas y el día en el que se alcanzó. Se observó que la riqueza específica acumulada para todos los sitios se estabilizó entre los 103 y 142 días (10 agosto-18 septiembre), los sitios no quemados lo hicieron con un mayor número de especies, 43 para Nq1 y 36 para Nq2. Para los sitios Q1 y Q2 este número máximo de especies emergidas fue de 33 y 34 especies, respectivamente.

Agrupando los datos de los cuatro sitios, se registró un total de 49 especies en el banco de semillas agrupadas en 23 familias (Tabla14). La familia mejor representada fue la familia Asteraceae, con nueve especies, siguiendo la familia Euphorbiaceae con cinco especies y en tercer lugar la familia Poaceae con cuatro especies. En el banco de semillas de esta comunidad están representadas algunas especies ruderales como *Nicotiana glauca* y *Sonchus oleraceus*.

El número total de especies registrado para los sitios no quemados fue de 44, mientras que en los sitios quemados aparecieron 41 especies. Especies como *Physalis glutinosa*, *Desmodium grahammi*, *Senecio praecox* y *Nicotiana glauca* sólo emergieron en los sitios quemados. Especies como *Stenorrinchos*

aurantiacus, *Commelina coelestis*, *Manfreda brachystachya*, *Portulaca pilosa*, *Commelina difusa*, *Begonia gracilis*, *Phaseolus formosus*, y *Centaurium quitense*, sólo aparecieron en los sitios no quemados. Las demás especies emergieron en todos los sitios. La especie mejor representada en el banco de semillas de todos los sitios fue *Buddleia cordata*, en orden decreciente de abundancia le siguen *Gnaphalium americanum* y *Muhlenbergia robusta*.

5.3. SIMILITUD

Los sitios que comparten mayor número de especies, de acuerdo al índice de similitud de Sorensen, fueron los sitios Nq1 y Nq2, con un 84%. Todos los demás valores fueron similares, entre 72 y 78%. Es importante tomar en cuenta que este índice es calculado a partir de ausencia y presencia de especies únicamente, sin tomar en cuenta sus abundancias.

Tabla 2.- Matriz de valores del índice de similitud de Sorensen entre los cuatro sitios estudiados: (Q1 y Q2=sitios quemados), (Nq1 y Nq2= sitios no quemados), considerando todas las especies que emergieron en el intervalo de 260 días.

sitios	Q1	Q2	Nq1	Nq2
Q1	1	0.75	0.72	0.73
Q2		1	0.78	0.76
Nq1			1	0.84
Nq2				1

Tabla 3.- Matriz de valores para el índice de similitud de Czekanowski entre los 4 sitios estudiados (Q1 y Q2=sitios quemados), (Nq1 y Nq2= sitios no quemados), considerando todas las especies que emergieron en el intervalo de 260 días.

Sitios	Q1	Q2	Nq1	Nq2
Q1	1	0.51	0.16	0.27
Q2		1	0.17	0.30
Nq1			1	0.35
Nq2				1

Tabla 4.- Matriz de valores para el índice de similitud de Czekanowski entre los cuatro sitios estudiados (Q1 y Q2= sitios quemados), (Nq1 y Nq2=sitios no quemados) considerando todas las especies (excepto *Buddleia cordata*) que emergieron en el intervalo de 260 días.

Sitios	Q1	Q2	Nq1	Nq2
Q1	1	0.17	0.07	0.09
Q2		1	0.10	0.11
Nq1			1	0.19
Nq2				1

Con base en los valores del índice de Czekanowski, los sitios Q1 y Q2 fueron los más similares en cuanto a composición de especies (Tabla 3). Los valores de similitud más bajos fueron los correspondientes para los dos sitios quemados con el sitio Nq1. Entre los sitios no perturbados por el fuego, la similitud en composición y abundancias por especie es del 50%. La Tabla 4, muestra que en ausencia de *Buddleia cordata* la similitud en composición de especies es muy pequeña entre todos los sitios, el porcentaje más alto corresponde a aquel entre los dos sitios no quemados y es cercano al 20%.

5.4. DIVERSIDAD

Se encontró que el sitio Nq1 (el cual tuvo mayor número de individuos por especie y mayor número de especies en general en su banco de semillas) fue el sitio menos diverso, menos aún que los sitios quemados. El valor del índice de diversidad más alto (Tabla 5) corresponde al sitio Nq2 y es muy similar al valor para los sitios quemados (estos últimos ligeramente menores). Al excluir a *Buddleia cordata* los resultados muestran que el sitio más diverso es el sitio Nq1. Al sitio Nq1, le siguen en orden decreciente del valor de diversidad el sitio Nq2, y con valores ligeramente menores a este último, los correspondientes para los sitios Q1 y Q2.

De acuerdo con la Tabla 6, existen diferencias estadísticamente significativas entre las diversidades de los bancos de semillas de los sitios Q1 y Nq2, Q2 y Nq2 y entre los dos sitios no quemados.

Tabla 5.- Matriz de valores para el índice de diversidad de Shannon-Wiener para todos los sitios (Q1 y Q2=sitios quemados), (Nq1 y Nq2= sitios no quemados). n.s., no significativo, ***, $P < 0.001$.

Sitio	H'	H'(sin <i>Buddleia cordata</i>)
Q1	2.24	2.88
Q2	2.06	2.59
Nq1	1.94	3.04
Nq2	2.69	2.91

Tabla 6.- Valores de t calculados y de tablas para cada comparación de diversidad entre sitios (Q1 y Q2=sitios quemados), (Nq1 y Nq2=sitios no quemados), $p=0.001$

Sitios	Valor calculado de t
Q1 vs Q2	ns
Q1 vs Nq1	***
Q1 vs Nq2	***
Q2 vs Nq1	***
Q2 vs Nq2	***
Nq1 vs Nq 2	***

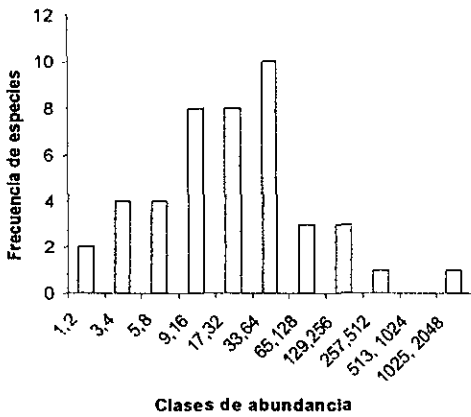


Figura 5.- Histograma del número de especies por abundancia de individuos en los sitios no quemados (Nq 1 y Nq 2)

En la Figura 5 observamos que en los sitios no quemados la mayor proporción de especies tienen de 9 a 64 individuos y representan un 60% del total. Las especies con abundancias muy altas son escasas y corresponden a un 18% del total. Las especies que pertenecen a clases con muy pocos individuos ocupan un 22%

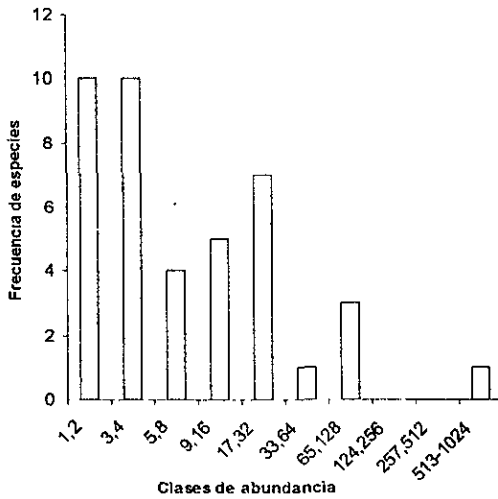


Figura 6.- Histograma del número de especies por abundancia de individuos en los sitios quemados (Q1 y Q2).

El 70% de las especies en los sitios quemados tienen de 1 a 16 individuos, la clase de abundancia siguiente en cuanto a número de especies es aquella que tiene de 17 a 32 individuos y representa un 17%, aquellas especies con abundancias intermedias, de 33 a 128 individuos representan un 9%. La clase con el mayor número de individuos representa un 2% (Figura 6). Entre las dos figuras (5 y 6) podemos observar que las clases de abundancia están representadas por frecuencias distintas de especies, por lo que las formas de su distribución son diferentes. Cabe notar que en ambos sitios la clase extrema, con el mayor número de individuos incluye a una sola especie: *Buddleia cordata*.

5.5. DOMINANCIA

El sitio Nq2 presentó el valor más pequeño de dominancia y por tanto la mayor diversidad, el mayor valor se observa para el sitio Nq1, lo que es una consecuencia de una menor diversidad. Los valores para los sitios Q1 y Q2 son muy similares entre sí (Tabla 7). Se observa que sin *Buddleia cordata*, el sitio con el mayor valor de dominancia es el sitio Q2.

Tabla 7.- Índice de dominancia de Berger-Parker para cada sitio (Q1 y Q2=sitios quemados), (Nq1 y Nq2=sitios no quemados).

Sitio	Con <i>Buddleia cordata</i>	Sin <i>Buddleia cordata</i>
Q1	0.47	0.16
Q2	0.49	0.23
Nq1	0.58	0.16
Nq2	0.28	0.19

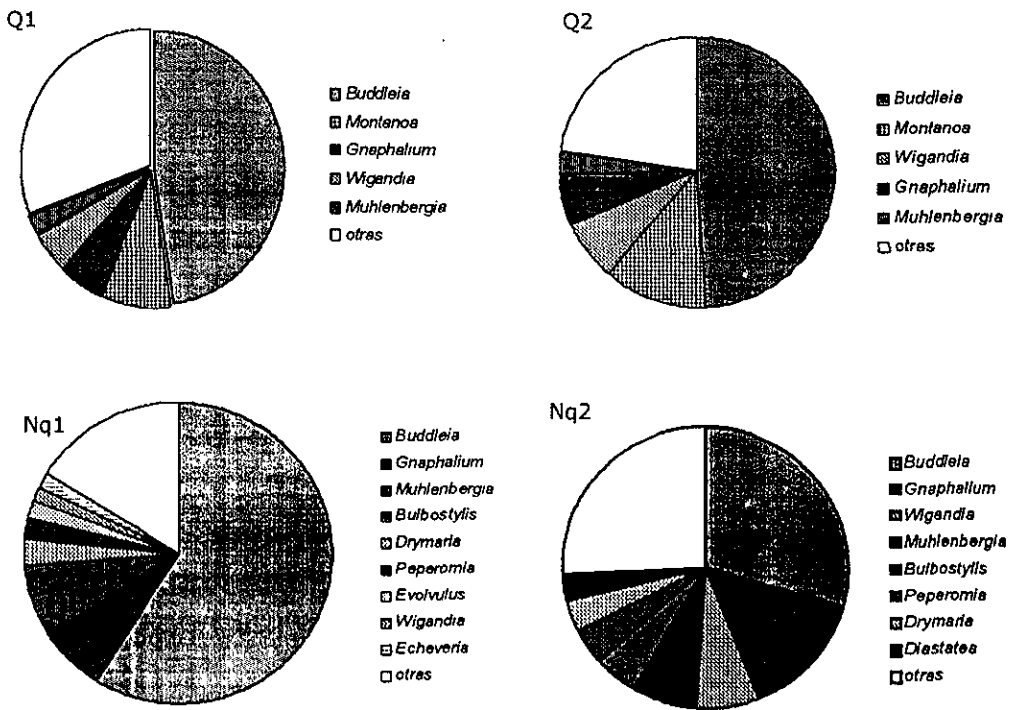


Figura 7.- Proporción de individuos por especie en función del número total en cada sitio durante el intervalo de 260 días (Q1 y Q2= sitios quemados), (Nq1 y Nq2= sitios no quemados).

En la Figura 7 podemos observar que la especie dominante en todos los sitios es *Buddleia cordata*. Las especies y sus proporciones en los sitios quemados son muy similares. Los dos sitios no quemados son también semejantes en composición, sin embargo la diferencia evidente entre ellos obedece principalmente a la gran abundancia de *Buddleia cordata* en el sitio Nq1.

5.6. DENSIDAD

En los sitios no quemados no se observaron diferencias significativas en la emergencia de las especies con respecto a la fecha de cosecha. La distribución de la germinación de las semillas en los sitios no quemados mostró diferencias significativas (Tabla 8). Es decir que en los sitios no afectados por el fuego la emergencia en el tiempo de distintas especies fue diferencial, hubo especies cuyas semillas presentaron periodos cortos de latencia y otras especies presentaron tiempos más prolongados.

Tabla 8.- Valores de χ^2 para determinar el efecto del tiempo en emergencia de las especies en los cuatro sitios de estudio. n.s. no significativo, $P < 0.001$

Sitio	χ^2	P
Q1	0.144	Ns
Q2	0.149	Ns
Nq1	215.030	***
Nq2	371.121	***

Tabla 9.- Valores de χ^2 para determinar el efecto del sitio sobre la densidad de las especies en los cuatro sitios de estudio. n.s. no significativo, $P < 0.001$

sitio	χ^2	P
Q1	553.05	***
Q2	574.93	***
Nq1	2578.32	***
Nq2	1576.21	***

El tipo de sitio (quemado o no quemado) tiene efecto significativo sobre las densidades de las plántulas emergidas. Se observaron diferencias significativas en todos los sitios. Cabe notar que los valores calculados de χ^2 para los sitios quemados son muy parecidos (Tabla 9).

Tabla 10 - Análisis de varianza para determinar el efecto del sitio y de la fecha de cosecha sobre la densidad de plántulas.

Efecto	SC	gl	CM	F	P
Sitio	118848	3	39616	163	<<0.001
Fecha	32731	11	2975	45	ns
sitio x fecha	3742	33	113	5	<<0.001
Error	1152	46	6457408	-	-

En la Tabla 10, observamos que existen efectos significativos del sitio y la fecha de cosecha sobre la densidad de las plántulas -de todas las especies que conforman el banco de semillas- durante todo el tiempo del experimento.

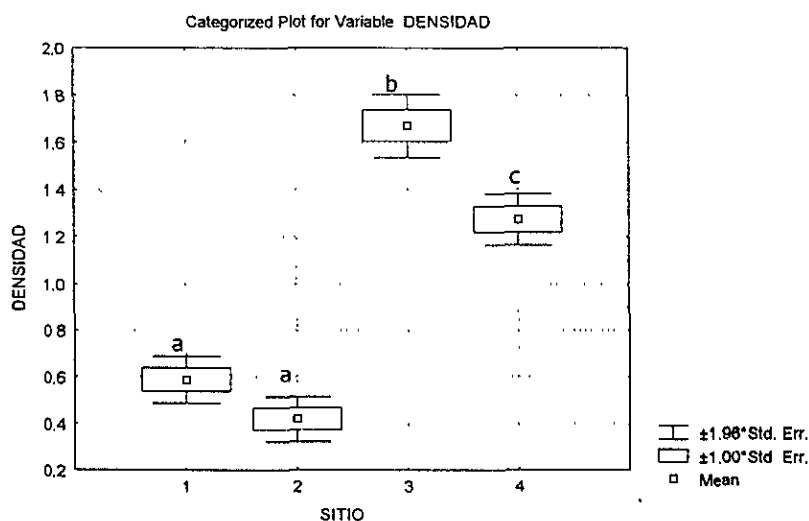


Figura 8.- Prueba de Tukey que muestra el efecto de la fecha de cosecha y sitio en las densidades de las plántulas (número acumulado de plántulas por maceta \pm e.e.), (a y a=sitios Q1 y Q2, b y c=sitios Nq1 y Nq2) durante el intervalo de 260 días.

En la Figura 8 se observa que las diferencias en densidades de plántulas son significativas entre sitios quemados y sitios no quemados, también entre los dos sitios no quemados, no así entre los dos sitios quemados.

Tabla 11.- Análisis de varianza para determinar el efecto del sitio sobre la densidad de plántulas.

Efecto	SC	gl	CM	F	p
Sitio	22342	3	7447	33.887	<<0.001
Error	211	41	252356	-	-

La Tabla 11 muestra que el sitio tiene efecto significativo sobre la densidad de las plántulas.

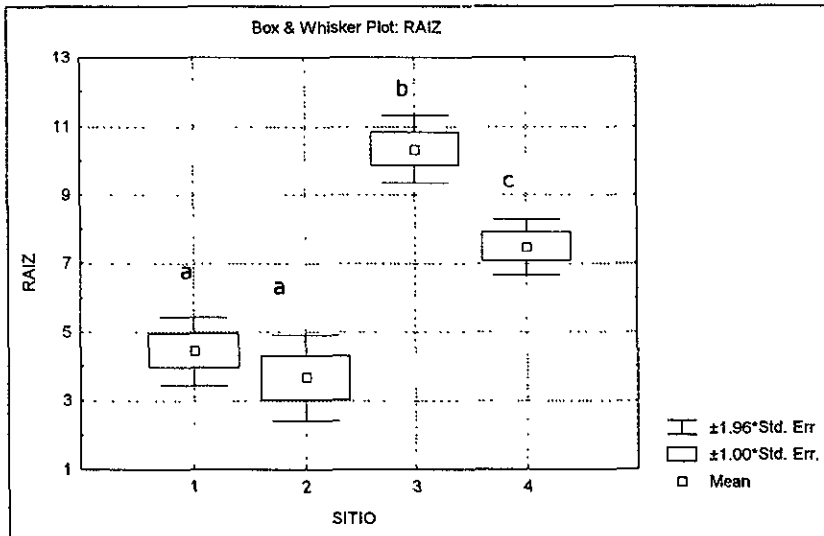


Figura 9.- Prueba de Tukey que muestra las diferencias en densidades de plántulas por sitio (a y a=sitio Q1 y Q2, b y c=sitio Nq1 y Nq2).

La Figura 9 muestra que el tipo de sitio (quemado o no quemado) tiene efecto significativo sobre la densidad de las plántulas, observando diferencias en las densidades entre los sitios quemados y los sitios no quemados. Dentro de los sitios, las diferencias no son significativas entre los dos sitios quemados. Entre los dos sitios no quemados, si existen diferencias.

Tabla 12.- Número de plántulas de cada especie presente en el banco de semillas, en sitios quemados/sitios no quemados (Q/Nq), por fecha de cosecha.

Especie	22días 220598 N plánt Q/Nq	36días 050698 N plánt Q/Nq	50días 190698 N plánt Q/Nq	65días 030798 N plánt Q/Nq	84días 220798 N plánt Q/Nq	103días 100898 N plánt Q/Nq	119días 260898 N plánt Q/Nq	142días 180998 N plánt Q/Nq	162días 071098 N plánt Q/Nq	191días 051198 N plánt Q/Nq	213días 271198 N plánt Q/Nq	257días 090199 N plánt Q/Nq
<i>Desmodium grahamii</i>	4/0											
<i>Commelina coelestis</i>	0/2	0/1										
<i>Tripsacum dactyloides</i>	0/20	2/0										
<i>Calliandra anomala</i>	1/0		0/1									
<i>Hypoxis decumbens</i>	2/25	0/4	1/1									
<i>Manfreda brachystachya</i>	0/6	0/1	0/4	0/3								
<i>Dahlia coccinea</i>	0/7	0/2	0/3	1/0	0/2							
<i>Phytolaca iccosandra</i>	3/9	4/2	3/1	1/1	0/1							
<i>Euphorbia serpilliflora</i>		1/0	0/4									
<i>Talinum napiforme</i>		4/6	0/1	1/0								
<i>Crusea longiflora</i>		1/2	6/9	5/7								
<i>Euphorbia hirta</i>		1/0	0/4	0/2	0/2	0/1						
<i>Physalis sordida</i>		1/2	1/2	1/1	0/1	1/0						
<i>Phaseolus formosus</i>			0/1	0/2	0/4							
<i>Stenorrhynchos aurantiacus</i>			0/1	0/4	0/1							
<i>Acalypha indica</i>			1/2	0/2	0/2	1/3						
<i>Sonchus oleraceus</i>		0/2	1/1	1/0		0/17						
<i>Cissus sicyoides</i>	4/0	1/1	1/0	0/1	0/1		0/1					
<i>Stevia ovata</i>			0/4	0/4	0/2	0/2		1/0				
<i>Piqueria trinervia</i>			1/1	0/9	0/4	9/3						
<i>Nicotiana glauca</i>			1/0	1/0								
<i>Senecio praecox</i>				1/0								
<i>Physalis glutinosa</i>			1/0			1/0						
<i>Dodonea viscosa</i>	10/12	8/5	6/10	4/0								
<i>Setaria geniculata</i>	0/27	4/1	1/17	0/4	0/8							
<i>Cyperus sesteroides</i>	2/28	2/19				0/4						
<i>Arenaria lanuginosa</i>	10/12	11/15	1/12	1/2	1/4	0/1						
<i>Physalis foetens</i>	0/1	4/4	0/4		0/2		0/3					
<i>Iresine celosia</i>			1/4	1/13	0/3	0/4	0/2	0/1	1/0	0/2		
<i>Dioscorea galeottiana</i>				1/1	2/1		0/1					
<i>Commelina difusa</i>							0/1					
<i>Begonia gracilis</i>							0/1		0/1			
<i>Evolvulus alsinoides</i>	10/11	7/3	2/4	0/2	2/37	1/4	0/1	1/0				
<i>Bulbostylis funkii</i>	4/1	5/14	1/10	10/13	1/60	1/21	3/18	1/4	0/9			
<i>Rhynchelitrum repens</i>	1/0	1/1	0/1	7/37		0/10	0/5					
<i>Wigandia urens</i>			2/5	3/75	46/37	4/15	5/4	4/3	1/0			
<i>Montanoa tomentosa</i>		1/3	40/3	40/3	15/2	19/36	2/0					
<i>Euphorbia dentata</i>			5/0			12/76						

Tabla 12.- (Continúa). Número de plántulas de cada especie presente en el banco de semillas, en sitios quemados/sitios no quemados (Q/Nq), por fecha de cosecha.

Especie	22días 220698 N plánt Q/Nq	36días 050698 N plánt Q/Nq	50días 190698 N plánt Q/Nq	65días 030798 N plánt Q/Nq	84días 220798 N plánt Q/Nq	103días 100898 N plánt Q/Nq	119días 260898 N plánt Q/Nq	142días 180998 N plánt Q/Nq	162días 071098 N plánt Q/Nq	191días 051198 N plánt Q/Nq	213días 271198 N plánt Q/Nq	257días 090199 N plánt Q/Nq
<i>Drymaria laxiflora</i>		0/1	18/47	5/48	6/22	1/7				0/1		
<i>Centaurium quitense</i>					0/31	0/1	0/10	0/12		0/1		
<i>Diastatea micrantha</i>			0/3		0/2	1/2		2/33		0/2		0/1
<i>Stevia organoides</i>				3/2	2/1	1/7	1/1	0/1		0/2	0/1	
<i>Portulaca pilosa</i>		0/5	0/8	0/5	0/3	0/3	0/2	0/1			0/1	
<i>Peperomia campylotrapa</i>				0/1		3/102	2/0	1/2	0/2	0/2	0/1	0/1
<i>Echeveria gibbiflora</i>			0/1		2/6	12/10	2/5	6/14	0/1	0/1	0/1	1/1
<i>Conyza coronopifolia</i>	5/0	0/1	0/1	2/2	0/2	4/2	0/43	2/1	0/1		0/1	
<i>Muhlenbergia robusta</i>	2/0	22/67	1/40	0/7	1/26	2/42	1/8	1/17	0/3	0/3	0/3	
<i>Gnaphalium americanum</i>	0/1		0/3	12/65	23/113	14/65	8/22	6/30	1/10	3/34	1/21	0/2
<i>Buddleia cordata</i>		1/0	33/3	102/72	195/1179	118/409	38/222	44/267	12/39	2/74	1/19	2/10

Tabla 13.- Clasificación de las especies presentes en el banco de semillas en función del tiempo de emergencia de sus plántulas, señalando los totales por especie, número de individuos en sitios quemados y número de individuos en sitios no quemados, con su forma de crecimiento y familia a la que pertenecen.

Especie	Semillas con latencias de los 22-84 días <50 plántulas spp	Semillas con latencias de los 22-84 días >50 plántulas spp	Semillas con latencias de los 22-191 días <50 plántulas spp	Semillas con latencias de los 22-191 días >50 plántulas spp	Semillas con latencias de los 22-260 días <50 plántulas spp	Semillas con latencias de los 22-260 días >50 plántulas spp	TOTAL de individuos	N plánt en sitios quemados	N plánt en sitios no quemados	Forma de crecimiento	Familia
<i>Desmodium grahamii</i>	X						4	4		perenne	Leguminosae
<i>Commelina coelestis</i>	X						3		3	perenne	Commelinaceae
<i>Tripsacum dactyloides</i>	X						22	2	20	perenne	Gramineae
<i>Calliandra anomala</i>	X						2	1	1	perenne	Leguminosae
<i>Hypoxis decumbens</i>	X						33	3	30	perenne	Amarillidaceae
<i>Manfreda brachystachya</i>	X						14		14	perenne	Amarillidaceae
<i>Dahlia coccinea</i>	X						15	1	14	perenne	Compositae
<i>Phytolacca iccosandra</i>	X						25	11	14	perenne	Phytolaccaceae
<i>Euphorbia serpylliflora</i>	X						5	1	4	anual	Euphorbiaceae
<i>Talinum napiforme</i>	X						12	5	7	perenne	Portulacaceae
<i>Crusea longiflora</i>	X						30	12	18	anual	Rubiaceae
<i>Euphorbia hirta</i>	X						10	1	9	anual	Euphorbiaceae
<i>Physalis sordida</i>	X						10	4	6	anual	Solanaceae
<i>Phaseolus formosus</i>	X						7		7	perenne	Leguminosae
<i>Stenorrhynchos aurantiacu</i>	X						6		6	perenne	Orchidaceae
<i>Acalypha indica</i>	X						9	2	7	anual	Euphorbiaceae
<i>Sonchus oleraceus</i>	X						22	2	20	anual	Compositae
<i>Cissus ciccyoides</i>	X						10	6	4	anual	Vitaceae
<i>Stevia ovata</i>	X						13	1	12	perenne	Compositae
<i>Piqueria trinervia</i>	X						27	10	17	perenne	Compositae
<i>Nicotiana glauca</i>	X						3	3		perenne	Solanaceae
<i>Senecio praecox</i>	X						1	1		perenne	Compositae
<i>Physalis glutinosa</i>	X						2	2		perenne	Solanaceae
<i>Dodonaea viscosa</i>		X					55	28	27	perenne	Sapindaceae
<i>Setaria geniculata</i>		X					62	5	57	perenne	Gramineae
<i>Cyperus sesleroides</i>		X					55	4	51	perenne	Cyperaceae
<i>Arenaria lanuginosa</i>		X					60	24	36	perenne	Caryophyllaceae

Tabla 13.- (Continúa) Clasificación de las especies presentes en el banco de semillas en función del tiempo de la emergencia de sus plántulas, señalando los totales por especie, número de individuos en sitios quemados y número de individuos en sitios no quemados, con su forma de crecimiento y familia a la que pertenecen.

Especie	Semillas con latencias de los 22-84 días <50 plántulas spp	Semillas con latencias de los 22-84 días >50 plántulas spp	Semillas con latencias de los 22-191 días <50 plántulas spp	Semillas con latencias de los 22-191 días >50 plántulas spp	Semillas con latencias de los 22-260 días <50 plántulas spp	Semillas con latencias de los 22-260 días >50 plántulas spp	TOTAL de individuos	N plánt. en sitios quemados	N plánt. en sitios no quemados	Forma de crecimiento	Familia
<i>Physalis foetens</i>			X				18	4	14	perenne	Solanaceae
<i>Iresine celosia</i>			X				32	3	29	anual	Amaranthaceae
<i>Dioscorea galeottiana</i>			X				6	3	3	anual	Dioscoreaceae
<i>Commelina diffusa</i>			X				2		2	perenne	Commelinaceae
<i>Begonia gracilis</i>			X				1		1	perenne	Begoniaceae
<i>Evolvulus alsinoides</i>				X			86	23	63	perenne	Convolvulaceae
<i>Bulbostylis funkii</i>				X			176	26	150	anual	Cyperaceae
<i>Rhynchetilum repens</i>				X			64	10	54	perenne	Gramineae
<i>Wigandia urens</i>				X			204	65	139	perenne	Hydrophyllaceae
<i>Montanoa tomentosa</i>				X			164	117	47	perenne	Compositae
<i>Euphorbia dentata</i>				X			93	17	76	anual	Euphorbiaceae
<i>Drymaria laxiflora</i>				X			156	30	126	anual	Caryophyllaceae
<i>Centaurium quitense</i>				X			55		55	anual	Gentianaceae
<i>Diastatea micrantha</i>					X		46	3	43	anual	Campanulaceae
<i>Stevia organoides</i>					X		22	7	15	perenne	Compositae
<i>Portulaca pilosa</i>					X		28		28	anual	Portulacaceae
<i>Peperomia campylotropa</i>						X	117	6	111	perenne	Piperaceae
<i>Echeveria gibbiflora</i>						X	63	23	40	perenne	Crassulaceae
<i>Conyza coronopifolia</i>						X	67	13	54	anual	Compositae
<i>Muhlenbergia robusta</i>						X	246	30	216	perenne	Gramineae
<i>Gnaphalium americanum</i>						X	434	68	366	anual	Compositae
<i>Buddleia cordata</i>						X	2943	549	2394	perenne	Loganiaceae

5.7. TENDENCIAS DE LAS ESPECIES EN EL BANCO DE SEMILLAS

De las 49 especies registradas en el banco de semillas 62% presentaron bancos con menos de 50 plántulas, 38% presentaron más de 50 plántulas, 65% son especies perennes y 35% son anuales, 77% son formas herbáceas y 23% son arbustivas (Tabla 13).

El 55% de las especies que germinaron en los sitios bajo estudio mostraron tendencias a la formación de bancos cuyas plántulas emergieron en un tiempo promedio de 90 días (de iniciado el experimento: julio-agosto), tiempo en el cual alcanzaron su pico germinativo (Tabla 12); 23 especies con este comportamiento presentaron un número de plántulas no mayor a 50 por especie, las cuatro especies restantes con este comportamiento (en tiempos de germinación) presentaron más de 50 plántulas por especie. *Setaria geniculata* (Tabla 13). De este 55% el 80% de las especies son formas herbáceas: *Cyperus sesleroides* y sólo un 20% corresponde a formas arbustivas: *Senecio praecox*, cabe también mencionar que de las especies con esta tendencia, un 70% corresponde a formas de crecimiento perennes: *Dahlia coccinea*, y sólo un 30% son anuales: *Euphorbia hirta* (Tabla 13).

Otras especies emergieron de los 22 a los 191 días (mayo-noviembre) y de manera similar al grupo anterior alcanzaron picos de germinación de los 80 a los 103 días (julio-agosto) (Tabla 12). Un 26% de la totalidad de especies en el banco presentaron esta tendencia. De estas especies un 39% presentó menos de 50 plántulas por especie. *Iresine celosia*, un 61% presentó más de 50 plántulas por especie: *Wigandia urens*, 6 especies con esta tendencia de tiempos de germinación fueron anuales: *Centaurium quitense* y 7 perennes: *Rhynchelitrum repens*, en su gran mayoría son formas herbáceas (Tabla 13).

El resto de las especies presentaron semillas con latencias diferentes por cada especie, pero se observaron plántulas en casi todas las fechas de cosecha y representan un 18% del total en el banco de semillas (Tabla 12). De este porcentaje un 30% presentaron no más de 50 plántulas por especie: *Stevia organoides*, el resto (70%) presentaron más de 50 plántulas por especie: *Buddleia cordata*. La mayoría de las especies con esta tendencia son formas herbáceas:

Portulaca pilosa. La forma arbórea esta representada por *Buddleia cordata*. Un 44% son plantas anuales: *Diastatea micrantha*, otras son formas perennes: *Echeveria gibbiflora*. Este último grupo de especies (del total de 49 especies registradas) contribuye con un mayor número de semillas al banco (Tabla 13).

Para las tres especies más abundantes en el banco de semillas: *Muhlenbergia robusta*, *Gnaphalium americanum* y *Buddleia cordata*, se observaron más de un pico de germinación, el más importante alrededor de los 84 días (22 julio), y presentaron mayor número de individuos en los sitios no quemados que en los quemados (Tablas 12 y 13).

5.8. POSIBLES RESPUESTAS DE ALGUNAS ESPECIES AL FUEGO

Algunas especies se presentaron sólo en los sitios quemados: *Desmodium grahamii*, *Nicotiana glauca*, *Senecio praecox*, *Physalis glutinosa* (Tabla 13).

Otras especies sólo germinaron en los sitios no quemados: *Commelina coelestis*, *Phaseolus formosus*, *Stenorrhynchos aurantiacus*, *Commelina difusa*, *Begonia gracilis*, *Centaurium quitense*, *Portulaca pilosa* (Tabla 13).

Especies como *Montanoa tomentosa* presentó mayor número de plántulas en los sitios quemados (Tabla 13).

Se observó que la mayoría de las semillas de *Piqueria trinervia* germinaron primero en los sitios no quemados que en los sitios quemados (Tabla 12).

VI. DISCUSIÓN

6.1. LAS DIFERENCIAS EN ABUNDANCIAS

Al observar un mayor número de plántulas en los sitios no quemados que en los no quemados podemos especular un papel negativo del fuego y sus efectos derivados sobre la cantidad de semillas en el banco. Las densidades de los sitios quemados fueron bastante menores a aquellas en los sitios no quemados. Al mismo tiempo se observaron densidades muy similares entre los sitios quemados, por lo que se podría sugerir un efecto uniforme del fuego sobre el número de semillas de distintas especies que sobreviven a él en los dos sitios quemados.

6.2. PICOS DE GERMINACIÓN Y MÁXIMA CAPACIDAD GERMINATIVA DE LAS ESPECIES DEL BANCO DE SEMILLAS

Al ocurrir los picos más altos de germinación en todos los sitios alrededor de los 90 días (julio-agosto) podemos decir que la mayoría de las especies integradas al banco de semillas poseen latencias dentro de este lapso de tiempo en el cuál las semillas son receptivas y responden a cambios en su medio ambiente, como la humedad, ya que las muestras de suelo se mantuvieron con riego frecuente. Podríamos también por tanto especular que las semillas de varias especies del sitio de estudio responden a la época de lluvias, cuando muchas plántulas comienzan a emerger. Los periodos para la emergencia de las plántulas observados en varias especies son semejantes a las citadas por Fenner (1983) presentes en especies herbáceas y pioneras que llegan a colonizar lugares con poca vegetación y sitios con roca desnuda, como el Pedregal de San Ángel. Por tanto podríamos especular que la mayoría de las especies registradas en el banco de semillas se comportan como especies colonizadoras y que algún tiempo después de su integración al suelo, comienzan a germinar respondiendo a estímulos luminosos, de temperatura y humedad, aunque también tenemos que considerar que muchas de estas semillas pudieron haber sido dispersadas en distintas generaciones atrás, y probablemente muchas de ellas han estado

latentes por mucho tiempo en el banco. Estos picos de germinación son más evidentes en los sitios no quemados y resultaron atenuados en los sitios quemados, probablemente por la muerte de muchas semillas o bien por la inducción de una latencia secundaria en ellas (la cual se discutirá más adelante) ambos consecuencia del incendio. En el primer caso las altas temperaturas pudieron haber matado al embrión o haber consumido toda la estructura. El segundo caso sería comprobable sólo si se mantuviesen las muestras de suelo por un mayor lapso de tiempo.

De acuerdo al número acumulado de plántulas, que se estabilizó más temprano en los sitios quemados que en los no quemados, podríamos especular que el fuego y/o sus efectos homogeneizaron de alguna manera los tiempos de emergencia entre algunas especies.

El tiempo promedio de registro del mayor número de especies fue menor para los sitios quemados que para los no quemados. Tal vez el fuego también aceleró ligeramente la germinación de algunas especies. Aún así, el mayor número de especies emergidas en las fechas de cosecha pico, es decir entre los 50 y 84 días, ocurrió en los sitios no quemados. Esto puede de alguna manera representar la sensibilidad de algunas especies al fuego y por ende su ausencia o baja abundancia en los sitios quemados.

La máxima capacidad germinativa para las especies en los cuatro sitios se alcanzó casi al mismo tiempo (agosto-septiembre). Es posible que las curvas tuvieron valores menores en los sitios quemados, debido a la ausencia de algunas especies cuyas semillas no resistieron el incendio y sus efectos. La estabilización de las curvas de acuerdo al número acumulado de plántulas por fecha de cosecha, ocurrió más tarde: para los sitios quemados después de septiembre, y para los sitios no quemados en noviembre, esto probablemente se debe a que existen algunas especies en el banco cuyas semillas poseen tiempos de latencia distintos y así como existen semillas que germinaron tan pronto inició el experimento, otras semillas de esas especies tomaron más tiempo para emerger y lo hicieron en la fase intermedia y final del experimento. También se debe tomar

en cuenta el hecho de que en el suelo del lugar de estudio existían semillas que probablemente fueron producidas en distintas generaciones.

6.3. LA SIMILITUD ENTRE SITIOS

Observamos que de acuerdo al índice de Sorensen los sitios con mayor porcentaje de especies compartidas en el banco de semillas son los sitios no quemados, es un porcentaje alto comparado con el obtenido por medio del índice de Czekanowski, de acuerdo al cuál los sitios más parecidos en su composición son los sitios quemados y todos los demás sitios comparten menos del 35%. Esta diferencia en cuanto a los valores de los índices se debe a que en todos los sitios se encontró la gran mayoría de las especies, a excepción de unas cuantas, en las cuales el fuego tuvo un efecto severo en sus semillas, o tenían pocas semillas en su banco o tal vez no estaban suficientemente embebidas aún; sin embargo, la variación importante entre los resultados de los índices incide en las abundancias relativas de las especies. Dado que el índice de Czekanowski pondera la similitud de acuerdo a las especies y sus abundancias, la matriz resultante presentó porcentajes bajos entre los sitios. Además nos percatamos de la importancia de *Buddleia cordata* en el banco de semillas, pues en ausencia de ella, los valores de similitud de acuerdo a este índice son aún menores.

6.4. EL EFECTO DEL FUEGO SOBRE LA DIVERSIDAD DEL BANCO DE SEMILLAS

Se observó que los valores de diversidad son muy cercanos entre los sitios quemados, ya que en ellos la riqueza y abundancias por especie son muy similares, alguna explicación a lo anterior podría ser que probablemente las especies presentes en estos dos sitios, se comportaron de manera similar como resultado del fuego, en cuanto a que semillas fueron las que resistieron las altas temperaturas y si en ellas existió un cambio uniforme de acuerdo a sus tiempos de

latencia. El valor más alto de diversidad correspondió al sitio Nq2, por tanto las abundancias por especie están repartidas de manera más o menos uniforme entre ellas. El sitio Nq1 posee una importancia proporcional muy alta de *Buddleia cordata* en el banco, por ello su valor de diversidad fue el más pequeño. El efecto de la abundancia de esta especie en los valores de diversidad y dominancia del banco de semillas de los cuatro sitios bajo estudio es apreciable en las Tablas 5 y 7, donde sin ella, el sitio más diverso resultó ser el sitio Nq1. Esta especie fue dominante en todos los sitios y en todos se incrementó su valor de diversidad al ser calculado sin ella. Se observa que los valores de los cuatro sitios caen entre 1.5 y 3.5 reportados como comunes en las comunidades vegetales por Margalef en 1972 (Magurran, 1988). Además podríamos especular que, al ser los valores del índice de Shannon-Wiener ligeramente menores en los sitios quemados, el fuego mermó sólo ligeramente la diversidad del banco de semillas. Esta es la razón por la cual se observaron diferencias significativas entre las diversidades de los sitios quemados y no quemados, aunado a la gran abundancia de *Buddleia cordata* en uno de los dos sitios no quemados. Las diferencias significativas entre las diversidades de los dos sitios no quemados muy probablemente se deben también a esta última razón mencionada

6.5. DIFERENCIAS EN LAS DISTRIBUCIONES DE LAS ESPECIES ENTRE SITIOS

El graficar las clases de abundancia de plántulas y las frecuencias de especies en cada clase (Figura 5 y Figura 6) nos mostró que tan diversos son los sitios en su banco de semillas. Observamos en los sitios no quemados una distribución con forma de campana, donde algunas especies del banco tuvieron abundancias pequeñas, de acuerdo al número de plántulas emergidas. Otra proporción semejante de especies presentó abundancias altas. Un mayor número de especies presentaron abundancias de entre las 10 y 64 plántulas emergidas. Las curvas son distintas entre los sitios no quemados y los quemados. En estos últimos no se observó una forma de campana en la distribución de frecuencias de

especies por abundancias de plántulas. Una gran proporción de especies se ubicó en las clases con 1-4 individuos, muy probablemente las especies de estas clases fueron mermadas en sus números de semillas por los efectos del fuego, pero aún así fueron registradas, aunque con números muy pequeños. Las clases de abundancia con mayor frecuencia de especies en los sitios no quemados se comportaron diferentemente en los sitios quemados. La clase con mayor número de especies y con abundancias de 33 a 64 plántulas en los sitios no quemados se vio muy afectada en los sitios quemados. Estas especies: *Setaria geniculata*, *Cyperus sesleroides*, *Arenaria lanuginosa*, se puede decir que sus semillas son muy vulnerables a las altas temperaturas alcanzadas en el incendio, las cuales deben ser del orden de alrededor de los 100-120°C, ya que muchas especies (y sus semillas) que viven en el pedregal están habituadas a temperaturas de unos 70°C en promedio, las cuales son normalmente alcanzadas a nivel del suelo en la roca basáltica durante el día.

La clase que no se vio tan afectada en cuanto a la frecuencia de especies fue aquella con abundancias de 17-32 plántulas, pudiera ser que de alguna manera las semillas de estas especies poseen una testa gruesa y dura que no permite que el embrión muera por las altas temperaturas, tal sería el caso de *Dodonaea viscosa* y *Portulaca pilosa*, o que se encontraban protegidas en pequeños espacios en la roca, que puede actuar como agente aislante o enterradas en micrositos donde la capa de suelo fuera mayor a los 3 cm. Las semillas de algunas de estas especies en esta clase son vulnerables al fuego por no poseer una testa dura y/o gruesa: *Setaria geniculata*, *Rhynchelitrum repens*. Otras especies poseen semillas muy pequeñas que si se encontraban en un microambiente sin recovecos protectores o enterradas a menor profundidad de 3 cm en el suelo pudieron ser consumidas por el fuego: *Evolvulus alsinoides*, *Centaurium quitense*, *Diastatea micrantha*, *Echeveria gibbiflora*. Esta clase de abundancia quedó representada solo por una especie: *Montanoa tomentosa*.

En las distribuciones de los sitios quemados y sitios no quemados, las clases con mayores abundancias de plántulas están representadas por *Buddleia cordata*.

6.6. DOMINANCIA: LAS ESPECIES Y SU IMPORTANCIA PROPORCIONAL EN EL BANCO DE SEMILLAS DE CADA SITIO

Es notable (Figura 7) la importancia proporcional de *Buddleia cordata* en todos los sitios. Los dos sitios no quemados difirieron ligeramente en cuanto a composición pero la mayor diferencia se observó en cuanto a la proporción de *Buddleia cordata*. Los 2 sitios quemados son muy parecidos en composición y proporción de plántulas, en estos sitios la segunda especie con mayor importancia proporcional fue *Montanoa tomentosa*. El sitio Nq1 presentó el valor más grande de dominancia al tener una proporción desmedida de semillas de *Buddleia cordata*, probablemente en esto influyó la presencia de un mayor número de individuos adultos de esta especie en este sitio, en comparación con los demás sitios.

6.7. DIFERENCIAS EN LA EMERGENCIA DE DISTINTAS ESPECIES EN EL TIEMPO EN SITIOS QUEMADOS Y SITIOS NO QUEMADOS.

La prueba de X^2 realizada de acuerdo a las especies emergidas en cada fecha de cosecha (Tabla 8) indicó que en los sitios quemados no existen diferencias significativas en cuanto a la emergencia de las plántulas de distintas especies en el tiempo, es decir que el tiempo de cosecha no tiene gran efecto sobre la composición de especies, esto nos podría decir que la emergencia de las diferentes especies en el tiempo no fue diferencial debido a que tal vez el fuego tuvo efecto directo sobre la latencia de algunas semillas uniformizando los tiempos de germinación entre algunas especies del banco. Para los sitios no quemados observamos que la emergencia en el tiempo de distintas especies fue diferencial, es decir que hubo especies que presentaron tiempos de latencia cortos y otras con periodos de latencia más prolongados, por lo que la distribución de la germinación en estos sitios fue diferente entre las fechas de cosecha.

6.8. EFECTO DEL FUEGO Y DEL SITIO SOBRE LA DENSIDAD DE PLÁNTULAS

El tipo de sitio tuvo efecto sobre la densidad de plántulas, en todos los sitios estas diferencias pueden ser resultado de la lluvia de semillas y su acumulación diferenciales por especie y por sitio, además del decremento en densidades de semillas provocado por el fuego en los sitios quemados; por esta razón puede ser que la prueba de anova encontró diferencias significativas en el efecto del sitio y el efecto de la combinación de sitio y fecha sobre la densidad de plántulas.

Las Figuras 8 y 9 muestran que las densidades de plántulas en los sitios quemados son muy similares entre ellas, otra razón por la que podríamos intuir cierto papel homogeneizador del fuego en el número de semillas que sobreviven y germinan después del incendio, la diferencia es notoria si se les compara con las densidades de los sitios no quemados. Entre estos dos sitios las densidades difieren de manera importante por lo que podemos decir que el efecto de cada sitio no quemado es altamente significativo, donde la variación microambiental y diferencias en cuanto a la lluvia de semillas juegan un papel importante.

6.9. DE LAS ESPECIES, ALGUNAS DE SUS CARACTERÍSTICAS, Y EL POSIBLE EFECTO DEL FUEGO SOBRE SUS SEMILLAS

La mayoría de las especies registradas presentó un banco cuyas semillas germinaron en su mayoría dentro de un periodo promedio de los 90 días (julio-agosto). Muchas de ellas presentaron menos de 50 plántulas, la gran mayoría de estas especies son perennes y herbáceas. Es importante mencionar que las plántulas de todas las especies emergieron a partir de semillas, con excepción de *Dahlia coccínea*, cuyas plántulas emergieron todas a partir de bulbos.

El que la mayoría de las especies en el banco fueran herbáceas se relaciona con el hecho de que las especies arbóreas se establecen con mayor dificultad a partir de semillas o que tienen otros mecanismos de dispersión y establecimiento más efectivos que les permiten adaptarse a factores del lugar como el poco espesor del suelo (Cano-Santana, 1994). Especies perennes como

Manfreda brachystachya y *Begonia gracilis* persisten en la comunidad a través de rebrotes por lo que presentaron muy pocas plántulas, esto sin olvidar que el número de semillas viables dependerá de que tan exitoso fue el último evento reproductivo en términos de la producción de semillas, donde pueden intervenir una gran gama de factores.

Hernández, 1984 coincide con el presente en que *Buddleia cordata* es la especie que mayor aporte de semillas realiza al banco. Entonces la mayoría de plántulas emergidas del banco de semillas son de esta especie, que es un árbol perenne, pero en número de especies están representadas de manera más importante, de acuerdo a su número, especies herbáceas. También se han reportado especies como *Iresine celosia* y *Montanoa tomentosa*, cuyas aportaciones al banco son menores a la de la especie más numerosa, como en este estudio y son citadas como especies cuyas semillas se encuentran germinando todo el año, característica de las especies formadoras de bancos de semillas permanentes, sin embargo, en nuestro estudio estas especies no presentaron emergencia de plántulas durante todo el experimento, y esto se debió en los sitios no quemados, al éxito de los eventos reproductivos anteriores para estas especies y del número de semillas viables disponible en estos sitios. De acuerdo con estudios fenológicos (Hernández, 1984; Meave *et al.*, 1994), especies como *Manfreda brachystachya*, *Phytolacca iccosandra* y *Piqueria trinervia* se encuentran dispersando sus semillas para los meses de marzo-abril, tiempo en el cual se realizó el muestreo para este experimento. Sin embargo, el número de semillas de estas especies en los sitios no quemados fue de 14-17 plántulas por especie. Puede ser que las semillas de estas especies tengan tiempos de latencia de mayor duración que el experimento, considerando de antemano que *Manfreda brachystachya* opta por la permanencia en la comunidad por medio de rebrotes.

Se registraron especies como *Rhynchelitrum repens*, *Evolvulus alsinoides*, *Setaria geniculata*, *Peperomia campyloptropa*, *Muhlenbergia robusta*, *Buddleia cordata* y *Montanoa tomentosa*. Según las observaciones fenológicas de Hernández, (1984), estas especies no se encuentran como semillas en el suelo para el tiempo de colecta (abril). Existe la posibilidad de que el fuego haya

ocasionado que las semillas de generaciones anteriores de estas especies que permanecían latentes en el banco, rompieran su latencia y su germinación se estimulara.

La razón por la que especies como *Calliandra anomala*, *Euphorbia serpillifolia* y *Phaseolus formosus*, presentaran pocas plántulas en los sitios no quemados, puede ser que para el tiempo de muestreo, estas plantas no habían liberado aún sus semillas o estas tienen periodos de latencia más largos comparados con el tiempo del experimento o deben permanecer en el suelo cierto tiempo para que el embrión madure.

Podríamos suponer que muchas de las especies registradas en el banco de semillas, presentan latencia de tipo innata, pues en los sitios control, después de colectadas las muestras de suelo, las plántulas no comenzaron a emerger inmediatamente. La germinación comenzó (y con números pequeños de plántulas para muchas especies) a unos 20 días de comenzado el experimento (mayo), y para la mayoría de las especies, la emergencia de sus plántulas cobró importancia hasta el periodo entre los 50 y los 100 días (junio-agosto). Esto nos haría intuir que las semillas (en su mayoría) de las especies registradas no son capaces de germinar recién dispersadas, aún si las condiciones medioambientales son "propicias" para el establecimiento. Esta incapacidad en las semillas para germinar puede deberse en algunas especies a la inmadurez del embrión o a que presenten una testa gruesa y dura que impide el paso del agua o/y oxígeno, (tal como ocurre en algunas leguminosas del género *Physalis* (Forsyth y Brown, 1982). En otros casos la germinación no ocurre por que la semilla necesita de un tiempo en el cual ocurran cambios específicos como fluctuaciones de temperatura, fotoperiodo y humedad, tal como ocurre en algunas especies del género *Cyperus* (Baskin y Baskin, 1982), que inician los procesos bioquímicos que rompen la latencia (Fenner, 1983).

Según Baskin y Baskin (1977) los factores ambientales más importantes controladores del tiempo requerido para que una semilla germine son la temperatura, luz y la humedad del suelo. Las semillas deben humedecerse en agua para germinar y muchas necesitan diferentes grados de exposición a la luz.

A pesar de que la luz y la humedad podrían jugar roles secundarios en la germinación (Jiménez y Armesto, 1992) estos autores sostienen que existen condiciones determinadas por estos dos factores que son responsables de disparar procesos esenciales en el embrión y/o testa de la semilla para que germine, y que van a actuar según el tipo de latencia que ella tenga: innata o secundaria (inducida por algún factor ambiental).

En el número de plántulas emergidas de las muestras de suelo, tienen influencia directa los factores importantes de la germinación, luz, temperatura y humedad. Estas condiciones varían en el campo por la influencia de la vegetación en pie y por factores medioambientales, que modifican las corrientes de aire circulante y por tanto la temperatura real en la superficie del suelo, la calidad y cantidad de luz que llega a él. La interacción de todos estos factores, puede pues, iniciar, retardar o anular los procesos de germinación (Fenner, 1983). Hay que considerar entonces que las condiciones de germinación en el invernadero comparativamente a las del campo pueden diferir en grado importante a nivel de especie, esto aunado a la fenología de las especies, su presencia o no y abundancia de semillas maduras en el campo al momento del muestreo, el tipo de latencia en ellas, etc. Esto representa efectos importantes sobre el número de plántulas pequeño o grande de ciertas especies, donde debemos ser cuidadosos al señalar la causa directa de ello, el efecto del fuego o el que las semillas de algunas especies no recibieran el estímulo adecuado para germinar.

Especies que, por su ausencia o por su reducida abundancia en los sitios quemados, podemos decir que sus semillas sucumbieron ante los efectos del fuego fueron: *Manfreda brachystachya*, *Sonchus oleraceus*, *Setaria geniculata*, *Cyperus sesleroides*, *Iresine celosia*, *Evolvulus alsinoides*, *Bulbostylis funkii*, *Rhynchelitrum repens*, *Wigandia urens*, *Euphorbia dentata*, *Drymaria laxiflora*, *Centaurium quitense*, *Diastatea micrantha*, *Peperomia campyloptropa*, *Conyza coronopifolia*, *Muhlenbergia robusta*, *Gnaphalium americanum*, *Buddleia cordata*, entre otras. De modo en que los incendios afectan a las comunidades vegetales Collins y Gibson (1990) coinciden en que las perturbaciones como el fuego, si ocurren muy frecuentemente, pueden ocasionar un decremento en la riqueza,

mientras que si ocurre un incendio después de mucho tiempo la riqueza se ve de alguna manera incrementada. Sin embargo, Morgan (1999), opina que los incendios anuales pueden tener poco impacto negativo en la dinámica de plantas y semillas de algunas especies que han sobrevivido este régimen. Se esperan impactos ecológicos mayores cuando la frecuencia del fuego decrece y se esperan mayores temperaturas al nivel del suelo -por la gran cantidad de combustible acumulado- que permanecen por mayor tiempo. De acuerdo con lo anterior, podemos argumentar que inmediatamente después del incendio, la riqueza del banco de semillas en los sitios quemados disminuyó ligeramente (a razón de unas nueve especies) comparándolos con los sitios no quemados. Podemos decir que la severidad del fuego sobre las semillas del banco en la reserva del Pedregal de San Ángel se aprecia en función de las diferencias en abundancias más que en riqueza y diversidad. No se tiene conocimiento de que en el lugar de estudio, los incendios tengan cierta periodicidad. Se sabe que deben ocurrir cuando la sequía se prolonga de manera importante, como sucedió en el año de 1998, por lo que suponemos que existía suficiente cantidad de combustible seco para provocar un incendio, además de que sucedieron las condiciones de temperatura, velocidad de viento, entre otros. De acuerdo a la clasificación de Ahlgren y Ahlgren (1960), Koslowski (1991), el incendio ocurrido en el Pedregal de San Ángel, muy probablemente fue de tipo superficial, al ser los estratos herbáceo y arbustivo los más afectados.

De los efectos directos del fuego sobre las semillas Auld y O'Connell (1991), han argumentado que las temperaturas alcanzadas en algunos incendios, y los ácidos orgánicos provenientes de la vegetación quemada, aceleran la germinación de algunas especies por lixiviación de la testa, lo que podría ser el caso de *Montanoa tomentosa*, la cuál presentó mayor número de plántulas en los sitios quemados. Estos mismos elementos pueden también inducir una latencia secundaria en algunas especies, este podría ser el caso de *Piqueria trinervia*, la cual presentó emergencia de plántulas en los sitios quemados posteriormente a la emergencia en los sitios no quemados. Algunas especies de la familia Asteraceae requieren de un estímulo de baja temperatura para que los embriones maduren y

las semillas germinen (Baskin y Baskin, 1977), probablemente al ocurrir una alta temperatura, las semillas de algunas especies fueron inducidas a caer en una latencia secundaria, además de la acción de los ácidos orgánicos.

Pocas especies del Pedregal de San Angel, en su banco de semillas, parecerían de alguna manera estar adaptadas al fuego como *Montanoa tomentosa*. Otras especies como *Nicotiana glauca*, *Senecio praecox* y *Physalis glutinosa* aparecieron exclusivamente en sitios quemados, aunque con pocos individuos. *Nicotiana glauca*, al ser una especie ruderal, se podría suponer que su respuesta represente alguna adaptación a lugares perturbados por este agente, en tal caso, las temperaturas y los ácidos volátiles originados de la vegetación quemada jugarían un papel de descarificación de la testa y estimulación de la germinación. Sin embargo también es posible que ante la desaparición de la vegetación en pie, lleguen a la semilla estímulos específicos de luz y temperatura que inicien la germinación, de tal forma que al emerger como plántula haya menor competencia con otras especies.

Vázquez-Yáñez y Orozco-Segovia (1990) señalan que en la vegetación del Pedregal de San Ángel el fotoblastismo en las semillas es muy frecuente y esta característica puede ser necesaria para la sobrevivencia de las semillas cuando son enterradas en los recovecos de roca o en el suelo acumulado. *Buddleia cordata*, especie perenne que produce cantidades masivas de semillas, como bien se observó en los resultados, muestra un amplio intervalo de respuestas a la temperatura, según estos autores. Esta especie se vio reducida de manera importante en su abundancia por el fuego. La gran diferencia en abundancia de esta especie entre los dos sitios no quemados, obedece tal vez a la presencia de más individuos adultos en el sitio Nq1, y aunque su síndrome de dispersión es la anemocoria, tal vez sus semillas no requieran viajar grandes distancias para incorporarse a un banco en el suelo depositándose así en números grandes en el mismo sitio.

Existe evidencia de que el fuego es necesario para el mantenimiento de algunos ecosistemas (Collins y Gibson, 1990) ya que la acumulación en estos lugares de hojarasca y restos vegetales produce un decremento en la

productividad (Alexander, 1982) y cambios en la composición de la comunidad (Connell *et al.*, 1977), estos autores identificaron al tiempo desde el último incendio como la influencia más importante sobre la composición de las especies, seguida de la variación climática, en pastizales. No se sabe qué tan importante es el papel del fuego en la comunidad del Pedregal de San Ángel ni su periodicidad y los efectos de éste sobre la vegetación y en específico en su banco de semillas. Al observar los resultados podemos deducir que la gran mayoría de las especies se vieron afectadas por el fuego, ya sea por completa ausencia de plántulas de algunas especies en los sitios quemados o por grandes diferencias en el número de individuos entre sitios quemados y sitios no quemados. Lamont *et al.* (1993) señalan que las semillas pequeñas se entierran fácilmente en el suelo, si lo hacen a una profundidad de 5 cm o más, difícilmente serán consumidas por el fuego o el embrión no morirá a causa de las altas temperaturas. Para muchas de las especies registradas, cuyas semillas son muy pequeñas, caso de *Buddleia cordata*, *Drymaria laxiflora*, *Centaurium quitense*, se puede dar este enterramiento, pero debemos considerar también el pequeño espesor del suelo del pedregal sobre la capa de lava, que en algunos sitios no es mayor a 5 cm. De manera que en estas especies anteriormente mencionadas se puede observar una alta mortalidad de semillas. Minnich (1983) sugiere que los sitios que se incendian anualmente tienen temperaturas máximas menores a aquellas de los sitios que no se han quemado por tres o más años, las temperaturas altas permanecen por más tiempo en estos últimos. Bradstock (1992), detectó cambios de temperaturas mayores a los 60°C a profundidades del suelo de 3 cm, en incendios en bosques. Tomando en cuenta el poco espesor del suelo en el pedregal, podríamos suponer que las temperaturas durante y después del incendio pudieron ser muy altas, letales tal vez para algunas semillas con testas delgadas. También podríamos suponer que las altas temperaturas calentaron el basalto, y se mantuvieron algún tiempo. En el campo este factor tiene influencia importante en la recuperación de la vegetación, tanto a partir de rebrotes como de semillas. Pero debemos también tomar en cuenta que estas temperaturas originadas en el incendio, para ser letales, debieron ser mayores a los 100°C en promedio y ser la causa de

mortalidad de las semillas y otros propágulos, pues en el pedregal las temperaturas del suelo alcanzan fácilmente los 60°C.

Whelan (1995) comenta que los tejidos vegetales soportan, durante los incendios de 50 a 60°C, mientras que las semillas de varias especies de pastizales soportan entre los 65 y los 120°C. En realidad, para tener una visión más amplia de los efectos de los incendios sobre el banco de semillas, se requieren, según Auld y O'Connell (1991), estudios continuos en los cuatro años posteriores al incendio.

Baskin y Baskin (1977) citan que en varias especies de la familia Asteraceae, la madurez del embrión requiere de una descarificación que se da por bajas temperaturas, se podría decir que tal vez en *Sonchus oleraceus*, *Stevia ovata* las altas temperaturas alcanzadas con el incendio afectaron las semillas que requerían de bajas temperaturas para romper la latencia y germinar.

Cissus sicyoides presentó ligeramente más individuos en los sitios quemados. Esta especie ha sido reportada por Baskin y Baskin (1982) como una herbácea que es colonizadora temprana de lugares perturbados por el fuego, tal vez sus semillas soportan los efectos de esta perturbación o de alguna manera se dispara el mecanismo de germinación en ellas como respuesta a las temperaturas y/o a la lixiviación de la testa por las condiciones que el incendio genera. Lo anterior podría también ser aplicado a *Montanoa tomentosa*. Otro factor que se ve modificado después del incendio y que puede ser importante para la germinación es el pH del suelo. Después de un incendio el pH disminuye (Brown y Whelan, 1999), lo que también puede lixiviar la testa, y en caso de que la semilla posea latencia innata, la interrumpe y ocurre la germinación.

Cavers (1983) discute que, ante un disturbio, las especies que producen semillas se comportan de manera diferente a aquellas que optan por el retoño. Entre las especies productoras de semillas existen dos maneras de responder ante los incendios, aquellas que germinan a la primera lluvia después del incendio y especies que son resilientes a incendios frecuentes, pero requieren para la recuperación de su población periodos libres del fuego para reclutar sus semillas. Explicar el comportamiento de las especies del banco según estos supuestos

requeriría de conocer a fondo sus estrategias reproductivas, si persisten en la comunidad a través de rebrotes como sería el caso de *Begonia gracilis* o *Manfreda brachystachya*, o en su lugar optan por la reproducción sexual como *Gnaphalium americanum*, sin olvidar aquellas que puedan adoptar las dos estrategias. Además se deben conocer más los efectos de esta perturbación sobre los individuos y la comunidad, y por supuesto llevar al cabo un estudio que contemple mayor tiempo, para poder abarcar la dinámica de la recuperación de la vegetación después de un incendio.

6.10. CLASIFICACIÓN DEL BANCO DE SEMILLAS

De acuerdo con Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia (1984), la clasificación de los bancos obedece a los tiempos de germinación de las semillas. Intentar clasificar a las especies observadas en este estudio dentro de un patrón o tipo de banco de semillas, resultaría difícil, tomando en cuenta que las semillas provenían de muestras de suelo tomadas a un tiempo; por lo que es muy probable que estas semillas hayan provenido de generaciones diferentes, ya que no se tomaron directamente de los frutos en las plantas. Aún así podríamos, con los resultados obtenidos, ver dos tendencias principales en el banco. Aquellas especies cuya gran parte de semillas germinó en los primeros 100 días de iniciado el experimento (mayo-agosto), y que representan la vasta mayoría de las especies registradas. Y aquellas semillas que se encontraron germinando a lo largo de todo el experimento, casi un año. Estas últimas especies podrían clasificarse como formadoras de un banco de semillas permanente, donde la entrada y salida de semillas por varios factores, no afecta a un remanente que se encuentra todo el año, en constante emergencia de plántulas (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1984).

6.11. PERSPECTIVAS

Para el estudio a detalle de los efectos del fuego sobre el banco de semillas en esta comunidad podría contemplarse la elaboración de un experimento que abarque mayor tiempo y número de colectas de suelo, que tenga mayor control sobre algunas variables importantes. Como la diferencia entre las condiciones de germinación en el invernadero y en el campo. Se podrían aplicar también metodologías de secado completo y tamizado de las muestras de suelo, así como el conteo de las semillas presentes en las muestras de suelo al iniciar el experimento. También se podría considerar el administrar cambios en el fotoperiodo y la temperatura que reciben las semillas, según los requerimientos por especie.

VII. CONCLUSIONES

- 1.- El banco de semillas de la Reserva del Pedregal de San Ángel, durante el periodo de estudio, se vio afectado por el fuego de manera importante en la abundancia de muchas especies, resultando menores en los sitios quemados para la mayoría de ellas. Los valores de diversidad y riqueza específica fueron ligeramente menores en los sitios quemados que en los no quemados. Las respuestas a nivel de especie, entre y dentro de los sitios mostraron gran variabilidad en cuanto a abundancias y tiempos de germinación.
- 2.- La especie dominante en el banco de semillas, de acuerdo a su abundancia fue *Buddleia cordata*, sin embargo el resto de las especies que representan este banco fueron en su mayoría herbáceas, muchas de ellas perennes, y presentaron menos de 50 plántulas por especie.
- 3.- Para todos los sitios el pico de germinación más importante ocurrió en julio, a los 84 días, de haber comenzado el experimento. La máxima capacidad germinativa para las especies en el banco de semillas se alcanzó entre agosto y septiembre, entre los 120 y 140 días de comenzado el experimento.
- 4 - Se registraron 49 especies en total, 42 en los sitios no quemados y 33 en los sitios quemados, con algunas especies exclusivas para cada sitio. La familia Asteraceae fue la mejor representada en todos los sitios.
- 5.- De acuerdo a sólo presencia y ausencia de especies, los sitios que mayor porcentaje de estas compartieron, fueron los sitios no quemados. De acuerdo a las abundancias por especie, los sitios que mayor porcentaje en cuanto a composición compartieron fueron los sitios quemados.
- 6.- Existieron diferencias significativas de diversidad entre los sitios quemados y los sitios no quemados, debido al factor fuego, principalmente. Aunque también deben considerarse las diferencias en cuanto a la lluvia de las semillas en estos sitios antes del fuego. Entre los dos sitios quemados no existieron diferencias significativas en diversidad del banco de semillas. Entre los dos sitios no quemados existieron diferencias significativas entre sus diversidades donde el factor de gran heterogeneidad ambiental y diferencias en la depositación y acumulación de semillas en el banco, ocuparon un papel primordial.

7.- De acuerdo a clases de abundancia de plántulas y frecuencia de especies, la distribución de las especies en los sitios no quemados resultó tener forma normal, con algunas especies con pocos individuos (uno a diez), una proporción parecida de especies con muchos individuos (70 a 2000), y una frecuencia mayor de especies con un número intermedio de plántulas: (17 a 64). La distribución para los sitios quemados fue diferente, la mayoría de las especies se concentró en las clases de abundancia de uno a cuatro plántulas por especie. Podemos decir que las especies que ocuparon las clases con abundancias de 17 a 64 plántulas y de mayor frecuencia en los sitios no quemados, resultaron las más afectadas por el fuego en los sitios quemados.

8.- Las semillas de muchas especies pudieron morir al momento del incendio por las altas temperaturas alcanzadas, que debieron ser del orden de los 120°C, en promedio. Otras pudieron no resistir las nuevas condiciones del suelo, como cambios en el pH. De acuerdo con algunos autores, otras especies pudieron haber caído en una latencia secundaria, debido a la acción de los ácidos orgánicos volátiles, provenientes de la vegetación quemada. La probabilidad de que las semillas sobrevivan ante un incendio, depende de su tamaño, la profundidad a la que están enterradas o protegidas en recovecos de roca y las características de su testa. Las especies que por sus abundancias reducidas probablemente sufrieron más daños en sus semillas por el incendio fueron: *Hipoxys decumbens*, *Setaria geniculata*, *Iresine celosia*, *Evolvulus alsinoides*, *Rhynchelitrum repens*, *Centaurium quitense*, *Diastatea micrantha*, *Portulaca pilosa*, *Bulbostylis funkii*, *Wigandia urens*, *Drymaria laxiflora* y *Peperomia campylotrapa*.

9.- Las especies dominantes en el banco de semillas de sitios no quemados fueron *Buddleia cordata*, *Gnaphalium americanum* y *Muhlenbergia robusta*, estas especies presentaron plántulas durante la totalidad del experimento y sus abundancias también se vieron reducidas de manera importante, en los sitios quemados, por el fuego. En los sitios quemados las especies dominantes fueron *Buddleia cordata*, *Montanoa tomentosa* y *Gnaphalium americanum*.

10.- Las densidades de plántulas entre sitios quemados y sitios no quemados mostraron diferencias significativas. Así mismo, entre los dos sitios no quemados.

En los sitios no quemados se observaron diferencias significativas respecto a los tiempos de emergencia de las plántulas. Entre los dos sitios quemados no se observaron diferencias significativas en las densidades de plántulas, tampoco en cuanto a los tiempos de emergencia de ellas. Por lo anterior podemos especular cierto efecto homogeneizador del fuego sobre las densidades y los tiempos de germinación en las semillas de algunas especies.

11.- La especie que presentó mayor abundancia de plántulas en los sitios quemados que en los no quemados fue *Montanoa tomentosa*. El fuego pudo haber estimulado la germinación de las semillas al lixiviar la testa mediante las altas temperaturas o mediante los ácidos orgánicos, originados de la vegetación en combustión.

VIII. Literatura Citada

- Ahlgren, I.F. y Ahlgren, C.E. (1960) Ecological effects of forest fires. **The Botanical Review** 26: 483-533.
- Alexander, M.E. (1982) Calculating and interpreting forest fire intensities. **Canadian Journal of Botany** 60: 349-357.
- Alvarez, J., Carabias, J. y Meave, J. (1986) **Proyecto para la Creación de una Reserva en el Pedregal de San Angel**. Cuadernos de Ecología No. 1 Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Andrade-Cetto, A. y Ortega-Larrocea, P. (1998) **Parámetros ambientales de la Unidad de Ambientes Controlados e Invernadero**. Comunicado Interno. Facultad de Ciencias. UNAM.
- Arnold, J. (1951) Radiocarbon dates. **Science** 113: 118.
- Ashton, A. R. y Gill, A. M. (1976) Coupled soil moisture, heat and water vapour transfers under stimulated fire conditions. **Australian Journal of Soil Research** 14: 55-66.
- Auld, T.D. y O'Connell, M.A. (1991) Predicting patterns of post-fire germination in 35 eastern australian Fabaceae. **Australian Journal of Ecology** 16: 53-70
- Bailey, A.W. y Anderson, M.L. (1980) Fire, temperatures in grass, shrub and aspen forest communities of central Alberta. **Journal of Range and Management** 3: 37-40.
- Baskin, J.M. y Baskin, C. C. (1982) Effects of wetting and drying cycles on the germination of seeds of *Cyperus inflexus*. **Ecology** 63: 248-252.
- Baskin, J.M. y Baskin, C. C., (1977) Dormancy and germination in seeds of common ragweed with reference to Beal's buried seed experiment. **American Journal of Botany** 64: 1174-1177.
- Bazzaz, F.A. y Carlson, R.W. (1979) Photosynthetic contribution of flowers and seeds to reproductive effort of an annual colonizer **New Phytologist** 82: 223-232.
- Bazzaz, F.A. (1979) The physiological ecology of plant succession. **Annual Review of Ecology and Sytematics** 56: 485-488.

- Bell, D.T., Plummer, J.A. y Taylor, S.K. (1993) Seed germination ecology in Southwestern Western Australia. **Botanical Review** **59**: 24-73.
- Bond, W.J., Vlok, J. y Viviers, M. (1984) Variation in seedling recruitment of cape Proteaceae after fire. **Journal of Ecology** **72**: 209-221.
- Bradstock, R.A. (1992) Simulation of the effect of season of fire on post-fire seedling emergence of two *Banksia* species based on long-term rainfall records. **Australian Journal of Botany** **40**: 75-88.
- Brown, C.L. y Whelan, R.J. (1999) Seasonal occurrence of fire and availability of germinable seeds in *Hakea sericea* and *Petrophile sessilis*. **Journal of Ecology** **87**: 932-941.
- Busso, C.A., Boo, R.M. y Peláez, D.V. (1993) Fire effects on bud viability and growth of *Stipa tenuis* in semi-arid Argentina. **Annals of Botany** **71**: 377-381.
- Cano-Santana, Z. (1987) **Ecología de la relación entre *Wigandia urens* (Hydrophyllaceae) y sus herbívoros en el Pedregal de San Ángel, D.F. (México)**. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 87 pp.
- Cano-Santana, Z. (1994) **Flujo de energía a través de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: acrididae) y productividad primaria neta aérea en una comunidad xerófila**. Tesis doctoral. México, D.F. 198 pp.
- Cano-Santana, Z. (1994) **La reserva del Pedregal de San Angel como ecosistema: estructura trófica**. En: Rojo, A. (comp.). **Reserva Ecológica del Pedregal de San Angel, Ecología, Historia Natural y Manejo**. UNAM. México. 149-155 pp.
- Carrillo Trueba, C. (1995) **El Pedregal de San Ángel** UNAM. México. 177 pp.
- Cavers, P.B. (1983) Seed demography. **Canadian Journal of Botany** **61**: 3578-3590.
- Clement, B. y Touffet, J. (1981) Vegetation dynamics in Brittany heathlands after fire. **Vegetatio** **46**: 157-166.
- Collins, S.L. y Gibson, D.J. (1990) Effects of fire on community structure in tall grass and mixed grass prairie En: **Fire in North American Tallgrass**

- prairie** (editores Collins G. y Wallace D.). University of Oklahoma Press, Norman, 81-98.
- Connell, J.H. y Slatyer, R.O. (1977) Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organisation. **American Naturalist** **111**: 1119-1144.
- Cope, L. y Chaloner, M.J. (1985) **Wildlife: and interaction of biological and physical processes in geological factors and the evolution of plants**. Ed. Tiffney. Yale University Press. 257-277.
- Chandler, C. y Cheney, P. (1983) **Fire in forestry**. Vol II. Forest Fire Management and Organisation, John Wiley and Sons. New York. 65 pp.
- Fenner, M. (1983) Relationships between seed weight, ash content and seedling growth in twenty-four species of Compositae. **New Phytologist** **95**: 697-706.
- Forsyth, C. y Brown, N.A. (1982) Germination of the dimorphic fruits of *Bidens pilosa* L. **New Phytologist** **90**: 151-164
- Gaceta UNAM. (1997) Acuerdo por el que se reestructura e incrementa la zona de la Reserva Ecológica y se declaran las áreas verdes de manejo especial de la Ciudad Universitaria. 15-17.
- Gill, A.M. (1986) A post-fire chronosequence of cone, follicle and seed production in *Banksia ornata*. **Australian Journal of Botany** **34**: 425-433
- Gray, D. (1987) **Genetic change during succession in plants in colonization, succession and stability**. Blackwell Scientific. Oxford. 275-293 pp.
- Grimme, J.P. (1979) **Plant Strategies and Vegetation Processes**. John Wiley. Chinchester.
- Harper, J.L. (1977) **The Population Biology of plants**. Academic Press. Londres. 892 pp.
- Hernández, I.J. (1984) **Variación estacional del contenido de semillas del suelo, en tres hábitats de la comunidad de *Senecio Praecox* (Pedregal de San Ángel, México, D.F.)**. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 100 pp.

- Hobbs, R.J. y Gimingham, C.H. (1984) Studies of fire in Scottish heathland communities II. Post fire vegetation development. **Journal of Ecology** **72**: 585-610.
- Jiménez, E. y Armesto, J. (1992) Importance of the soil seed bank of disturbed sites in Chilean matorral in early secondary succession. **Journal of Vegetation Science** **3**: 579-586.
- Keeley, J.E. (1977) Seed production, seed populations in soil, and seedling production after fire for two congeneric pairs of sprouting and non-sprouting chaparral shrubs. **Ecology** **58**: 820-829.
- Keeley, J.E. (1991) Seed germination and life history syndromes in the California chaparral. **Botanical Review** **57**: 81-116.
- Komarek, E.V. (1967) Fire ecology, grassland and man. **Proceedings of the Tall Timbers. USA. Fire Ecology Conference** **4**: 169-220.
- Kozlowski, T.T. Kramer J. y Pallardi S.G. (1991) **Fire and the physiological ecology of woody plants**. Academic Press. San Diego. EUA. 401-424 pp.
- Kruger, F.J. y Bigalke, R.C. (1984) **Fire in fynbos. Ecological effects of fire in South African Ecosystems**. Boysen editions. Berlin. 67-114 pp.
- Lamont, B.B., Witkowski, E.T.F. y Enright, N.J. (1993) Post-fire litter microsites: safe for seeds, unsafe for seedlings. **Ecology** **74**: 501-512.
- Legarreta, H.A. y Almeida, L.L. (1994) Relaciones fitogeográficas de la flora vascular de la reserva del Pedregal de San Ángel. México D.F. En: Rojo A. (comp). **Reserva ecológica "El Pedregal de San Ángel: Ecología, Historia Natural y Manejo**. UNAM. México. 83-89 pp.
- Magurran, A.E. (1988) **Ecological diversity and its measurement**. Cambridge University Press. Cambridge. 179 pp.
- McDonnell, M.J. (1983) The structural complexity of old field vegetation and the recruitment of bird-dispersed plant species. **Oecologia** **56**: 109-116.
- Meave, J., Carabias, J., Arriaga, V. y Valiente-Banuet, A. (1994) Observaciones fenológicas en el Pedregal de San Ángel. En: Rojo, A. (comp.). **Reserva ecológica "El Pedregal de San Ángel: Ecología, Historia natural y Manejo"**. UNAM. México 409 pp.

- Minnich, R.A. (1983) Fire mosaics in southern California and northern Baja California. **Science** **219**: 1287-1294.
- Mooser, F. (1962) **Bosquejo geológico del extremo sur de la Cuenca de México**. XX Cong Geol. Internacional, México. 337-348.
- Morgan, J. W. (1999) Defining grassland fire events and the response of perennial plants to annual fire in temperate grasslands of south-eastern Australia. **Plant Ecology** **144**: 127-144.
- Newell, S.J. y Tramer, E.J. (1978) Reproductive strategies in herbaceous plant communities during succession. **Ecology** **59**: 228-234.
- Odion, D.C. y Davis, F.W. (2000) Fire, soil heating, and the formation of vegetation patterns in chaparral. **Ecological Monographs** **70**: 149-169.
- Peña, R.V. (2000) **Efecto del fuego en la regeneración de dos especies de encinos en la montaña de Guerrero (México)**. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 83 pp.
- Retana, J. (1996) **Caracteristiques de intensitat i extensio dels incendis**. Ediciones Proa, Barcelona, España. 59-62 pp.
- Rice, S.K. (1993) Vegetation establishment in post-fire *Adenostoma* chaparral in relation to fine-scale pattern in fire intensity and soil nutrients. **Journal of Vegetation Science** **4**: 115-124.
- Rodríguez, T.D.A. y Sierra, A.P. (1992) Bosquejo histórico sobre diversos aspectos de los incendios forestales en México. **Ciencia Forestal en México** **72**: 115-174
- Rodríguez, T.D.A. (1996) **Incendios Forestales**. Universidad Autónoma de Chapingo y Mundí Prensa. México. 630.
- Romme, W.H. (1982) Fire and landscape diversity in subalpine forests of Yellowstone National Park. **Ecological Monographs** **52**: 199-221.
- Rzedowski, J. (1954) **Vegetación del Pedregal de San Ángel (Distrito Federal, México)**. An. Esc. Nal. Cien. Biól. I.P.N. México **8**: 59-129.
- Rzedowski, J. (1979) **Flora fanerogámica del Valle de México**. Vol 1. Ed. CECSA. México. 494 pp.

- Shafi, M.I. y Yarranton, G.A. (1973) Vegetational heterogeneity during a secondary (postfire) succession. **Canadian Journal of Botany** **51**: 73-90.
- Silvertown, J. (1981) Seed size, lifespan and germination date as coadapted features of plant life history. **American Naturalist** **118**: 860-864.
- Sosa, C.V., Cedeño, O. y Rodríguez, E. (1999) Incendios forestales. SEGOB y SEMARNAP. México. 56.
- Southwood, T.R.E. (1978) **Ecological Methods**. Chapman and Hall. Londres. 524 pp.
- Thompson, K. (1978) The occurrence of buried viable seeds in relation to environmental gradients. **Journal of Biogeography** **5**: 425-430.
- Thompson, K. y Grime, J.P. (1979) Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. **Journal of Ecology** **67**: 893-921.
- Valbuena, L y Tarrega, J. (1998) The influence of heat and mechanical scarification on the germination capacity of *Quercus pyrenaica* seeds. **New-Forests** **16**: 177-183.
- Valiente-Banuet, A. y de Luna, E. (1990) Una lista florística actualizada para la reserva del Pedregal de San Ángel, México, D.F. **Acta Botánica Mexicana** **9**: 13-30.
- Van Wagner, C.E. (1990) Six decades of forest fires. **Science in Canada, Forestry Chronicle** **4**: 133-137.
- Vázquez-Yanes, C. y Orozco-Segovia, A. (1984) Fisiología ecológica de las semillas de árboles de la selva tropical. **Ciencia** **35**: 191-201.
- Vázquez-Yanes, C. y Orozco-Segovia, A. (1990) Ecological significance of light controlled seed germination in two contrasting tropical habitats. **Oecologia** **83**: 171-175.
- Whelan, R.J. (1985) Patterns of recruitment of plant populations after fire in western Australia and Florida. **Proceedings of the Ecological Society of Australia** **14**: 169-178.
- Whelan, R.J. (1995) **The ecology of fire**. Cambridge University Press. Londres. 346 pp.

Wright, H.A. y Bailey, A.W. (1982) **Fire ecology: United States and Southern Canada**. Wiley, Nueva York. 97 pp.

Zar, J. (1990) **Biostatistical Analysis**. Prentice Hall. Englewood Cliffs. Nueva Jersey 663 pp.

APENDICE

Tabla A.- Riqueza específica, especies presentes, índice de diversidad, índice de dominancia y abundancias de plántulas emergidas en cada sitio de estudio.

Especie	sitio Q1	sitio Q2	Sitio Nq1	sitio Nq2
<i>Acalypha indica</i> Cav.		X		X
<i>Arenaria lanuginosa</i> Rohrb.	X	X	X	X
<i>Begonia gracilis</i> H.B.K.			X	X
<i>Buddleia cordata</i> H.B.K.	X	X	X	X
<i>Bulbostylis funkii</i> Kunth	X	X	X	X
<i>Calliandra anomala</i> Kunth	X			
<i>Centaurium quitense</i> H.B.K.			X	X
<i>Cissus cicyoides</i> L.	X	X	X	
<i>Commelina coelestis</i> Willd			X	
<i>Commelina diffusa</i> Burm			X	
<i>Conyza coronopifolia</i> H.B.K	X	X	X	X
<i>Crusea longiflora</i> Schui.	X	X	X	X
<i>Cyperus sesteroides</i> H.B.K.	X	X	X	X
<i>Dahlia coccinea</i> Cav.		X	X	X
<i>Desmodium grahamii</i> Hemsl	X	X		
<i>Diastatea micrantha</i> Willd		X	X	X
<i>Dioscorea galeottiana</i> Kunth	X			X
<i>Dodonaea viscosa</i> L.	X	X	X	X
<i>Drymaria laxiflora</i> Willd	X	X	X	X
<i>Echeveria gibbiflora</i> DC	X	X	X	
<i>Euphorbia dentata</i> Mchx	X	X	X	X
<i>Euphorbia hirta</i> L.		X	X	
<i>Euphorbia serpilliflora</i> Cav.		X		X
<i>Evolvulus alsinoides</i> L	X	X	X	X
<i>Gnaphalium americanum</i> Mill	X	X	X	X
<i>Hypoxis decumbens</i> L.	X	X	X	X
<i>Iresine celosia</i> L		X	X	X
<i>Manfreda brachystachya</i> Cav			X	X
<i>Montanoa tomentosa</i> Cav	X	X	X	X
<i>Muhlenbergia robusta</i> Fourn	X	X	X	X
<i>Nicotiana glauca</i> Graham	X	X		
<i>Peperomia campylotrapa</i> Gray	X	X	X	X
<i>Phaseolus formosus</i> Schl.			X	X
<i>Physalis foetens</i> Fern	X	X	X	
<i>Physalis glutinosa</i> Fern	X			
<i>Physalis sordida</i> L.		X	X	
<i>Phytolacca icosandra</i> L.	X	X	X	X
<i>Piquena trinervia</i> Cav	X	X	X	X
<i>Portulaca pilosa</i> Linn			X	
<i>Rhynchelitrum repens</i> Willd	X	X	X	X
<i>Senecio praecox</i> DC	X			
<i>Setaria geniculata</i> Beauv	X		X	X
<i>Sonchus oleraceus</i> L		X	X	X

Tabla A.- (Continúa). Riqueza específica, especies presentes, índice de diversidad, índice de dominancia y abundancias de plántulas emergidas en cada sitio de estudio.

Especie	Sitio Q1	sitio Q2	Sitio Nq1	sitio Nq2
<i>Stenorthynchos aurantiacus</i> L.				
<i>Stevia organoides</i> HBK	X		X	
<i>Stevia ovata</i> Willd		X	X	X
<i>Talinum napiforme</i> DC	X	X	X	X
<i>Tripsacum dactyloides</i> Rupr	X	X	X	X
<i>Wigandia urens</i> HBK	X	X	X	X
Riqueza específica	33	33	41	34
Índice de Shanon-Wiener	2.24	2.06	1.94	2.69
Índice de Berger-Parker	0.47	0.49	0.58	0.28
Abundancias	547	576	2714	1275