



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

ANÁLISIS DE ALGUNOS FACTORES QUE AFECTAN LA FENOLOGÍA REPRODUCTIVA DE LA COMUNIDAD VEGETAL DE LA RESERVA DEL PEDREGAL DE SAN ÁNGEL, D.F. (MÉXICO).

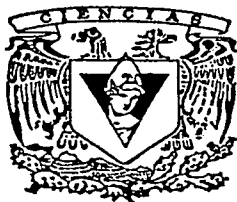
TESIS CON FALLA DE ORIGEN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE BIÓLOGA

P R E S E N T A :

SARA FABIOLA CÉSAR GARCÍA



DIRECTOR DE TESIS: DR. ZENÓN CANO SANTANA

MÉXICO, D.F.



2002

FACULTAD DE CIENCIAS SECCION ESCOLAR



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

M. EN C. ELENA DE OTEYZA DE OTEYZA
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:
"Análisis de algunos factores que afectan la fenología reproductiva
de la comunidad vegetal de la Reserva del Pedregal de San Ángel,
D.F. (México)"
realizado por Sara Fabiola César García

con número de cuenta 9150661-8 , pasante de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis
Propietario

Dr. Zenón Cano Santana

Propietario

Dr. Eduardo Morales Guillaumin

Propietario

M. en C. Nelly Diego Pérez

Suplente

M. en C. Efraín Tovar Sánchez

Suplente

Biól. Dulce María Figueroa Castro

FACULTAD DE CIENCIAS
U N. A. M.

Consejo Departamental de Biología



Dra. Patricia Ramos Morales

DEPARTAMENTO
DE BIOLOGIA

A la memoria de Mamá Quetita y mi hermano Ramón

**A mi papá
por todo su apoyo para concluir mis estudios profesionales
por tu amor, gracias.**

**A mi mamá
Por darme la vida y por todo tu amor, gracias.**

**A mi hermana Sabina
por todo lo que hemos vivido juntas.**

**A mis sobrinos Emilio y Sebastián
por sus risas, su alegría, por todo su cariño, los amo .**

**A Pepe
por todos los momentos que hemos compartido, te quiero.**

Agradecimientos

Gracias a Dios, por darme la serenidad para aceptar las cosas que no puedo cambiar y por darme la fortaleza para cambiar las que si puedo.

A mi asesor el Dr. Zenón Cano Santana, a quien le agradezco muchísimo el haber dirigido mi tesis, por sus comentarios, sus sugerencias y su paciencia. Por ser uno de mis mejores maestros de la carrera y por contribuir en mi formación como bióloga. Pero sobre todo gracias por tu amistad, por todos esos momentos que dedicaste a escucharme y en los que siempre surgía algún consejo, Gracias Doc.

A mis sinodales el Dr. Eduardo Morales Guillaumin, M. en C. Nelly Diego Pérez, M. en C. Efraín Tovar Sánchez y M en C. Dulce Figueroa Castro, los cuales enriquecieron este trabajo con sus comentarios y sugerencias.

Al CONACYT, porque a través del proyecto 400302-5-0202PN obtuve los recursos necesarios para la elaboración de este trabajo.

Al Dr. José Luis Villaseñor, Dr. Jorge Sánchez Ken, M. en C. Nelly Diego, Biól. Ramiro Cruz Durán, Dr. Alfonso Valiente Banuet, Biól. José Luis Castillo, Biól. Magdalena Martínez, M. en C. Jaime Jiménez y Biól. Beatriz González por la determinación de las especies vegetales de este trabajo.

A mi padres y hermanos por haberme apoyado durante toda mi formación profesional.

A el Biól. José Luis Castillo, Biól. Antonio Gómez, Biól. Carlos Anaya por haberme ayudado durante los largos muestreos y colectas.

A mis compañeros "pedregaleros": Oswaldo por tus porras y ayudarme con el excel, a "la comadre" Dulce por tus porras durante la realización de los fenogramas pero sobre todo por tu amistad y a Marco Antonio Romero por su valiosa ayuda y apoyo durante toda la parte escrita de mi tesis, y porque siempre tenías una respuesta para mis dudas de computo.

A Cecilia, por ser mi mejor amiga, por compartir conmigo este camino hacia la titulación, por estar siempre presente ya sea en los momentos buenos como en los difíciles, por nuestras largas pláticas y siempre motivarme. A Felipe, por ser mi mejor amigo, por tomar las fotografías en el campo, por todo tu apoyo y comprensión, gracias

también por tus consejos para la elaboración de mis tesis. Es genial poder contar con amigos como ustedes, los quiero mucho.

A Memo porque siempre estuviste dispuesto a ayudarme para seguir adelante con mi tesis, sobre todo en la parte final de esta, por motivarme siempre a superarme. Por tu apoyo, por tu comprensión, por el tiempo que dedicaste a nuestras pláticas y a nuestras discusiones.

A Laura Linares por todos tus consejos y por ayudarme a ver la vida de otra manera y no rendirme tan fácilmente.

A mis compañeros y amigos de la CORENA, a Jorge (puchungo), Héctor (greñas), Lolita, Edelmira, Ezequiel (Eze), Marco (Geos), Meche, Irad, Miceli, José Orozco, a mis jefes Jaime Rivera por todo su apoyo, sus consejos y su enorme tolerancia para la parte final de mi tesis, y Saúl Segura por resolver mis dudas de ecología , a todos gracias por su apoyo en todos los sentidos, es genial poder contar con personas tan valiosas como ustedes.

EL PRINCIPIO... EL FIN.

*Al nacer somos sólo un libro en blanco,
en el cual se escribe nuestra vida,
no cerremos este libro antes de escribirlo,
no borremos los pasajes sin haberlos vivido.*

*Dejemos que la tinta de las letras,
señale el camino a seguir,
llenemos unas hojas, no paremos de escribir,
dejemos en la historia estos vestigios.*

*Cruza la línea, penetra en mi vida,
abre mi corazón y conoce mi dolor,
navega en mi sangre, ahógate en mis vicios,
piérdete en mi cuerpo y descubre la pasión.*

*Punto final, en el libro la última línea se ha llenado,
y comienzan a escribirse las pasajes de una nueva
vida,
se cierra una puerta y se abre una vida eterna,
todo aquello se perdió, aquel ser humano ya murió.*

*Aquí nadie nos guiará,
en lo turbio de la nada, buscamos la salida,
en un cuarto en el que las puertas se borrarón,
el amor, los sueños y el odio se derrumbaron.
Don Fa' 96.*

*Todo inicio tiene un final... todo final también vuelve a
comenzar.*

Índice

Resumen	i
I. Introducción	
1.1. Fenología vegetal.....	1
1.2. Factores que afectan la fenología reproductiva.....	2
1.3. Fenología reproductiva en climas estacionales.....	8
1.4. Fenología reproductiva de la comunidad vegetal del Pedregal de San Ángel: Antecedentes.....	9
II. Objetivos e hipótesis	14
III. Sitio de estudio	16
IV. Métodos	
4.1. Selección de sitios.....	20
4.2. Fenología reproductiva.....	20
4.3. Precipitación y temperatura.....	23
4.4. Estructura de la comunidad.....	23
V. Resultados	
5.1. Patrones generales.....	26
5.2. Clasificación de los periodos de floración y fructificación.....	26
5.3. Comparación entre ambientes.....	43
5.4. Fenología y forma de crecimiento.....	47
5.5. Relación de la precipitación y temperatura con los patrones fenológicos.....	49
5.6. Variables climáticas, fenología y formas de crecimiento.....	52
5.7. Fenología y síndromes de dispersión.....	57
5.8. Formas de crecimiento y síndromes de dispersión.....	60
5.9. Especies dominantes y fenología reproductiva.....	61
VI. Discusión	
6.1. Bondad del método.....	65
6.2. Patrones de floración.....	65
6.3. Patrones de fructificación.....	67
6.4. Duración de las fenofases reproductivas.....	69
6.5. Heterogeneidad ambiental y fenología reproductiva.....	70
6.6. Forma de crecimiento y fenología reproductiva.....	72
6.7. Especies dominantes y su relación con la fenología reproductiva.....	75
VII. Conclusiones y perspectivas	77
Literatura citada	80
Apéndice 1	89
Apéndice 2	90
Apéndice 3	97

César-García, F. 2002. Análisis de algunos factores que afectan la fenología reproductiva de la comunidad vegetal de la Reserva del Pedregal de San Ángel, D.F. (México). Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 105 pp.

RESUMEN

Se analizó la fenología reproductiva de la comunidad vegetal de la Reserva del Pedregal de San Ángel y su relación con diferentes factores tanto bióticos como abióticos. Para ello se realizó lo siguiente: (a) observaciones de campo cada quince días para determinar la presencia o ausencia de flores y frutos maduros, en 144 especies de plantas, de diciembre de 1996 a noviembre de 1997, (b) se clasificó a todas las especies de acuerdo con la época y con la duración en que ocurrían la floración y la fructificación, (c) se analizó la variación de los patrones de floración y fructificación entre ambientes abiertos y sombreados, (d) se relacionaron los patrones fenológicos reproductivos con la precipitación, la temperatura, la forma de crecimiento y el síndrome de dispersión y (e) se determinó el efecto de las especies dominantes de la Reserva sobre los patrones fenológicos reproductivos de la comunidad vegetal.

Se encontró que de las 144 especies estudiadas, 142 presentaron flores maduras y 127 frutos maduros. En general, la duración de los periodos de fructificación fue significativamente más alta que la duración de los periodos de floración. Se registraron siete patrones de floración y fructificación: lluvias-largo, lluvias-corto, intermedio-largo, intermedio-corto, sequía-largo, sequía-corto, y todo el año. El patrón de floración más recurrente fue el de lluvias-corto, mientras que para la fructificación, fueron más frecuentes los patrones sequía-corto y sequía-largo.

Se encontró que tanto en ambientes abiertos como en ambientes sombreados el pico de floración ocurrió en lluvias. El mayor porcentaje de especies en fructificación en el ambiente abierto ocurrió a finales de la época de lluvias, mientras que en el ambiente sombreado, éste ocurrió en la época de sequía.

En general, el mayor número de especies en floración se presentó cuando se incrementó la precipitación y la temperatura, mientras que la fructificación no estuvo

significativamente correlacionada con estas variables. Las herbáceas perennes en floración respondieron rápidamente a la incidencia de la lluvia, mientras que las herbáceas anuales en floración respondieron de manera tardía a las lluvias. El máximo número de especies arbustivas en floración se presentó después de la floración de las herbáceas. Se encontró que en las especies arbustivas conforme disminuían la precipitación y la temperatura el número de especies en fructificación aumentaba considerablemente, mientras que en las especies de herbáceas perennes y anuales no hubo correlación con estas variables.

Se registraron tres síndromes de dispersión en las especies estudiadas: anemocoria, zoocoria y dispersión mecánica. Se encontró una relación entre el síndrome de dispersión y los patrones de fructificación, ya que la mayoría de las especies anemócoras fructificaron durante la época de sequía, mientras que las especies con zoocoria fructificaron preferentemente durante la época de lluvia. Las especies con dispersión mecánica registraron patrones de fructificación tanto en lluvias como en sequía. En las herbáceas perennes y arbustos el síndrome de dispersión más recurrente fue la anemocoria, mientras que en las herbáceas anuales la dispersión mecánica fue más común. Los periodos de floración de las especies dominantes se distribuyeron a lo largo de todo el año de estudio y al parecer su fenología reproductiva no afecta la fenología de la comunidad vegetal.

De lo anterior, se concluye que: (i) los periodos de floración de la comunidad vegetal pueden estar asociados con un corto periodo de alta disponibilidad de recursos, (ii) la fenología floral es afectada principalmente por la precipitación y secundariamente por la temperatura, (iii) los patrones de fructificación dependen significativamente del síndrome de dispersión, (iv) la duración de los periodos de fructificación es mayor que la duración de los periodos de floración, (v) las diferencias en la fenología reproductiva entre sitios pueden deberse a la composición de especies, (vi) la forma de crecimiento determina la fenología reproductiva de la comunidad vegetal, y (vii) la fenología floral de las especies dominantes no determina la fenología de las no dominantes.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Fenología vegetal

La fenología es el estudio de la duración y temporalidad de los eventos o fases del ciclo de vida de los organismos y sus relaciones con los factores bióticos y abióticos (Lieth, 1974; Ewusie, 1980; Rathcke y Lacey, 1985; Newstrom *et al.*, 1994). La fenología busca explicar el ritmo de estos eventos, deduciendo sus causas basándose en las fuerzas bióticas, abióticas, genéticas y evolutivas (Rathcke y Lacey, 1985). Las observaciones fenológicas constituyen uno de los enfoques más útiles para conocer la dinámica estacional de las comunidades de plantas y de las poblaciones que las componen, así como su futuro desarrollo y para acercarse al entendimiento de los factores que influyen en los ritmos biológicos (Castillo y Carabias, 1982; Meave *et al.*, 1994). El estudio de la periodicidad de los eventos relacionados con el crecimiento y la reproducción de especies tiene gran importancia para entender la adaptación de las plantas a su ambiente. Además, es una forma de discernir los factores físicos y bióticos que determinan los distintos comportamientos de las especies (Carabias y Guevara, 1985).

Los principales eventos del ciclo de vida o fenofases de las plantas son: (1) la formación, permanencia y caída de hojas, (2) la floración, (3) la fructificación y (4) la dispersión de frutos y/o semillas. La temporalidad de los ciclos reproductivos de las plantas afecta no únicamente a éstas sino también a los animales que dependen de ellas como recurso (Newstrom *et al.*, 1994). La actividad de polinizadores, depredadores de hojas, flores y frutos, la dispersión de semillas, así como el tiempo de germinación de éstas y los periodos de reproducción de muchos animales, dependen directa o indirectamente de la producción estacional de flores y frutos de la comunidad (Smith-Ramírez y Armesto, 1994).

Carabias y Guevara (1985) y Newstrom *et al.* (1994) reconocen las dificultades para hacer una síntesis de información fenológica debido a los siguientes factores: (a) el comportamiento fenológico se ha estudiado con amplitud en zonas templadas y con menor intensidad en las tropicales, en estas últimas la fenología ha sido imprecisa y frecuentemente confusa, por la complejidad debida a las diferencias en los patrones de un nivel de análisis a

otro. (b) Se han utilizado distintas metodologías en cada investigación; en particular, los estudios se hacen a nivel de individuo, población o de comunidad, y los periodos de observación varían de uno a varios años y (c) existe una carencia de términos estandarizados pues en muchos casos el mismo término ha sido usado para diferentes fenómenos, o el mismo fenómeno ha sido estudiado con diferentes métodos.

Para dar una idea de lo complejo que puede ser la clasificación de la flora basta revisar el trabajo de Croat (1975) quien, basándose en la temporada del año en que sus componentes manifiestan su fenología reproductiva, dividió el patrón fenológico de 1253 especies de una comunidad tropical caducifolia de Centroamérica en 27 tipos.

Por su parte, Newstrom *et al.* (1994) han propuesto una nueva clasificación para las descripciones de los patrones fenológicos basándose en observaciones de ciclos de foliación, floración y fructificación de especies de una selva tropical en Costa Rica, utilizando cuatro patrones básicos: *continuo*, el cual se caracteriza por una floración con esporádicas y breves interrupciones; *subanual*, con una floración con más de un ciclo por año (un ciclo consiste de un episodio de floración seguido por un intervalo sin floración); *anual*, con únicamente un ciclo por año, y *supraanual*, con un ciclo durante más de un año. La clasificación utiliza además de la frecuencia, otros criterios como la regularidad, la duración y la amplitud. El sistema puede ser usado para cualquier evento recurrente, en ciclos de vida de plantas en cualquier región del mundo y es aplicable a cualquier nivel de análisis.

1.2. Factores que afectan la fenología reproductiva

En diversos trabajos se ha sugerido que el inicio, la duración, la frecuencia e intensidad de la floración y la fructificación de una comunidad vegetal depende de ciertos factores ecológicos y climáticos. Los principales factores climáticos que influyen en los patrones fenológicos reproductivos son el fotoperiodo (Heinrich, 1976; Widén, 1991), la temperatura (Vasek y Sauer, 1971; Lieth, 1974; Arroyo *et al.*, 1981; Smith-Ramírez y Armesto, 1994), la humedad y precipitación (Vasek y Sauer, 1971; Monasterio y Sarmiento, 1976; Opler *et al.*, 1976, 1980; Alvim y Alvim, 1978; Smith-Ramírez y Armesto, 1994). Al mismo tiempo la fenología puede ser afectada por procesos ecológicos o atributos de las plantas como la competencia por

polinizadores (Waser, 1978; Rathcke y Lacey, 1985) o por dispersores de semillas (Snow, 1966), la selección interespecífica de polen (Rathcke y Lacey, 1985), los herbívoros (Crawley, 1983; Gautier-Hion, 1991), las relaciones filogenéticas (Hilty, 1980; Kochmer y Handel, 1986), la forma de vida (Frankie *et al.*, 1974; Lieberman, 1982; Smith-Ramírez y Armesto, 1994; Martínez, 1997) y el tamaño del fruto (Primack, 1987). Otros factores que pueden determinar la fenología reproductiva son: el reloj biológico, la longevidad, la morfología, la biomasa y el sistema de reproducción (Levin y Anderson, 1973; Bullock y Bawa, 1982; Borchert, 1983). Por otro lado, se ha registrado que las plantas anuales responden rápidamente a cambios ambientales, en tanto que plantas perennes generalmente responden a mediano plazo (Carabias y Guevara, 1985).

Carabias y Guevara (1985) sugieren que un factor importante que influye en la floración y la fructificación es la precipitación pluvial. De acuerdo con dichos autores, esta influencia puede ser directa (afectando la humedad del suelo, la maduración de los frutos, la dispersión de frutos y/o semillas), o indirecta (afectando la actividad forrajeadora de los polinizadores). En ambos casos su influencia es difícil de medir, pero el resultado de ésta se expresa en un patrón fenológico, el cual puede ser observado. En las plantas anuales, mientras exista agua disponible, el desarrollo y los estadios fenológicos son continuos a partir de su germinación, de modo que la floración y la fructificación pueden concebirse como el resultado de la madurez del individuo (Inouye, 1991).

1.2.1. Factores que afectan a la floración. Existen tres factores abióticos que han sido identificados como las principales señales que dan inicio a la floración: el fotoperiodo, la temperatura y la precipitación (Rathcke y Lacey, 1985). La floración controlada por el fotoperiodo ha sido reportada principalmente en herbáceas de vida corta (Lang, 1965; Evans, 1975). Lieth (1974) sugiere que la temperatura es el principal factor externo que inicia la floración en las plantas leñosas de zonas templadas. Por su parte, Vasek y Sauer (1971) sugieren que la temperatura es también el factor que dispara la floración en herbáceas perennes. Existen numerosos estudios donde se ha encontrado que los patrones de floración de árboles y lianas en selvas neotropicales están fuertemente correlacionados con la estacionalidad climática (Janzen, 1967; Frankie *et al.*, 1974, Opler *et al.*, 1976; Morellato *et*

al., 1989; Morellato y Leitão Filho, 1990; Ibarra-Manriquez *et al.*, 1991). Rathcke y Lacey (1985) sugieren que en las selvas tropicales la floración es inducida frecuentemente por la precipitación, ya que las lluvias incrementan la sincronía de la floración en poblaciones de árboles tropicales, mientras que en los neotrópicos estacionales la mayoría de las especies de herbáceas y arbustivas tienden a florecer en la estación lluviosa, pero algunas especies de árboles florecen tanto en la estación lluviosa como en la de sequía. Se ha observado que principalmente las especies de herbáceas anuales, requieren de ciertos niveles de precipitación para iniciar los procesos fenológicos vegetativos y reproductivos (Beatley, 1974; León de la Luz *et al.*, 1996). Muchas especies que normalmente florecen justo después del comienzo de la estación lluviosa pueden también ser inducidas a florecer durante eventos impredecibles de lluvias no estacionales que ocurran al comienzo de la estación de sequía, estas especies pueden presentar varios periodos cortos y sincrónicos de floración, así como floraciones múltiples en una sola estación (Opler *et al.*, 1976; Bullock y Solís-Magallanes, 1990).

Rathcke y Lacey (1985) sugieren que los factores abióticos pueden limitar la estación de floración, ya sea directamente afectando la capacidad para producir flores o indirectamente afectando a los vectores de polen. En este caso, el aumento o disminución de factores ambientales como luz, temperatura, humedad y viento pueden afectar la actividad forrajeadora de los polinizadores (Kevan y Baker, 1983; Willmer *et al.*, 1994), estos factores pueden ocasionar que la proporción de polinizadores disminuya considerablemente (Schmitt, 1980). La luz, por ejemplo, determina las horas de mayor actividad de los insectos (Kevan y Baker, 1983), en tanto que las bajas temperaturas pueden inhibir la actividad de los visitantes, sobre todo de los nocturnos (Keys *et al.*, 1995), aunque su efecto puede resultar insignificante para aquellos capaces de termorregular (May, 1979). Por otra parte, la acción del viento puede disminuir la actividad de los insectos, aunque puede facilitar la polinización y la auto-polinización. Whitehead (1969) discute que la anemofilia es favorecida por la cercanía que puede existir entre individuos de la misma especie, lo que reduce las probabilidades de que el polen sea interceptado por plantas de otras especies. Este autor también propone que el viento es el vector de polen más frecuente en plantas que se desarrollan en sitios

sometidos a bajos niveles de precipitación, con vegetación abierta, con una temporada de sequía muy marcada, y donde la diversidad vegetal y de polinizadores son bajas (Whitehead, 1969). En las zonas templadas los árboles polinizados por viento comúnmente florecen en la primavera antes de la foliación, cuando la dispersión de polen no se dificulta (Rathcke y Lacey, 1985). En los trópicos, por su parte, algunos árboles polinizados por viento florecen en la estación de sequía, cuando los vientos son fuertes y cuando los árboles pierden sus hojas (Rathcke y Lacey, 1985).

Los patrones de floración de algunas especies vegetales están íntimamente relacionados con las épocas en que los polinizadores son más abundantes, por lo que se puede considerar que dichos patrones de floración de las plantas se encuentran determinados por la fenología de los polinizadores (Bertin, 1989); sin embargo, aún se desconoce cuál de estos factores se ha desarrollado en respuesta al otro (Rathcke y Lacey, 1985).

Se piensa que la competencia por polinizadores afecta los periodos de floración de las plantas, lo que resulta en una diversidad de patrones fenológicos, ya que los periodos de floración de muchas especies pueden alternarse, haciendo uso del mismo polinizador en diferentes tiempos y evitando así la competencia (Gentry, 1974).

Morellato y Leitão-Filho (1996) registraron una fuerte influencia de las plantas pertenecientes a las familias con alta riqueza específica, en los patrones de floración de toda una comunidad de lianas (herbáceas y leñosas) de la Reserva de Santa Genebra, Brasil. Estos autores sugieren que los patrones fenológicos de las lianas pueden ser dependientes de la composición de especies. Por otro lado, Kochmer y Handel (1986), al hacer una comparación entre la época de floración de dos comunidades de angiospermas zoofílicas, una localizada en Honshu, Japón y otra en la costa atlántica de los E.U.A, concluyeron que la época de floración de las familias de ambas comunidades está relacionada con su filogenia y su historia de vida. Ambos lugares tienen similitudes climáticas y de altitud, y experimentan los mismos cambios en el fotoperiodo a lo largo del año. Las estaciones de floración en estas dos comunidades son muy largas; por lo que las diferencias en las fechas de floración se pueden detectar más fácilmente mediante análisis estadísticos en una larga estación de floración.

El tamaño del fruto es otro de los factores que puede determinar el periodo de floración en zonas templadas (Primack, 1987), pues especies con frutos grandes tendrán que florecer al comienzo de la primavera para tener suficiente tiempo para la maduración de los frutos antes del comienzo del otoño, que es cuando se presentan bajas temperaturas.

1.2.2. Factores que afectan a la fructificación. La producción de estructuras reproductivas de las plantas depende directamente de la disponibilidad de recursos tales como la luz y los nutrimentos del suelo (Daubenmire, 1982; Grime, 1982; Prins *et al.*, 1990). Al parecer, cuando la disponibilidad de luz es baja, la aborción de semillas aumenta y el número de frutos disminuye considerablemente. Uno de los factores que afecta la fenología de la fructificación es el síndrome de dispersión de las especies (Justiniano y Fredericksen, 2000).

Un enfoque básico para comprender globalmente el fenómeno de la dispersión de frutos, es el de definir la abundancia y la temporalidad de las diásporas en las comunidades por medio de estudios fenológicos (Frankie *et al.*, 1974; Gentry, 1974; Opler *et al.*, 1980, 1990; Foster, 1982; Carabias y Guevara, 1985; Putz y Windsor, 1987). Este enfoque ha permitido la sugerencia de interesantes tendencias, una de ellas ha sido la correlación entre la abundancia de diásporas anemócoras y el hábitat en donde se encuentren (Ibarra-Manríquez *et al.*, 1991). Al respecto, Dirzo y Domínguez (1986) presentaron datos sobre el síndrome de dispersión de 1879 especies en 12 diferentes localidades en el mundo, encontrando que para bosques neotropicales, la anemocoria es más frecuente en aquellos encontrados bajo climas secos que en aquellos de climas húmedos (34.8 y 10.1%, respectivamente). De hecho, la anemocoria es el segundo mecanismo en importancia para el total de especies (23.3%), antecedida solamente por las diásporas zoócoras (60.3%). Dentro de los hábitats húmedos, la importancia de la anemocoria es mayor para árboles del estrato superior, lianas y epífitas que para formas de vida presentes en el estrato bajo, en el cual predomina la zoocoria (Foster, 1982; Gentry, 1982; Leigh y Windsor, 1982; Foster *et al.*, 1986). Estos patrones estructurales se han relacionado con causas proximales, manejando la influencia de factores físicos como la estacionalidad de la lluvia, la velocidad del viento y la riqueza de nutrimentos en el suelo como las causas más importantes, sin descartarse, el tamaño y la forma de la diáspora, la

densidad de las plantas que rodean a los progenitores o una mortalidad diferencial entre las especies con distintos tipos de diáspora (Garwood, 1983; Augspurger, 1986; Augspurger y Franson, 1988).

La distribución temporal de las diásporas anemócoras ha sido asociada con el patrón de intensidad de los vientos y la época propicia para el establecimiento de plántulas (Foster, 1982; Putz y Chai, 1987; Putz y Windsor, 1987). Otro factor que ha sido asociado con la fructificación de especies anemócoras es que dispersen sus diásporas cuando muchas especies del dosel se encuentran sin hojas (Foster, 1982; Baker *et al.*, 1983; Putz y Windsor, 1987; Ibarra-Manríquez *et al.*, 1991). La fructificación de las especies de una comunidad puede desfasarse claramente a lo largo de un año, lo que probablemente favorece la germinación y el establecimiento de las plántulas, al abatirse la competencia o el ataque de patógenos y depredadores (Foster, 1982; Garwood, 1983; Putz y Winsor, 1987). En selvas tropicales estacionales muchas especies que son dispersadas por viento, maduran y liberan sus frutos poco antes del final de la estación de sequía, cuando los vientos son fuertes y cuando las hojas caen (Rathcke y Lacey, 1985). Esta época de dispersión también minimiza el tiempo en que la semilla permanecerá en el suelo, antes de germinar al comienzo de la estación lluviosa (Rathcke y Lacey, 1985; Ibarra-Manríquez *et al.*, 1991).

De acuerdo con Croat (1969), en la estación de sequía hay un marcado incremento en la caída de hojas, reduciéndose la cobertura de la vegetación, por lo que la intensidad del viento tiene un efecto positivo para la dispersión en las especies anemócoras, tal como ha sido sugerido por Figueroa-Castro (1997) y Figueroa-Castro *et al.* (1998) para algunas especies vegetales de la Reserva del Pedregal de San Ángel, como *Dahlia coccinea*, *Eupatorium petiolare*, *Senecio praecox*, *Verbesina virgata* y *Tagetes lunulata*.

El tiempo de permanencia y de maduración de los frutos así como la época en la cual se presentan podrían reflejar el periodo en que las condiciones ambientales pueden influir en el éxito de la dispersión con relación al tipo de diáspora (Janzen, 1967; Croat, 1975). Así, especies que tienen frutos carnosos pueden madurar sus frutos en cualquier época del año, concentrándose principalmente en la estación lluviosa cuando los niveles de humedad son suficientes para la maduración (Janzen, 1967; Lieberman 1982), o cuando hay una mayor

disponibilidad estacional de dispersores como lo sugerido por Rathcke y Lacey (1985). Al respecto estos autores mencionan que en áreas templadas, la maduración de frutos carnosos ocurre en el otoño, durante la migración de las aves, mientras que en algunos bosques tropicales no estacionales, donde los animales dispersores están disponibles durante todo el año, la fructificación ocurre durante todo el año. Sin embargo, se desconoce si la disponibilidad de dispersores es una causa o un efecto de la época de fructificación.

1.3. Fenología reproductiva en climas estacionales

Castillo y Carabias (1982) sugieren que en ambientes muy extremos, como en zonas áridas y frías, las principales fuerzas que moldean el comportamiento fenológico pueden ser las condiciones físicas como la precipitación y temperatura. Sin embargo, en ambientes más cálidos y húmedos se puede encontrar una fuerte correlación de polinizadores y de dispersores con los eventos fenológicos reproductivos.

Thórhallsdóttir (1998) discute que en climas poco estacionales como los trópicos húmedos, la época de floración no puede ser identificada a nivel de comunidad y la floración entre especies no está sincronizada por lo que pueden florecer a intervalos regulares o irregulares de meses o años. En contraste, las comunidades altamente estacionales, con climas desérticos y polares están caracterizadas por un solo y corto periodo de floración (Thórhallsdóttir, 1998). Esta autora estudió la fenología floral de 75 especies de una altiplanicie cubierta por glaciares en Islandia, y observó que las altas temperaturas registradas en primavera y al comienzo del verano parecen determinar el inicio de la floración, sin embargo, también registró especies que florecieron tardíamente (cuando la temperatura era más baja) las cuales presentaron pocas semillas viables.

Al comparar los patrones fenológicos de siete lugares que presentan una estacionalidad bien marcada en términos de precipitación y temperatura (Tabla 1), se observó que los patrones de floración y fructificación se ven fuertemente afectados por estas dos variables climáticas. El periodo con el máximo número de especies en floración se registró preferentemente al final de la época de lluvias y principios de la época de sequía, cuando se

presentaron altas temperaturas y la precipitación era baja o comenzaba a descender. Por otra parte, el periodo con el mayor número de especies en fructificación varió entre sitios. En las localidades que presentaron anemocoria, la fructificación ocurrió en la época de sequía; mientras que en las que domina la zoocoria, la fructificación ocurrió al final de la época de sequía y principios de lluvias. Estos patrones probablemente estén asociados con la época de dispersión. Los periodos de floración fueron principalmente simples (o anuales *sensu* Newstrom *et al.*, 1994) y cortos (menores a cinco meses) caracterizados por presentar un único periodo de floración que se restringe a una época del año. En tres de estos lugares el síndrome de dispersión predominante fue la anemocoria. Se ha reportado que para bosques neotropicales, la anemocoria es más frecuente en aquellos encontrados bajo climas secos que en aquellos de climas húmedos (Dirzo y Domínguez, 1986), y que la importancia de la zoocoria aumenta en sitios que presentan una estacionalidad menos marcada (Gentry, 1982). Se ha observado que en varias selvas tropicales estacionales de la India (Shukla y Ramakrishnan, 1982; Singh y Singh, 1992), México (Bullock y Solís-Magallanes, 1990), Venezuela (De Lampa *et al.*, 1992) y Brasil (Muchado *et al.*, 1997) los picos de floración y fructificación se presentan del final de la estación de sequía al comienzo de la estación húmeda.

En "El Comitán", Baja California Sur, León de la Luz *et al.* (1996) encontraron que en las herbáceas anuales, perennes y parásitas se produjo una disminución considerable en el número de especies en floración durante un año extremadamente seco, mientras que en un año con altos niveles de precipitación el número de especies en floración se elevó. También se ha reportado que el crecimiento y la reproducción de los árboles de los trópicos secos estacionales son periódicos más que continuos debido a la alta estacionalidad del régimen de precipitación anual (Sarmiento, 1984; Bullock, 1995; Reich, 1995).

1.4. Fenología reproductiva de la comunidad vegetal del Pedregal de San Ángel

El Pedregal de San Ángel, que en lo sucesivo se le denominará el Pedregal, se originó a partir de la erupción del volcán Xitle y conos adyacentes hace aproximadamente 2000 años (Carrillo, 1995), cuyas emisiones de lava cubrieron un área de 80 Km². Dentro del Pedregal se

Tabla 1. Comparación de los periodos de floración y fructificación de siete lugares con climas estacionales. n.d.= no hay datos.

Lugar	Vegetación	Clima	Periodo con el máximo número de especies en floración	Periodo con el menor número de especies en floración	Periodo con el máximo número de especies en fructificación	Periodo con el menor número de especies en fructificación	Síndrome de dispersión predominante	Referencias
Solar Village, Australia	sabana tropical	tropical seco	final de la sequía	final de lluvias	final de sequía	final de lluvias	n.d.	Williams <i>et al.</i> (1999)
Ajusco Medio, México	bosque de pino, bosque de pino-encino, bosque de encino y matorral xerófilo	templado semifrío con lluvias en verano	final de lluvias y principios de la sequía	mediados de la sequía	comienzo de la sequía	comienzo de lluvias	anemocoria	Martínez (1997)
"El Comitán", Baja California Sur, México	matorral xerófilo y bosque seco tropical	árido-tropical	comienzo de la sequía	mediados de lluvias	comienzo de la sequía	final de lluvias	n.d.	León de la Luz <i>et al.</i> (1996)
Santa Genebra, Brasil	selva tropical semicaducifolia	tropical	comienzo de la sequía	mediados de la sequía	final de la sequía	mediados de lluvias	anemocoria	Morellato y Leitão-Filho (1996)
Chiloé, Chile	bosque templado	húmedo-templado	comienzo de la sequía	mediados de la sequía	final de la sequía	lluvias	zoocoria	Smith-Ramírez y Armesto (1994)
Reserva del Pedregal de San Ángel, México	matorral xerófilo	templado subhúmedo	final de lluvias	sequía	final de lluvias y principio de la sequía	final de sequía y comienzo de lluvias	anemocoria	Meave <i>et al.</i> (1994)
Pinkwae, Ghana	selva tropical seca	tropical seco	mediados de lluvias	sequía	mediados de lluvias	sequía	zoocoria	Lieberman (1982)

encuentra protegida una pequeña zona de 176 ha (UNAM, 1997), la Reserva del Pedregal de San Ángel, que está ubicada en el campus principal de la Universidad Nacional Autónoma de México, a una altitud que varía de 2250 a 2350 m, al SO de la Ciudad de México (19°17'N, 99°11'O).

Existen pocos estudios sobre la fenología de la comunidad vegetal del Pedregal y en la mayoría de ellos sólo se han tomado muestras pequeñas de especies, o bien, no se han realizado en la parte baja del Pedregal, donde se ubica la Reserva del mismo nombre. La fenología reproductiva de algunas especies ha sido abordada por Sánchez (1980) para plantas de todo el valle de México; Benítez (1986) para plantas del Ajusco que se distribuyen entre los 2800 y 3937 m s.n.m.; Meave *et al.* (1994) estudiaron la fenología de 19 especies de plantas de la Reserva del Pedregal y Figueroa-Castro (1997) para cinco especies de compuestas de la Reserva del Pedregal. Finalmente, Martínez (1997) estudió la fenología reproductiva de especies herbáceas y arbustivas de cuatro tipos de vegetación en el Ajusco Medio (de 2650 a 2700 m s.n.m.).

Meave *et al.* (1994) sugieren que en las comunidades vegetales que se desarrollan sobre ambientes muy heterogéneos, como aquellos que se desarrollan sobre corrientes de lava, como es el caso del Pedregal, el estudio de patrones fenológicos presenta particular interés por la posibilidad de que dicha heterogeneidad (que en el caso de los pedregales está determinada por su compleja topografía) influya significativamente sobre el desempeño de las plantas y por lo tanto, determine la existencia de una gran variabilidad en las respuestas fenológicas. Ellos realizaron observaciones fenológicas cualitativas sobre los ritmos de foliación, floración y fructificación de 19 especies vegetales abundantes representativas de varias formas de vida, familias y estratos en la comunidad de matorral xerófilo en la Reserva del Pedregal. Encontraron que a pesar del carácter claramente caducifolio de esta comunidad, algunas especies dominantes presentaron hojas durante todo el año. A nivel de comunidad, la floración tuvo su máximo en la época de lluvia, aunque hubo muchas especies que florecieron en la temporada de sequía. El número de especies en fructificación alcanzó un pico al final de la época lluviosa. La combinación de los patrones de floración y fructificación permitió establecer grupos de especies con estrategias fenológicamente semejantes, los cuales, en

algunos casos, parecieron estar asociados con otras características de las especies, como síndromes de polinización o dispersión, o pertenecen a la misma familia.

Martínez (1997), por su parte, registró los periodos de floración y fructificación de 62 especies de plantas herbáceas y arbustivas en el Parque Ecológico de la Ciudad de México (P.E.C.M.) localizado en la parte alta del Pedregal, en el Ajusco Medio. Dichas especies se distribuyen en cuatro tipos de vegetación: bosque cerrado, borde de bosque, matorral de *Sedum* y matorral perturbado. Encontró que el comportamiento fenológico reproductivo en la mayor parte de las especies fue estacional. En la época de lluvias se registró el mayor número de especies con flor (33 especies), en cambio, en la época de sequía de invierno se registró el menor número (diez especies). El 84% de las especies presentaron patrones estacionales, caracterizados principalmente por florecer una vez al año mientras que el 16% restante presentó periodos de floración continuos (con más de un periodo de floración a lo largo del año). Se observó el mayor número de especies con fruto en la época de sequía de invierno y el menor a principios de las lluvias. El 90% de las especies presentaron periodos de fructificación únicos y en el 10% restante los periodos fueron continuos. Se observó un claro desfase en los periodos de floración y fructificación de las especies con relación a la forma de crecimiento. La mayor parte de las herbáceas perennes (27 especies) presentaron flores en la época de lluvias, en tanto que el mayor número de herbáceas anuales (cuatro especies) en floración se encontró al final de la época de lluvias y principios de sequía de invierno. Los periodos de floración para la mayoría de los arbustos (10 especies), se registraron después de que la mayoría de las herbáceas florecieron, durante las sequías de invierno y de primavera. La fructificación de la mayoría de las especies de las tres formas de crecimiento se observó durante las sequías de invierno, encontrándose primero la fructificación de las herbáceas perennes (26 especies), luego las herbáceas anuales (cinco especies) y, por último, las arbustivas (diez especies). Tanto en las especies arbustivas como en las herbáceas anuales y perennes, el síndrome de dispersión dominante fue la anemocoria. En las zonas donde el proceso sucesional ha avanzado más, los periodos de floración y fructificación fueron cortos y estacionales. En estas zonas se encontró una mayor proporción de especies entomófilas y ornitófilas. El síndrome de dispersión predominante fue la zoocoria. En las zonas

con corta edad sucesional los periodos de floración y fructificación fueron largos y estacionales. Se registraron especies entomófilas, ornitófilas y anemófilas con un claro predominio de las primeras. El síndrome de dispersión que se presentó con mayor frecuencia fue la anemocoria así como un mayor número de especies de herbáceas perennes.

Figueroa-Castro (1997) estudió la producción de estructuras reproductivas y la fenología reproductiva de cinco especies de compuestas de la Reserva del Pedregal de San Ángel: *Eupatorium petiolare*, *Tagetes lunulata*, *Senecio praecox*, *Dahlia coccinea* y *Verbesina virgata*. En las tres últimas se estudio también la variación de estos rasgos entre sitios con condiciones lumínicas contrastantes. La producción de estructuras reproductivas fue mayor en el sitio abierto en *D. coccinea*, en el sombreado en *S. praecox* y no difirió entre sitios en *V. virgata*. La fenología reproductiva de *V. virgata* y *D. coccinea* fue distinta entre sitios, pero no la de *S. praecox*. Las especies que florecieron en la temporada de sequía tuvieron un periodo reproductivo más corto que las que lo hicieron en lluvias o a finales de éstas.

En el presente estudio se pretende determinar la fenología reproductiva de la comunidad vegetal de la Reserva del Pedregal de San Ángel. Para ello se considerará a la mayoría de las especies vegetales de la comunidad de la parte baja del Pedregal (de 2270 a 2315 m s.n.m.), ya que los pocos estudios que se han hecho de fenología reproductiva en la Reserva han abarcado pocas especies, por lo que su relación con variables ambientales como temperatura y precipitación no ha sido clara. Por otro lado, el estudio de la fenología reproductiva en ambientes contrastantes ha sido abordado para pocas especies. Se requiere explorar por qué existen grupos de especies que comparten patrones de fenología reproductiva, lo cual permitirá entender mejor las relaciones entre la dinámica de la vegetación en este sitio y los factores que la controlan. Este tipo de datos constituiría una base más sólida para entender ciertos aspectos dinámicos, en particular, de las poblaciones de animales que dependen de las flores y frutos ofrecidos por la comunidad vegetal. Además este estudio permitiría generar hipótesis sobre aspectos evolutivos y de desarrollo.

II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

El presente trabajo pretende conocer la relación existente entre la fenología reproductiva de la comunidad vegetal de la Reserva del Pedregal de San Ángel con la precipitación, la temperatura, la heterogeneidad ambiental, la forma de crecimiento y el síndrome de dispersión.

Los objetivos particulares de este trabajo son:

1. Conocer la fenología de la floración y la fructificación de la comunidad vegetal de la Reserva del Pedregal de San Ángel.
2. Determinar la relación de los patrones fenológicos reproductivos con la precipitación y la temperatura
3. Determinar la relación de los patrones fenológicos reproductivos con la heterogeneidad ambiental, mediante la comparación de estos patrones tanto en sitios abiertos como en sitios sombreados.
4. Describir la relación de los patrones fenológicos reproductivos con la forma de crecimiento y el síndrome de dispersión.
5. Conocer las especies dominantes (en términos de cobertura y frecuencia) en el periodo de estudio y determinar su papel sobre la fenología reproductiva de las especies no dominantes.

Las hipótesis involucradas son las siguientes:

- a) Considerando que en los lugares dominados por climas marcadamente estacionales, la mayor disponibilidad de recursos se presenta durante periodos cortos asociados a la época de lluvia, entonces se espera que la mayoría de especies florezcan en esta época y por periodos cortos.
- b) Dado que las especies con diásporas anemócoras requieren de condiciones de sequía, la incidencia de fuertes vientos y una baja cobertura de la vegetación para dispersarse, y que la floración de estas especies ocurre al comienzo de la época de lluvia, ya que los

frutos requieren del arribo de la época de sequía para su dispersión. Es posible esperar que el periodo de fructificación sea más largo que el de floración.

- c) Es posible que la forma de crecimiento y la precipitación sean determinantes en la fenología reproductiva, ya que las herbáceas que son estrictamente anuales inician su ciclo de vida en condiciones de disponibilidad de ciertos niveles mínimos de agua en el suelo, por lo que estas especies pueden presentar una respuesta inmediata al comenzar la época de lluvia. Mientras que las especies que tienen una estructura de perennación en la que pueden almacenar recursos pueden iniciar procesos fenológicos reproductivos tardíamente ante la incidencia de las lluvias; por otra parte, las especies arbustivas pueden acumular recursos en la época de lluvia para florecer a finales de ésta, o bien en plena temporada de sequía.
- d) Se espera que un incremento en la temperatura esté positivamente correlacionado con el incremento en el número de especies en floración.
- e) Es posible que las especies presentes en sitios sombreados presenten una fenología reproductiva diferente respecto a las especies presentes en sitios abiertos, ya que los sitios sombreados al presentar mayores niveles de humedad, sobre todo al finalizar la época de lluvia, permiten que se continúe el proceso de producción de flores, además de que la polinización es menos efectiva por la menor visibilidad que puedan tener los polinizadores o por el menor movimiento de polen por el viento, por lo que se espera que la duración de los periodos de floración sea más prolongada en sitios sombreados que en los abiertos. También, al presentar los sitios sombreados una mayor cobertura de la vegetación dificulta la dispersión sobre todo de las especies anemócoras, por lo que se espera que la duración de los periodos de fructificación también se alargue.
- f) Se espera que la fenología floral de las plantas dominantes determine la fenología de las plantas no dominantes, al concentrar las primeras visitas de los polinizadores, por la mayor producción de flores.

III. SITIO DE ESTUDIO

La Reserva del Pedregal de San Ángel, que en lo sucesivo se denominará la Reserva, está cubierta por una asociación vegetal denominada por Rzedowski (1954) como *Senecionetum praecosis*, donde las especies dominantes son *Verbesina virgata* y *Muhlenbergia robusta* (Cano-Santana, 1994a).

Petrógraficamente las lavas del Pedregal, del cual la Reserva forma parte, pueden clasificarse como basalto de olivino con microcristales (Rzedowski, 1954). La lava al solidificarse, originó una alta heterogeneidad espacial en forma de hondonadas, hoyos, grietas y planos (Valiente-Banuet y de Luna, 1990). El espesor de las lavas basálticas del Pedregal, en general, varía entre 50 cm y 10 m (Enciso, 1979).

Los suelos que se encuentran por encima de la capa de lava son principalmente de origen eólico y orgánico, aunque otras fuentes de partículas de menor importancia podrían ser los productos de degradación del mismo basalto, así como acarreos de origen aluvial o humano (Rzedowski, 1954). Cano-Santana (1994b) sugiere que la variación topográfica en el Pedregal tiene efectos profundos sobre las tasas de acumulación de suelo. En los sitios abruptos, la tasa de acumulación de suelo podría ser mayor, en tanto que en los sitios más planos los suelos son más someros, puesto que el suelo se pierde más fácilmente o se distribuye de manera más homogénea. Este autor concluyó lo anterior basándose en varias evidencias que apoyan esto: (1) la biomasa y la productividad primaria neta aérea (PPNA) de las herbáceas es mayor en los sitios planos que en los abruptos; (2) la biomasa y PPNA de los árboles es mayor en los sitios abruptos que en los planos; y (3) en sitios con suelo más profundo la altura de la vegetación es mayor (Z. Cano-Santana, datos no publicados). Estudios preliminares han mostrado que la profundidad promedio del suelo en la parte baja del derrame del Xitle, correspondiente a la Reserva, es de 4.50 ± 0.27 cm (intervalo 0-40.0 cm) (Cano-Santana y Meave, 1996). Los suelos son arenoso-limosos moderadamente ácidos, poseen gran cantidad de materia orgánica, de potasio y de calcio y son pobres en nitrógeno y fósforo aprovechables (Rzedowski, 1954).

El clima de la Reserva, según la clasificación de Köppen modificada por García (1964), es Cb(w1)(w) correspondiente a un templado subhúmedo con régimen de lluvias en verano. Al analizar los datos de precipitación y temperatura de 1963 a 1997 del Observatorio Meteorológico de la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM (Camacho *et al.*, 1993a, b, c, d; Apéndice 1), que se localiza dentro de Ciudad Universitaria (19°19'50" N, 99°11'03" O y 2278 m s.n.m.) ubicado al N de la Reserva, se encontró que la temperatura media anual es de 16.1°C con variaciones extremas que van de los -5 a los 33°C y con una precipitación promedio anual de 835.2 mm con variaciones que van de los 609.6 mm (en 1982) a 1124.7 mm (en 1976). La época de lluvias se inicia en forma moderada en mayo, tiene un valor máximo en julio (177.0 mm) y en octubre la precipitación desciende notablemente. De noviembre a abril los niveles de precipitación se mantienen bajos, que es cuando ocurre la época de sequía, y es febrero donde se registra el nivel más bajo de precipitación (4.0 mm). Al inicio de la época de lluvias, en mayo, es cuando se registra la temperatura más alta (18.5°C), aunque durante toda la época de lluvias se registra temperatura de entre 16.2 y 18.5°C, y es en enero cuando se presenta la temperatura más baja (12.4°C) (Fig. 1).

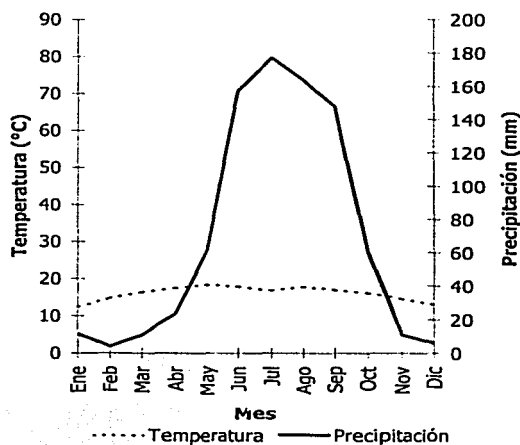


Figura 1. Climograma de la Reserva del Pedregal de San Ángel (1963-1997).

Al comparar estos datos con los reportados por otros autores, se observa que la temperatura media a mostrado un ligero aumento [+1.2 °C respecto al estudio de Rzedowski (1954)], las variaciones extremas de la temperatura se encuentran dentro de los valores reportados por Rzedowski (1954) y Valiente-Banuet y de Luna (1990) (Tabla 2). Por otro lado, la precipitación anual ha mostrado una disminución [-35 mm respecto al estudio de Soberón *et al.* (1991)] (Tabla 2). Rzedowski (1954) reportó la temporada de lluvias de mayo a octubre y la de sequía de noviembre a abril, al igual que lo encontrado en este trabajo.

Tabla 2. Comparación de algunos factores climatológicos reportados para la Reserva del Pedregal de San Ángel. **pp**= precipitación, **T°**= temperatura media anual. n.d.= no hay datos

Referencia	pp anual (mm)	Variaciones en la pp	T° media (°C)	Variaciones extremas de la T°	Periodo de estudio
Rzedowski (1954)	733.2	n.d.	14.9	-7.7 a 33.0	1936 a 1950
Valiente-Banuet y de Luna (1990)	870.0	n.d.	15.5	-6.0 a 34.6	n.d.
Soberón et al. (1991)	870.2	815 a 926	15.4	n.d.	1954 a 1987
Este estudio	835.2	610 a 1125	16.1	-5.0 a 33.0	1963 a 1997

En la Reserva predomina un estrato herbáceo bien desarrollado, un estrato arbustivo ligeramente menos importante y pocos elementos arbóreos (Valiente-Banuet y de Luna, 1990).

El Pedregal ha sido considerado como un sitio de alta diversidad vegetal, debido a la posición que tiene el Valle de México entre dos zonas biogeográficas y a la heterogeneidad del sustrato, el cual produce mosaicos con condiciones microclimáticas distintas, permitiendo el establecimiento de una gran cantidad de especies con diferentes requerimientos ambientales (Alvarez *et al.*, 1982). A pesar de lo reducido de su extensión actual, se calcula que la diversidad biológica de la Reserva incluye entre 1500 y 3000 especies (Soberón *et al.*, 1991). Actualmente se han identificado 301 especies de fanerógamas agrupadas en 61 familias (Valiente-Banuet y De Luna, 1990). En cuanto a la fauna se refiere, los datos más recientes indican la existencia de 22 especies de mamíferos, 106 de aves, diez de reptiles, tres de anfibios y aproximadamente 47 especies de arañas (Ibarra, 1979; Alvarez *et al.*, 1982; Arizmendi *et al.*, 1994; Negrete y Soberón, 1994). Alvarez *et al.* (1982) mencionan que dentro

de la Reserva también se pueden encontrar endemismos y especies en peligro de extinción, como es el caso de la cactácea *Mammillaria sanangelensis* y la orquídea *Bletia urbana*.

La zona donde se encuentra la Reserva es sumamente importante, ya que ésta es un área donde se filtra una cantidad significativa de agua que alimenta los mantos acuíferos, gracias a la composición basáltica y/o andesítica del sustrato y a la presencia de fracturas que hace a los suelos sumamente permeables (Imaz, 1991).

La Reserva tiene una gran importancia desde el punto de vista científico, cultural y de conservación de áreas naturales. Su potencial como modelo para el estudio de la sucesión, de la ecología de comunidades, de los procesos de extinción de especies y de la biogeografía insular, entre otros aspectos, es muy grande. Por otra parte, dado el grado de alteración ecológica en la cuenca de México, la Reserva puede constituir un área importante en la conservación dada su riqueza biológica, ya que es probable que una gran parte de las especies antes extendidas por la cuenca ya sólo se encuentren representadas en este lugar (Alvarez *et al.*, 1982; Soberón *et al.*, 1991).

IV. MÉTODOS

4.1. Selección de sitios

Se ubicaron diez sitios de muestreo circulares de 10 m de diámetro, en la Reserva (Fig. 2), cinco en ambientes abiertos y cinco en ambientes sombreados, cada sitio abierto seleccionado se separaba de uno sombreado por 200-300 m. Los sitios sombreados se ubicaron en zonas que presentaban una gran cobertura de plantas arbóreas y arbustivas, entre las que se encuentran *Dodonaea viscosa*, *Eysenhardtia polystachya*, *Buddleia cordata*, *Buddleia parviflora* y *Pinus* sp. Los sitios abiertos, en contraste, se seleccionaron por no presentar un estrato arbóreo desarrollado.

4.2. Fenología reproductiva

Se registró quincenalmente la fenología reproductiva de todas las especies herbáceas, arbustivas y arbóreas de cada sitio en el periodo comprendido entre diciembre de 1996 y noviembre de 1997. En cada fecha de observación se examinaron todos los individuos que se encontraban en cada sitio para determinar la presencia o ausencia de flores y frutos maduros.

Se consideraron flores maduras a aquellas que se encontraban en el momento de la antesis y frutos maduros, a aquellos con semillas listas para la dispersión. En las plantas con frutos carnosos la madurez fue determinada por el tamaño y la coloración de acuerdo con las descripciones de Rzedowski y Rzedowski (1979, 1985, 1990). Con los datos obtenidos se elaboró un fenograma global de la comunidad vegetal de la Reserva. En el fenograma existieron quincenas (una o dos) en las cuales en los sitios de estudio no se registraron flores o frutos maduros en algunas especies, pero sí en los alrededores, por lo cual la floración y la fructificación se registraron como positivos.

En cada registro, se colectaron ejemplares de las especies observadas en los sitios de estudio. Estas colectas se realizaron en zonas aledañas a los sitios de muestreo, para su posterior determinación.

Se clasificó el patrón fenológico reproductivo de todas las especies según la época y la duración de sus periodos de floración y de fructificación. La época y la duración de

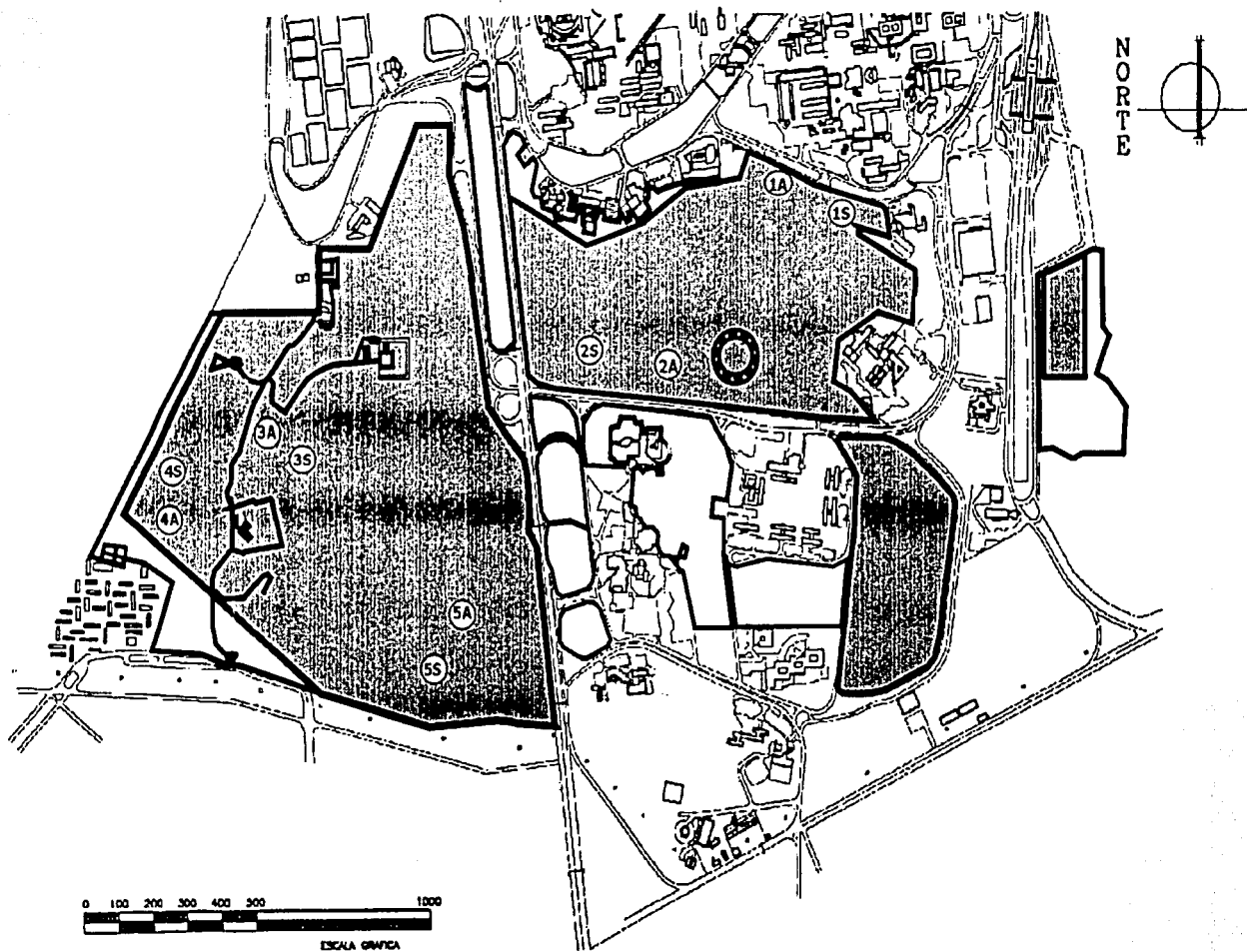


Figura 2. Ubicación de los diez sitios de muestreo en la reserva del Pedregal de San Ángel.
■ Reserva Ecológica. A= abierto, S= sombreado.

los patrones fenológicos se definieron arbitrariamente de acuerdo con las frecuencias de duración registradas (cf. Fig. 4 más adelante). De acuerdo con la época se clasificaron en: (a) de sequía, cuando el 50% o menos de su periodo de floración o fructificación ocurrió en lluvias; (b) intermedio, cuando del 51 al 70% de su periodo de floración o fructificación ocurrió dentro de la temporada de lluvias y; (c) de lluvias, cuando del 71 al 100% del periodo de floración o fructificación de la especie ocurrió en esta época. De acuerdo con la duración, los patrones reproductivos se clasificaron en: (a) de duración corto, cuando la floración o fructificación ocurrió en un periodo menor a cinco meses; (b) de duración largo, cuando estos ocurrieron en un periodo de entre cinco y diez meses; y (c) todo el año, cuando la floración o fructificación se llevó a cabo en un periodo de once a doce meses.

Para obtener los porcentajes en los cuales un periodo reproductivo [de floración (f) o fructificación (fr)] de cada especie i ocurrió en lluvias o sequía, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ del periodo de } f \text{ ó } fr \text{ en lluvias (o sequía) de la especie } i = 100 \left[\frac{\text{Núm. de quincenas que } f \text{ ó } fr \text{ en lluvias (o sequía)}}{\text{Núm. total de quincenas en } f \text{ ó } fr \text{ de la especie } i} \right]$$

De acuerdo a lo anterior, se obtuvieron siete patrones para la floración: *lluvias-corto*, *lluvias-largo*, *intermedio-corto*, *intermedio-largo*, *sequía-corto*, *sequía-largo* y *todo el año*. De la misma manera, se obtuvieron siete patrones para la fructificación.

Para comparar la duración del periodo de floración con el de fructificación de las especies de la comunidad vegetal de la Reserva, se aplicó una prueba de t para muestras independientes (Zar, 1984), para lo cual se consideraron los datos de todas las especies estudiadas. También se aplicó una prueba de t para muestras pareadas (Zar, 1984), en la cual se consideraron sólo los datos de las especies que presentaron tanto flores como frutos maduros. Por otro lado, se determinó la relación entre el evento reproductivo (floración y fructificación) y su duración (en meses) con una prueba de χ^2 , donde las frecuencias esperadas se calcularon con una tabla de contingencia de 2 (eventos reproductivos) \times 12 (meses de duración) (Zar, 1984).

De igual forma se determinó la relación entre el evento reproductivo (floración y fructificación) y el número de especies de cada uno de los siete patrones con un prueba de

χ^2 . Los valores esperados se calcularon con una tabla de contingencia de 2 (eventos reproductivos) \times 7 (patrones fenológicos) (Zar, 1984).

Se comparó el patrón temporal que describe el número de especies en floración por quincena en sitios abiertos y en sombreados con una prueba de χ^2 , en la que se calcularon los valores esperados con una tabla de contingencia de 2 (tipos de sitio) \times 24 (quincenas) (Zar, 1984). Un análisis similar se realizó para comparar el patrón de fructificación entre tipos de sitio. También se realizaron pruebas de t pareadas (Zar, 1984) para comparar la duración de los periodos de floración y fructificación entre tipos de sitio, para ello sólo se tomaron en cuenta a diez especies que se encontraron presentes en todos los sitios de estudio. Por otra parte se comparó a las especies presentes en sitios abiertos con las especies que se encontraron en sitios sombreados. Para ello se calculó el índice de similitud de Sorensen (S):

$$S = \frac{2C}{A+B} * 100$$

donde C es el número de especies compartidas entre tipo de sitios, A es el número de especies de los sitios abiertos y B es la riqueza específica de los sitios sombreados.

Se comparó la relación entre la forma de crecimiento y el número de especies en floración de cada uno de los siete patrones con una prueba de χ^2 , calculando los valores esperados mediante una tabla de contingencia de 2 (formas de crecimiento) \times 2 (patrones fenológicos) (Zar, 1984). Lo anterior también se realizó para comparar la forma de crecimiento y el número de especies en fructificación de cada patrón.

Por otro lado, los patrones de fructificación fueron relacionados con el síndrome de dispersión. Los síndromes de dispersión de cada especie se obtuvieron de deducciones personales a partir del análisis de la morfología de las diásporas, de la información proporcionada por N. Diego y J. Jiménez (Facultad de Ciencias, UNAM) y de Van Der Pijl (1972), Cronquist (1977), Weir (1979), Sánchez-Garfias *et al.* (1991), Meave *et al.* (1994), Martínez (1997), Van Rheede y Van Rooyen (1999). Se determinó la relación entre el síndrome de dispersión y el número de especies de cada patrón fenológico de fructificación

con una prueba de χ^2 , obteniendo los valores esperados mediante una tabla de contingencia de 3 (síndromes) \times 2 (patrones de fructificación).

Se comparó la relación entre el síndrome de dispersión y el número de especies en fructificación de cada una de las formas de crecimiento con una prueba de χ^2 , calculando los valores esperados mediante una tabla de contingencia de 3 (síndromes) \times 3 (formas de crecimiento) (Zar, 1984).

Se determinó la relación entre el tipo de especie (dominante y no dominante; ver 4.4.) y el número de especies en floración en cada quincena con un prueba de χ^2 . Los valores esperados se calcularon con una tabla de contingencia de 2 (tipos de especie) \times 24 (quincenas) (Zar, 1984).

4.3. Precipitación y temperatura

Con el objeto de encontrar la relación entre factores físicos y los periodos de floración y fructificación de las plantas, se obtuvieron los registros mensuales de temperatura y precipitación del año de estudio, los cuales fueron proporcionados por el Observatorio Meteorológico de la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM, que se localiza dentro de la Ciudad Universitaria (19°19'50" N, 99°11'03" O y 2278 m s.n.m.) ubicado al N de la Reserva.

4.4. Estructura de la comunidad

Para conocer el patrón de cambio de la estructura de la comunidad a lo largo del período de estudio, así como para reconocer a las especies dominantes, se utilizó el método de línea de Canfield (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974). Para ello se colocaron en cada sitio cuatro líneas permanentes de 10 m cada una, con direcciones N-S, E-O, NO-SE y NE-SO. Se midió cada metro la cobertura de las plantas que presentaron hojas verdes, flores y frutos activos. Se realizaron en total cinco muestreos: en febrero, mayo, julio, septiembre y noviembre de 1997. La desventaja de este método radica en que se sobreestima la cobertura de la especie que se localiza en el centro del círculo.

Se obtuvo el valor de importancia (**VI**) (Muller-Dombois y Ellenberg, 1974) de cada especie, tomando en cuenta la cobertura relativa (**Cob, %**), y la frecuencia relativa (**Frec, %**) de cada especie *i*, para conocer cuales son las dominantes mediante la siguiente ecuación: $VI_i = Cob_i + Frec_i$

$$\text{donde } Cob_i = \frac{\text{Cobertura absoluta (en cm) de la especie } i \times 100}{\sum_{i=1}^S \text{Cobertura absoluta}}$$

$$\text{y } Frec_i = \frac{\text{Frecuencia absoluta de la especie } i \times 100}{\sum_{i=1}^S \text{Frecuencia absoluta}}$$

Se consideraron como especies dominantes, a las diez especies que tuvieran los mayores valores de **VI** en cada muestreo.

V. RESULTADOS

5.1. Patrones generales

Durante el año de estudio se registraron 144 especies de plantas (Apéndice 2), las cuales representan el 47.8% de la flora existente calculada para la Reserva (Valiente-Banuet y De Luna, 1990). De éstas, sólo 125 presentaron tanto flores como frutos maduros, 142 sólo presentaron flores maduras y 127 sólo frutos maduros (Tabla 3). Las familias con mayor número de especies fueron: Asteraceae (34 especies), Poaceae (16 especies), Fabaceae (6 especies) y Orchidaceae (5 especies).

La mayoría de las plantas florecieron entre junio y noviembre (Fig. 3). El pico de floración ocurrió en septiembre, registrándose el 61.1% de especies con flores maduras (Fig. 3). Entre diciembre y mayo se registraron los menores porcentajes de especies en floración, los cuales variaron entre el 5.5%, registrado en febrero, hasta el 21.5%, registrado en mayo (Fig. 3). El mayor número de especies con frutos maduros se registró en noviembre (60.4%), y el porcentaje más bajo se registró en mayo y julio, que fue de 13.1%. Durante todo el año fue posible encontrar alguna especie con flor o fruto maduros.

La duración de los periodos de fructificación fue significativamente más prolongada que la duración de los periodos de floración (Tabla 4); sin embargo, no se encontraron diferencias al comparar la distribución de frecuencias de la duración de los periodos de floración con los de la fructificación ($\chi^2 = 11.226$, $g.l. = 11$, $P > 0.25$; Fig. 4).

5.2. Clasificación de los patrones de floración y fructificación

Considerando la época y la duración de los periodos de floración y de fructificación de todas las especies, estos se clasificaron en siete patrones generales: *lluvias-largo*, *lluvias-corto*, *intermedio-largo*, *intermedio-corto*, *sequía-largo*, *sequía-corto* y *todo el año* (Tablas 5 y 6). Las distribuciones de frecuencias de especies en floración (Fig. 5A) y fructificación (Fig. 5B) en relación a sus patrones fueron significativamente diferentes ($\chi^2 = 47.7$, $g.l. = 6$, $P < 0.01$; Fig. 5). La mayoría de las especies (55.6%) florecieron durante la época de lluvias en periodos cortos, como *Cosmos bipinnatus*, *Muhlenbergia glabrata*, *Montanoa tomentosa*

Tabla 3. Periodos de floración y fructificación de la comunidad vegetal de la Reserva del Pedregal de San Ángel en un estudio realizado entre diciembre de 1996 y noviembre de 1997. Las especies están ordenadas de acuerdo a las fechas de fructificación.

ESPECIES	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.
<i>Tagetes micrantha</i>												
<i>Tradescantia crassifolia</i>												
<i>Cosmos bipinnatus</i>												
<i>Drymaria glandulosa</i>												
<i>Muhlenbergia glabrata</i>												
<i>Passiflora subpeltata</i>												
<i>Gaudichaudia mucronata</i>												
<i>Gnaphalium oxyphyllum</i>												
<i>Gnaphalium canescens</i>												
<i>Opuntia tomentosa</i>												
<i>Aegopogon cenchroides</i>												
<i>Schizachyrium sanguineum</i>												
<i>Dalea zimapanica</i>												
<i>Buddleia cordata</i>												
<i>Iresine diffusa</i>												
<i>Setaria parviflora</i>												
<i>Piqueria trinervia</i>												
<i>Baccharis sp.</i>												
<i>Salvia liliifolia</i>												
<i>Eupatorium sp.</i>												
<i>Eupatorium pulchellum</i>												
<i>Tagetes lunulata</i>												
<i>Brickellia veronicifolia</i>												
<i>Stevia ovata</i>												
<i>Dodonaea viscosa</i>												
<i>Rhynchelytrum repens</i>												
<i>Salvia mexicana</i>												
<i>Stevia serrata</i>												
<i>Dioscorea galeottiana</i>												
<i>Ageratum corymbosum</i>												
<i>Arracacia toluensis</i>												
<i>Dahlia coccinea</i>												
<i>Manfreda brachystachya</i>												
<i>Verbesina virgata</i>												
<i>Lagascea rubra</i>												
<i>Baccharis sordescens</i>												
<i>Muhlenbergia robusta</i>												
<i>Stevia salicifolia</i>												
<i>Phytolacca icosandra</i>												
<i>Cardiospermum halicacabum</i>												
<i>Reseda luteola</i>												

sequía

lluvias

sequía

- Floración
- ▨ Fructificación
- - - Floración registrada en sitios adyacentes
- ▨ Fructificación registrada en sitios adyacentes

Tabla 3 (Continuación).

ESPECIES	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.
<i>Bouvardia ternifolia</i>											
<i>Montanoa tomentosa</i>											
<i>Tillandsia recurvata</i>											
<i>Echeveria gibbiflora</i>											
<i>Plumbago pulchella</i>											
<i>Buddleia parviflora</i>											
<i>Echeandia gracilis</i>											
<i>Penstemon campanulatus</i>											
<i>Loeselia mexicana</i>											
<i>Calochortus barbatus</i>											
<i>Eupatorium petiolare</i>											
<i>Portulaca mexicana</i>											
<i>Gonolobus uniflorus</i>											
<i>Villardia batesii</i>											
<i>Senecio praecox</i>											
<i>Senecio salignus</i>											
<i>Baccharis pteronioides</i>											
<i>Zephyranthes concolor</i>											
<i>Wigandia urens</i>											
<i>Solanum nigrescens</i>											
<i>Rubus liebmanni</i>											
<i>Deiregyne pyramidalis</i>											
<i>Portulaca pilosa</i>											
<i>Mesadenus polyanthus</i>											
<i>Prunus serotina</i>											
<i>Iresine calea</i>											
<i>Talinum humile</i>											
<i>Mammillaria magnimamma</i>											
<i>Metastelma angustifolium</i>											
<i>Coryza sophilifolia</i>											
<i>Cissus sicyoides</i>											
<i>Lepidium virginicum</i>											
<i>Euphorbia graminea</i>											
<i>Physalis orizabae</i>											
<i>Arenaria lanuginosa</i>											
<i>Asclepias linaria</i>											
<i>Microchloa kunthii</i>											
<i>Cyperus manimae</i>											
<i>Cyperus seslerioides</i>											
<i>Cyperus hermaphroditus</i>											
<i>Bulbostylis juncooides</i>											
<i>Aristida appressa</i>											
<i>Setaria grisebachii</i>											
<i>Eysenhardtia polystachya</i>											
<i>Aristida divaricata</i>											
<i>Panicum hallii</i>											
<i>Commelina tuberosa</i>											
<i>Leptochloa dubia</i>											
<i>Physalis philadelphica</i>											
<i>Halimolobos hispida</i>											
<i>Minuartia moehringioides</i>											
<i>Oenothera pubescens</i>											

sequía

lluvias

sequía

Tabla 3 (Continuación).

ESPECIES	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.
<i>Milla biflora</i>												
<i>Euphorbia dentata</i>												
<i>Tripogandra purpurascens</i>												
<i>Anoda cristata</i>												
<i>Sporobolus atrovirens</i>												
<i>Valeriana sorbifolia</i>												
<i>Evolvulus alsinoides</i>												
<i>Euphorbia oppositifolia</i>												
<i>Paspalum tenellum</i>												
<i>Geranium seemannii</i>												
<i>Senecio</i> sp.												
<i>Drymaria laxiflora</i>												
<i>Cuphea wrightii</i>												
<i>Euphorbia prostrata</i>												
<i>Bromus carinatus</i>												
<i>Malaxis myurus</i>												
<i>Phaseolus pluriflorus</i>												
<i>Crusea longiflora</i>												
<i>Bidens ferulifolia</i>												
<i>Bidens odorata</i>												
<i>Zinnia peruviana</i>												
<i>Heterosperma pinnatum</i>												
<i>Begonia gracilis</i>												
<i>Schikuhria pinnata</i>												
<i>Dyssodia papposa</i>												
<i>Brassica</i> sp.												
<i>Sicyos deppel</i>												
<i>Bidens</i> sp.												
<i>Florestina pedata</i>												
<i>Ipomoea purpurea</i>												
<i>Stenomynchos aurantiacus</i>												
<i>Tripsacum dactyloides</i>												
<i>Ipomoea</i> sp.												
<i>Diastatea micrantha</i>												
<i>Schiedeella llaveana</i>												
<i>Oxalis lunulata</i>												
<i>Hypoxis mexicana</i>												
<i>Oxalis corniculata</i>												
<i>Calliandra grandiflora</i>												
<i>Gladiolus</i> sp.												
<i>Gnaphalium stramineum</i>												
<i>Sedum oxypetalum</i>												
<i>Verbena carolina</i>												
<i>Ipomoea capillacea</i>												
<i>Macroptilium gibbosifolium</i>												
<i>Borreria verticillata</i>												
<i>Phaseolus leptostachyus</i>												
<i>Lamourouxia multifida</i>												
<i>Mirabilis jalapa</i>												
<i>Buchnera pusilla</i>												
<i>Lamourouxia dasyantha</i>												

sequía

lluvias

sequía

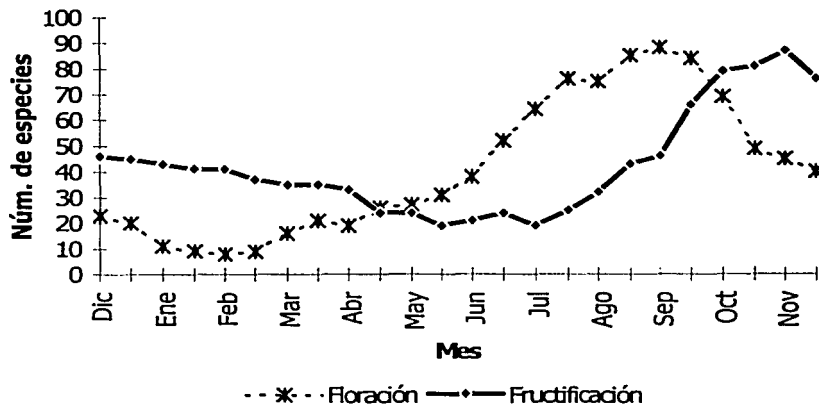


Figura 3. Número de especies en floración y fructificación en la Reserva del Pedregal de San Ángel durante el periodo de 1996-1997.

Tabla 4. Comparación de la duración de los periodos de floración y de fructificación de la comunidad vegetal de la Reserva del Pedregal de San Ángel. [Muestras independientes: $n = 142$ (floración) y $n = 127$ (fructificación); Muestras pareadas: $n = 125$ (floración y fructificación)].

Comparación	Duración (quincenas \pm e.e.)		t	g.l.	P
	Floración	Fructificación			
Muestras pareadas	7.0 \pm 0.4	8.0 \pm 0.5	18.555	124	<<0.001
Muestras independientes	6.7 \pm 0.4	8.0 \pm 0.5	19.396	267	<<0.001

y *Calochortus barbatus*, mientras que sólo el 14.1% floreció en lluvias durante un periodo largo, como *Aegopogon cenchroides*, *Rubus liebmannii*, *Portulaca pilosa* y *Florestina pedata* (Tabla 5, Fig. 5A). Durante la época de sequía el 15.5% de las especies presentó un periodo corto como *Drymaria glandulosa*, *Buddleia parviflora*, *Senecio praecox* y *Verbesina virgata*, y el 2.8% un periodo largo, como *Echeveria gibbiflora*, *Loeselia mexicana*, *Eupatorium petiolare* y *Wigandia urens* (Tabla 5, Fig. 5A).

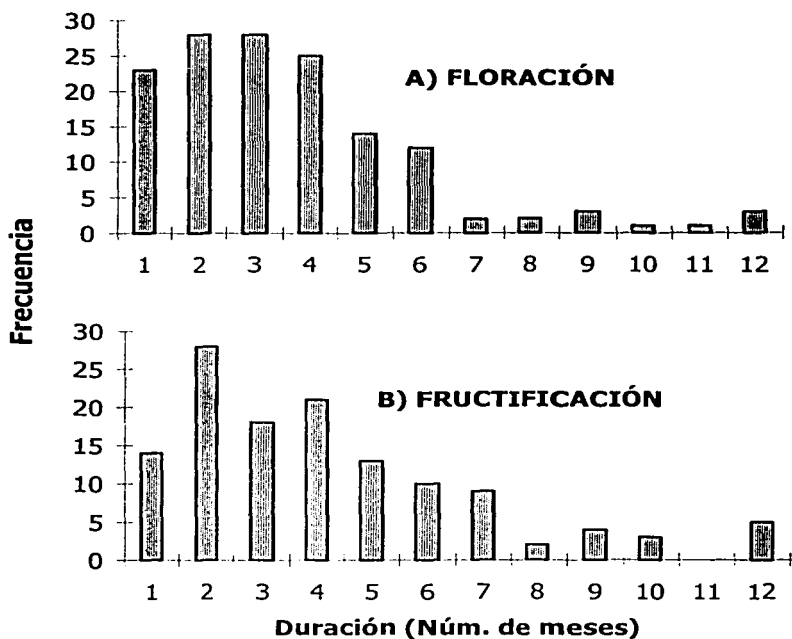


Figura 4. Duración de la floración (A, $N= 142$) y de la fructificación (B, $N= 127$) en la comunidad vegetal de la Reserva del Pedregal de San Ángel. Las distribuciones de frecuencias no variaron significativamente ($\chi^2= 11.226$, $g= 11$, $P>0.25$).

De manera intermedia floreció el 7.0% de las especies durante periodos largos, como *Passiflora subpeltata*, *Opuntia tomentosa*, *Buddleia cordata* y *Dodonaea viscosa*. El 2.1% floreció en un periodo intermedio y corto como *Salvia tiliifolia*, *Villadia batesii* y *Bidens ferulifolia* (Tabla 5, Fig. 5A). El 2.8% restante registró flores durante todo el año, tal como fue el caso de *Stevia salicifolia*, *Reseda luteola*, *Bouvardia ternifolia* y *Plumbago pulchella* (Tabla 5, Fig. 5A).

Tabla 5. Clasificación de las especies de toda la comunidad vegetal de la Reserva del Pedregal de San Ángel de acuerdo a la temporada y duración de la floración.

lluvias - largo

ESPECIES	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.
AMARYLLIDACEAE												
<i>Hypoxis mexicana</i>												
ASCLEPIADACEAE												
<i>Asclepias linaria</i>												
<i>Gonolobus uniflorus</i>												
<i>Metastelma angustifolium</i>												
ASTERACEAE												
<i>Florestina pedata</i>												
CONVOLVULACEAE												
<i>Evolvulus alsinoides</i>												
<i>Ipomoea sp.</i>												
CYPERACEAE												
<i>Cyperus hermaphroditus</i>												
EUPHORBIACEAE												
<i>Euphorbia prostrata</i>												
GERANIACEAE												
<i>Geranium seemannii</i>												
ONAGRACEAE												
<i>Oenothera pubescens</i>												
OXALIDACEAE												
<i>Oxalis corniculata</i>												
POACEAE												
<i>Aegopogon cenchrroides</i>												
PORTULACACEAE												
<i>Portulaca mexicana</i>												
<i>Portulaca pilosa</i>												
ROSACEAE												
<i>Rubus liebmannii</i>												
SAPINDACEAE												
<i>Cardiospermum halicacabum</i>												
SOLANACEAE												
<i>Physalis philadelphica</i>												
<i>Solanum nigrescens</i>												
VITACEAE												
<i>Cissus sicyoides</i>												

lluvias - corto

ESPECIES	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.
AMARYLLIDACEAE												
<i>Manfreda brachystachya</i>												
APIACEAE												
<i>Arracacia toluensis</i>												
ASTERACEAE												
<i>Ageratum corymbosum</i>												
<i>Baccharis pteronioides</i>												
<i>Bidens odorata</i>												
<i>Bidens sp.</i>												
<i>Senecio sp.</i>												

sequia

lluvias

sequia

— Floración

- - - - Floración registrada en sitios adyacentes

Tabla 5 (Continuación).

lluvias - corto

ESPECIES	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.
ASTERACEAE												
<i>Conyza sophilifolia</i>												
<i>Cosmos bipinnatus</i>												
<i>Dahlia coccinea</i>												
<i>Dyssodia papposa</i>												
<i>Gnaphallium oxyphyllum</i>												
<i>Gnaphallium stramineum</i>												
<i>Heterosperma pinnatum</i>												
<i>Montanoa tomentosa</i>												
<i>Schkuhria pinnata</i>												
<i>Stevia serrata</i>												
<i>Tagetes micrantha</i>												
<i>Zinnia peruviana</i>												
BEGONIACEAE												
<i>Begonia gracilis</i>												
BRASSICACEAE												
<i>Brassica</i> sp.												
<i>Halimolobos hispidula</i>												
<i>Lepidium virginicum</i>												
CACTACEAE												
<i>Mammillaria magnimamma</i>												
CARYOPHYLLACEAE												
<i>Arenaria lanuginosa</i>												
<i>Drymaria laxiflora</i>												
<i>Minuartia moehringioides</i>												
COMMELINACEAE												
<i>Commelina tuberosa</i>												
<i>Tradescantia crassifolia</i>												
<i>Tripogandra purpurascens</i>												
CONVOLVULACEAE												
<i>Ipomoea capillacea</i>												
<i>Ipomea purpurea</i>												
CRASSULACEAE												
<i>Sedum oxypetalum</i>												
CUCURBITACEAE												
<i>Sicyos deppoi</i>												
CYPERACEAE												
<i>Bulbostylis juncooides</i>												
<i>Cyperus manimae</i>												
<i>Cyperus seslerioides</i>												
DIOSCOREACEAE												
<i>Dioscorea galeottiana</i>												
EUPHORBIACEAE												
<i>Euphorbia dentata</i>												
<i>Euphorbia graminea</i>												
<i>Euphorbia oppositifolia</i>												
FABACEAE												
<i>Calliandra grandiflora</i>												
<i>Eysenhardtia polystachya</i>												
<i>Macroptilium gibbosifolium</i>												
<i>Phaseolus leptostachyus</i>												
<i>Phaseolus pluriflorus</i>												

sequía

lluvias

sequía

Tabla 5 (Continuación).

lluvias - corto

ESPECIES	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.
IRIDACEAE												
<i>Gladiolus</i> sp.								—				
LILIACEAE												
<i>Calochortus barbatus</i>								—				
<i>Echeandia gracilis</i>								—				
<i>Milla biflora</i>								—				
LYTHRACEAE												
<i>Cuphea wrightii</i>								—				
MALPIGHIACEAE												
<i>Gaudichaudia mucronata</i>								—				
MALVACEAE												
<i>Anoda cristata</i>									—			
NYCTAGINACEAE												
<i>Mirabilis jalapa</i>									—			
ORCHIDACEAE												
<i>Deiregyne pyramidalis</i>										—		
<i>Malaxis myurus</i>											—	
<i>Stenorrhynchos aurantiacus</i>												—
OXALIDACEAE												
<i>Oxalis lunulata</i>							—					
POACEAE												
<i>Aristida divaricata</i>												—
<i>Aristida appressa</i>												—
<i>Bromus carinatus</i>												—
<i>Leptochloa dubia</i>												—
<i>Microchloa kunthii</i>												—
<i>Muhlenbergia glabrata</i>												—
<i>Muhlenbergia robusta</i>												—
<i>Panicum hallii</i>												—
<i>Paspalum tenellum</i>												—
<i>Schizachyrium sanguineum</i>												—
<i>Setaria grisebachii</i>												—
<i>Setaria parviflora</i>												—
<i>Sporobolus atrovirens</i>												—
<i>Tripsacum dactyloides</i>												—
PORTULACACEAE												
<i>Talinum humile</i>												—
RUBIACEAE												
<i>Borreria verticillata</i>												—
<i>Crusea longiflora</i>												—
SCROPHULARIACEAE												
<i>Lamourouxia multifida</i>												—
SOLANACEAE												
<i>Physalis orizabae</i>												—
VALERIANACEAE												
<i>Valeriana sorbilfolia</i>												—
VERBENACEAE												
<i>Verbena carolina</i>												—

sequía - corto

ESPECIES	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.
AMARANTACEAE												
<i>Iresine calea</i>												
AMARYLLIDACEAE												
<i>Zephyranthes concolor</i>												

sequía

lluvias

sequía

Tabla 5 (Continuación).

sequía - corto

ESPECIES	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.
ASTERACEAE												
<i>Baccharis</i> sp.												
<i>Brickellia veronicifolia</i>												
<i>Eupatorium pulchellum</i>												
<i>Eupatorium</i> sp.												
<i>Gnaphalium canescens</i>												
<i>Piqueria trinervia</i>												
<i>Tagetes lunulata</i>												
<i>Senecio praecox</i>												
<i>Senecio salignus</i>												
<i>Stevia ovata</i>												
<i>Verbesina virgata</i>												
CAMPANULACEAE												
<i>Diastatea micrantha</i>												
CARYOPHYLLACEAE												
<i>Drymaria glandulosa</i>												
FABACEAE												
<i>Dalea zimapanica</i>												
LOGANIACEAE												
<i>Buddleia parviflora</i>												
ORCHIDACEAE												
<i>Mesadenus polyanthus</i>												
<i>Schiedeella llaveana</i>												
ROSACEAE												
<i>Prunus serotina</i>												
SCROPHULARIACEAE												
<i>Buchnera pusilla</i>												
<i>Lamourouxia dasyantha</i>												

sequía - largo

ESPECIES	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.
ASTERACEAE												
<i>Eupatorium petiolare</i>												
CRASSULACEAE												
<i>Echeveria gibbiflora</i>												
HYDROPHYLLACEAE												
<i>Wigandia urens</i>												
POLEMONIACEAE												
<i>Loeselia mexicana</i>												

intermedio - corto

ESPECIES	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.
ASTERACEAE												
<i>Bidens ferulifolia</i>												
CRASSULACEAE												
<i>Villadia batesii</i>												
LAMIACEAE												
<i>Salvia tillifolia</i>												

intermedio - largo

ESPECIES	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.
CACTACEAE												
<i>Opuntia tomentosa</i>												
PASSIFLORACEAE												
<i>Passiflora subpeltata</i>												

sequía

lluvias

sequía

Tabla 5 (Continuación).

Intermedio - largo

ESPECIES	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.
AMARANTACEAE												
<i>Iresine diffusa</i>												
ASTERACEAE												
<i>Baccharis sordescens</i>												
<i>Lagascea rubra</i>												
LAMIACEAE												
<i>Salvia mexicana</i>												
LOGANIACEAE												
<i>Buddleia cordata</i>												
PHYTOLACCACEAE												
<i>Phytolacca icosandra</i>												
POACEAE												
<i>Rhynchelytrum repens</i>												
SAPINDACEAE												
<i>Dodonaea viscosa</i>												

todo el año

ESPECIES	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.
ASTERACEAE												
<i>Stevia salicifolia</i>												
PLUMBAGINACEAE												
<i>Plumbago pulchella</i>												
RESEDACEAE												
<i>Reseda luteola</i>												
RUBIACEAE												
<i>Bouvardia ternifolia</i>												

sequía

lluvias

sequía

Tabla 6. Clasificación de las especies de toda la comunidad vegetal de la Reserva del Pedregal de San Ángel de acuerdo a la temporada y duración de la fructificación.

lluvias - largo

ESPECIES	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.
ASCLEPIADACEAE												
<i>Metastelma angustifolium</i>								██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
BRASSICACEAE												
<i>Lepidium virginicum</i>								██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
CYPERACEAE												
<i>Bulbostylis juncoides</i>								██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
<i>Cyperus hermaphroditus</i>								██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
<i>Cyperus maniluae</i>								██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
<i>Cyperus seslerioides</i>								██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
PORTULACACEAE												
<i>Portulaca mexicana</i>				██████████	██████████							
<i>Talinum humile</i>								██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
ROSACEAE												
<i>Rubus liebmanni</i>								██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
SOLANACEAE												
<i>Solanum nigrescens</i>							██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
VITACEAE												
<i>Cissus sicyoides</i>								██████████	██████████	██████████	██████████	██████████

lluvias - corto

ESPECIES	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.
AMARANTACEAE												
<i>Iresine caelea</i>							██████████					
AMARYLLIDACEAE												
<i>Zephyranthes concolor</i>							██████████					
ASCLEPIADACEAE												
<i>Asclepias linaria</i>								██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
ASTERACEAE												
<i>Senecio</i> sp.										██████████	██████████	██████████
<i>Conyza sophiifolia</i>								██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
BRASSICACEAE												
<i>Halimolobos hispida</i>									██████████	██████████	██████████	██████████
CACTACEAE												
<i>Mammillaria magnimamma</i>								██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
CARYOPHYLLACEAE												
<i>Arenaria lanuginosa</i>								██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
<i>Minuartia moehringioides</i>									██████████	██████████	██████████	██████████
COMMELINACEAE												
<i>Commelina tuberosa</i>									██████████	██████████	██████████	██████████
<i>Tripogandra purpurascens</i>										██████████	██████████	██████████
CONVOLVULACEAE												
<i>Evolvulus alsinoides</i>										██████████	██████████	██████████
EUPHORBIACEAE												
<i>Euphorbia dentata</i>										██████████	██████████	██████████
<i>Euphorbia graminea</i>										██████████	██████████	██████████
<i>Euphorbia oppositifolia</i>										██████████	██████████	██████████

Fructificación
 Fructificación registrada en sitios adyacentes

sequía
 lluvias
 sequía

Tabla 6 (Continuación).

lluvias - corto

ESPECIES	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.
FABACEAE												
<i>Eysenhardtia polystachya</i>												
<i>Phaseolus pluriflorus</i>												
GERANIACEAE												
<i>Geranium seemannii</i>												
HYDROPHYLLACEAE												
<i>Wigandia urens</i>												
LILIACEAE												
<i>Milla biflora</i>												
MALVACEAE												
<i>Anoda cristata</i>												
ORCHIDACEAE												
<i>Deiregyne pyramidalis</i>												
<i>Mesadenus polyanthus</i>												
POACEAE												
<i>Aristida appressa</i>												
<i>Aristida divaricata</i>												
<i>Leptochloa dubia</i>												
<i>Microchloa kunthii</i>												
<i>Panicum hallii</i>												
<i>Paspalum tenellum</i>												
<i>Setaria grisebachii</i>												
<i>Sporobolus atrovirens</i>												
PORTULACACEAE												
<i>Portulaca pilosa</i>												
ROSACEAE												
<i>Prunus serotina</i>												
SOLANACEAE												
<i>Physalis orizabae</i>												
<i>Physalis philadelphica</i>												
VALERIANACEAE												
<i>Valeriana sorbifolia</i>												

sequía - largo

ESPECIES	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.
AMARYLLIDACEAE												
<i>Manfreda brachystachya</i>												
APIACEAE												
<i>Arracacia toluensis</i>												
ASTERACEAE												
<i>Ageratum corymbosum</i>												
<i>Brickellia veronicifolia</i>												
<i>Dahlia coccinea</i>												
<i>Eupatorium sp.</i>												
<i>Lagascea rubra</i>												
<i>Stevia ovata</i>												
<i>Stevia serrata</i>												
<i>Tagetes lunulata</i>												
<i>Verbesina virgata</i>												

sequía

lluvias

sequía

Tabla 6 (Continuación).

sequía - largo

ESPECIES	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.
BROMELIACEAE												
<i>Tillandsia recurvata</i>
CACTACEAE												
<i>Opuntia tomentosa</i>											
COMMELINACEAE												
<i>Tradescantia crassifolia</i>											
CRASSULACEAE												
<i>Echeveria gibbiflora</i>											
DIOSCOREACEAE												
<i>Dioscorea galeottiana</i>												
LAMIACEAE												
<i>Salvia mexicana</i>												
<i>Salvia tilifolia</i>												
LILIACEAE												
<i>Calochortus barbatus</i>												
<i>Echeandia gracilis</i>											
LOGANIACEAE												
<i>Buddleia cordata</i>												
PHYTOLACCACEAE												
<i>Phytolacca icosandra</i>												
PLUMBAGINACEAE												
<i>Plumbago pulchella</i>											
POACEAE												
<i>Aegopogon cenchroides</i>												
<i>Muhlenbergia robusta</i>												
<i>Rhynchelytrum repens</i>												
<i>Setaria parviflora</i>												
RUBIACEAE												
<i>Bouvardia ternifolia</i>											

sequía - corto

ESPECIES	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.
AMARANTACEAE												
<i>Baccharis sp.</i>												
<i>Bidens ferulifolia</i>												
<i>Bidens odorata</i>												
<i>Eupatorium pulchellum</i>												
<i>Iresine diffusa</i>												
<i>Montanoa tomentosa</i>											
<i>Piqueria trinervia</i>												
ASCLEPIADACEAE												
<i>Gonolobus uniflorus</i>												
ASTERACEAE												
<i>Bidens sp.</i>												
<i>Cosmos bipinnatus</i>											
<i>Dyssodia papposa</i>												
<i>Eupatorium petiolare</i>												
<i>Florestina pedata</i>												
<i>Gnaphalium canescens</i>												
<i>Gnaphalium oxyphyllum</i>												
<i>Heterosperma pinnatum</i>												
<i>Schkuhria pinnata</i>												
<i>Senecio salignus</i>												
<i>Tagetes micrantha</i>											
<i>Zinnia peruviana</i>												

sequía

lluvias

sequía

Tabla 6 (Continuación).

sequía - corto

ESPECIES	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.
BEGONIACEAE												
<i>Begonia gracilis</i>												
BRASSICACEAE												
<i>Brassica</i> sp.												
CAMPANULACEAE												
<i>Diastatea micrantha</i>												
CARYOPHYLLACEAE												
<i>Drymaria glandulosa</i>												
CONVOLVULACEAE												
<i>Ipomoea purpurea</i>												
<i>Ipomoea</i> sp.												
CRASSULACEAE												
<i>Villadia batesii</i>												
CUCURBITACEAE												
<i>Sicyos deppel</i>												
FABACEAE												
<i>Dalea zimapanica</i>												
LOGANIACEAE												
<i>Buddleia parviflora</i>												
MALPIGHIACEAE												
<i>Gaudichaudia mucronata</i>												
ORCHIDACEAE												
<i>Stenorrhynchos aurantiacus</i>												
POACEAE												
<i>Schizachyrium sanguineum</i>												
<i>Tripsacum dactyloides</i>												
POLEMONIACEAE												
<i>Loeselia mexicana</i>												
SCROPHULARIACEAE												
<i>Penstemon campanulatus</i>												

intermedio - corto

ESPECIES	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.
ASTERACEAE												
<i>Baccharis pteronioides</i>												
<i>Senecio praecox</i>												
CARYOPHYLLACEAE												
<i>Drymaria laxiflora</i>												
EUPHORBIACEAE												
<i>Euphorbia postrata</i>												
LYTHRACEAE												
<i>Cuphea wrightii</i>												
ONAGRACEAE												
<i>Oenothera pubescens</i>												
ORCHIDACEAE												
<i>Malaxis myurus</i>												
POACEAE												
<i>Bromus carinatus</i>												
RUBIACEAE												
<i>Crusea longiflora</i>												

sequía

lluvias

sequía

Tabla 6 (Continuación).

intermedio - largo

ESPECIES	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.
PASSIFLORACEAE												
<i>Passiflora subpeltata</i>												
POACEAE												
<i>Muhlenbergia glabrata</i>												

todo el año

ESPECIES	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.
ASTERACEAE												
<i>Baccharis sordescens</i>												
<i>Stevia salicifolia</i>												
RESEDACEAE												
<i>Reseda luteola</i>												
SAPINDACEAE												
<i>Cardiospermum hallicabum</i>												
<i>Dodonaea viscosa</i>												

sequia

lluvias

sequia

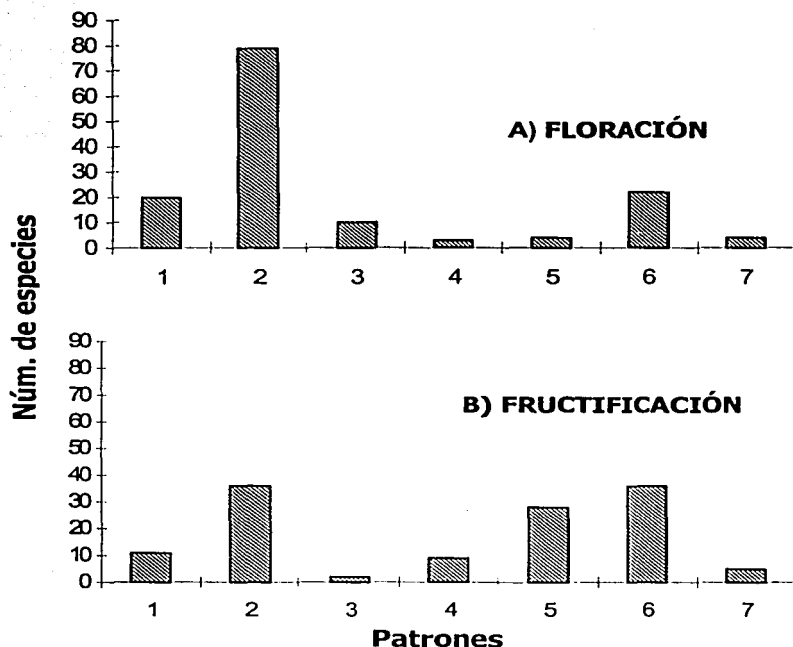


Figura 5. Número de especies de cada uno de los siete patrones de floración y fructificación registrados en la comunidad de la Reserva del Pedregal de San Ángel (1= lluvias-largo, 2= lluvias-corto, 3= intermedia-largo, 4= intermedia-corto, 5= sequía-largo, 6= sequía-corto, 7= todo el año) ($\chi^2 = 47.7$, *g.l.* = 6, $P < 0.01$).

Durante la época de sequía fructificó el mayor número de especies, el 28.3% presentó el patrón de fructificación corto durante esta época, como *Tagetes micrantha*, *Cosmos bipinnatus*, *Dalea zimapanica* y *Piqueria trinervia*, mientras que el 22.0% registró un patrón largo en sequía, como *Tradescantia crassifolia*, *Opuntia tomentosa*, *Buddleia cordata* y *Salvia mexicana* (Tabla 6, Fig. 5B). Por otro lado, el 28.3% de las especies presentó el patrón de fructificación corto en lluvias, como *Wigandia urens*, *Portulaca pilosa*, *Iresine calea* y *Milla biflora* y el 8.7% el patrón largo en lluvias, tal como fue el caso de *Portulaca mexicana*,

Solanum nigrescens, *Lepidium virginicum* y *Metastelma angustifolium* (Tabla 6, Fig. 5B). Durante la temporada intermedia sólo el 7.1% de especies presentó periodos cortos, como *Senecio praecox*, *Baccharis pteronioides*, *Cuphea wrightii* y *Bromus carinatus*, y el 1.6% periodos largos, como *Muhlenbergia glabrata* y *Passiflora subpeltata* (Tabla 6, Fig. 5B). El 4.0% restante de especies tuvo frutos maduros durante todo el año, tal como fue el caso de *Dodonaea viscosa*, *Baccharis sordescens*, *Stevia salicifolia*, *Reseda luteola* y *Cardiospermum halicacabum* (Tabla 6, Fig. 5B).

De manera general, la mayoría de las especies fructificaron en la época de sequía independientemente del patrón de floración (Tabla 7). La mayor parte de las especies que florecieron en lluvias (49.4%) fructificaron preferentemente también durante lluvias, mientras que el 39.0% lo hizo durante la época de sequía y sólo una especie (*Cardiospermum halicacabum*) tuvo frutos maduros durante todo el año. De las especies que florecieron durante la época intermedia, el 77.0% fructificó durante las sequía y sólo dos especies fructificaron durante todo el año (*Dodonaea viscosa* y *Baccharis sordescens*). El 74.0% de las especies que presentaron flores maduras durante la época de sequía, fructificaron también durante la sequía y el 22.0% durante las lluvias. Las especies que florecieron durante todo el año presentaron frutos maduros en la época de sequía (*Bouvardia ternifolia* y *Plumbago pulchella*) así como también a lo largo de todo el año (*Stevia salicifolia* y *Reseda luteola*) (Tabla 7).

5.3. Comparación entre ambientes

El patrón de floración varió significativamente entre ambientes ($\chi^2 = 49.9$, $g.l. = 23$, $P < 0.05$; Fig. 6). En ambos casos el pico de floración ocurrió en lluvias mientras que el menor número de especies en floración se registró en sequía. En el ambiente abierto floreció un mayor número de especies en la temporada de lluvias en comparación con el ambiente sombreado y durante la temporada de sequía en el ambiente abierto florecieron ligeramente menos especies que en el ambiente sombreado.

Solanum nigrescens, *Lepidium virginicum* y *Metastelma angustifolium* (Tabla 6, Fig. 5B). Durante la temporada intermedia sólo el 7.1% de especies presentó periodos cortos, como *Senecio praecox*, *Baccharis pteronioides*, *Cuphea wrightii* y *Bromus carinatus*, y el 1.6% periodos largos, como *Muhlenbergia glabrata* y *Passiflora subpeltata* (Tabla 6, Fig. 5B). El 4.0% restante de especies tuvo frutos maduros durante todo el año, tal como fue el caso de *Dodonaea viscosa*, *Baccharis sordescens*, *Stevia salicifolia*, *Reseda luteola* y *Cardiospermum halicacabum* (Tabla 6, Fig. 5B).

De manera general, la mayoría de las especies fructificaron en la época de sequía independientemente del patrón de floración (Tabla 7). La mayor parte de las especies que florecieron en lluvias (49.4%) fructificaron preferentemente también durante lluvias, mientras que el 39.0% lo hizo durante la época de sequía y sólo una especie (*Cardiospermum halicacabum*) tuvo frutos maduros durante todo el año. De las especies que florecieron durante la época intermedia, el 77.0% fructificó durante las sequía y sólo dos especies fructificaron durante todo el año (*Dodonaea viscosa* y *Baccharis sordescens*). El 74.0% de las especies que presentaron flores maduras durante la época de sequía, fructificaron también durante la sequía y el 22.0% durante las lluvias. Las especies que florecieron durante todo el año presentaron frutos maduros en la época de sequía (*Bouvardia ternifolia* y *Plumbago pulchella*) así como también a lo largo de todo el año (*Stevia salicifolia* y *Reseda luteola*) (Tabla 7).

5.3. Comparación entre ambientes

El patrón de floración varió significativamente entre ambientes ($\chi^2 = 49.9$, $g.l. = 23$, $P < 0.05$; Fig. 6). En ambos casos el pico de floración ocurrió en lluvias mientras que el menor número de especies en floración se registró en sequía. En el ambiente abierto floreció un mayor número de especies en la temporada de lluvias en comparación con el ambiente sombreado y durante la temporada de sequía en el ambiente abierto florecieron ligeramente menos especies que en el ambiente sombreado.

Tabla 7. Matriz de comparación del número de especies que florecen y fructifican por época en la Reserva del Pedregal de San Ángel. **Lluvias**= lluvias largo + lluvias corto; **intermedio**= intermedio larga + intermedio corta; **sequía**= sequía largo + sequía corto y **todo el año**.

		Patrones de fructificación			
		Lluvias	Intermedio	Sequía	Todo el año
Patrones de floración	Lluvias	42 (P. ej.: <i>Commelina tuberosa</i> , <i>Milla biflora</i> y <i>Cissus sicyoides</i>)	9 (P. ej.: <i>Euphorbia prostrata</i> , <i>Bromus carinatus</i> y <i>Malaxis myurus</i>)	33 (P. ej.: <i>Tagetes micrantha</i> , <i>Begonia gracilis</i> y <i>Dahlia coccinea</i>)	1 (<i>Cardiospermum halicacabum</i>)
	Intermedio	0	1 (<i>Passiflora subpeltata</i>)	10 (P. ej.: <i>Salvia tiliifolia</i> , <i>Buddleia cordata</i> y <i>Opuntia tomentosa</i>)	2 (<i>Dodonaea viscosa</i> y <i>Baccharis sordescens</i>)
	Sequía	5 (P. ej.: <i>Zephyranthes concolor</i> , <i>Prunus serotina</i> e <i>Iresine calea</i>)	1 (<i>Senecio praecox</i>)	17 (P. ej.: <i>Brickellia veronicifolia</i> , <i>Senecio salignus</i> y <i>Loeselia mexicana</i>)	0
	Todo el año	0	0	2 (<i>Bouvardia ternifolia</i> y <i>Plumbago pulchella</i>)	2 (<i>Stevia salicifolia</i> y <i>Reseda luteola</i>)

El patrón de fructificación también fue significativamente diferente entre ambientes ($\chi^2 = 49.6$, $g.l. = 23$, $P < 0.05$; Fig. 7). En ambos tipos de ambientes se presentó un alto número de especies en fructificación entre diciembre y marzo, durante la temporada de sequía, y una más elevada entre septiembre y noviembre, al término de la temporada de lluvias. En el sitio sombreado ambos picos tuvieron un valor similar (mayor a 60 especies), pero en el ambiente abierto el pico de septiembre a noviembre fue más alto que el que se presentó en sequía. En sequía, el número de especies en fructificación fue más elevado en los sitios sombreados que en los abiertos, patrón que se invierte en lluvias. En ambos ambientes el menor número de especies en fructificación se presentó entre mayo y agosto.

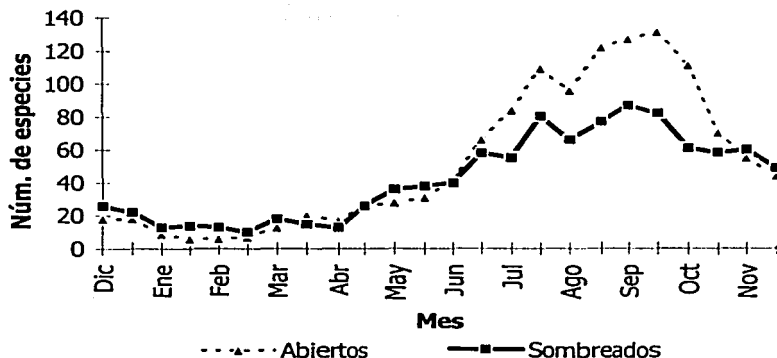


Figura 6. Comparación del patrón de floración entre los sitios abiertos y sombreados en la Reserva del Pedregal de San Ángel ($N= 142$) ($\chi^2= 49.9$, $g.l.= 23$, $P < 0.05$).

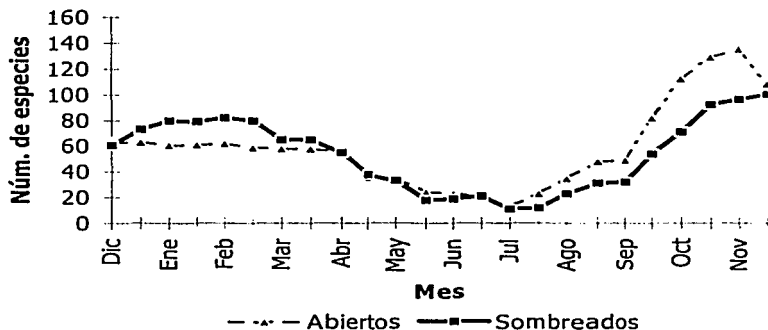


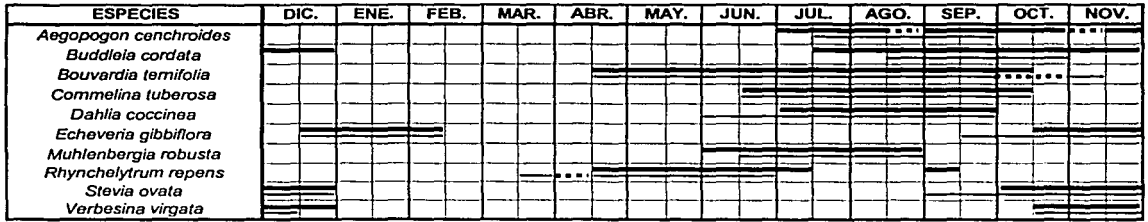
Figura 7. Comparación del patrón de fructificación entre los sitios abiertos y sombreados en la Reserva del Pedregal de San Ángel ($N= 127$) ($\chi^2= 49.6$, $g.l.= 23$, $P < 0.05$).

En general, los sitios abiertos y sombreados no comparten una gran cantidad de especies vegetales, su porcentaje de similitud es de 36.3%. A lo largo del periodo de estudio, en los sitios abiertos se encontró un mayor número de especies de herbáceas perennes (64 especies) que en los sitios sombreados (47 especies), asimismo el número de herbáceas anuales fue mayor en los sitios abiertos (36 especies) que en los sombreados (22 especies),

mientras que el número de especies arbustivas no mostró grandes diferencias entre sitios (22 especies en sitios abiertos y 24 especies en sitios sombreados).

No se encontraron diferencias significativas en la duración de los periodos de floración y fructificación entre sitios abiertos y sombreados en la mayoría de las especies comunes en los diez sitios de estudio (Fig. 8a y 8b, Tablas 9 y 10). Sin embargo, el periodo de floración de *Buddleia cordata* fue más prolongado en sitios sombreados que en abiertos ($t= 2.623$, $gl= 4$, $P<0.05$); y el periodo de fructificación de *Buddleia cordata*, *Aegopogon cenchroides* y *Echeveria gibbiflora* fue significativamente más prolongado en los sitios sombreados (Tablas 9 y 10).

(a) Floración



(b) Fructificación

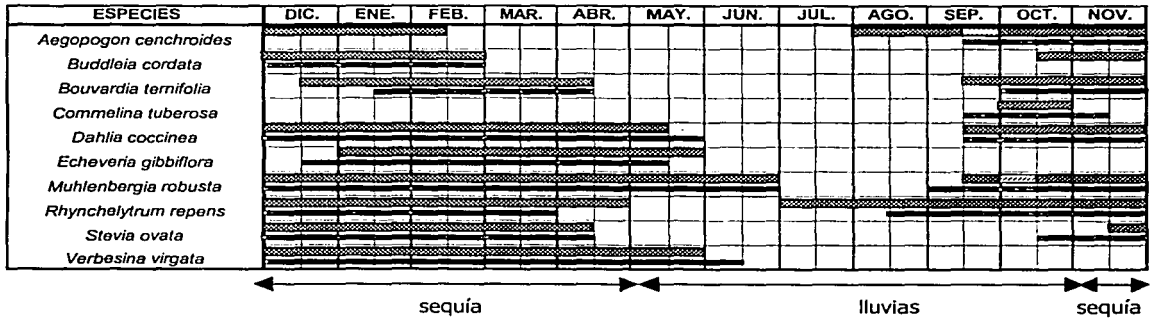


Figura 8. Comparación de la fenología reproductiva de diez especies compartidas en todos los sitios abiertos y sombreados en la Reserva del Pedregal de San Ángel (— floración en sitios abiertos, — floración en sitios sombreados, ▒ fructificación en sitios sombreados, ▒ fructificación en sitios abiertos, •••• floración registrada en sitios adyacentes, ▒ fructificación registrada en sitios adyacentes).

Tabla 9. Duración de la floración en las diez especies más frecuentes en los sitios abiertos y sombreados. Las especies están ordenadas alfabéticamente.

Especies	Duración (quincenas)		<i>t</i> (pareada)	<i>P</i>
	Sitios abiertos	Sitios sombreados		
<i>Aegopogon cenchrroides</i>	1.8	4.6	2.064	n.s.
<i>Buddleia cordata</i>	3.6	6.4	2.623	<0.05
<i>Bouvardia ternifolia</i>	8.6	8.6	0.000	n.s.
<i>Commelina tuberosa</i>	7.2	7.0	0.343	n.s.
<i>Dahlia coccinea</i>	4.8	4.2	0.885	n.s.
<i>Echeveria gibbiflora</i>	5.0	4.8	0.173	n.s.
<i>Muhlenbergia robusta</i>	3.8	4.6	2.137	n.s.
<i>Rhynchelytrum repens</i>	5.2	4.0	2.058	n.s.
<i>Stevia ovata</i>	5.0	3.6	1.026	n.s.
<i>Verbesina virgata</i>	2.8	3.2	0.590	n.s.

n.s.= no hay diferencias significativas con $P>0.05$. En todos los casos $g/ = 4$.

Tabla 10. Duración de la fructificación en las diez especies más frecuentes en los sitios abiertos y sombreados. Las especies están ordenadas alfabéticamente.

Especies	Duración (quincenas)		<i>t</i> (pareada)	<i>P</i>
	Sitios abiertos	Sitios sombreados		
<i>Aegopogon cenchrroides</i>	3.6	7.8	8.557	<<0.001
<i>Buddleia cordata</i>	4.0	7.0	2.631	<0.05
<i>Bouvardia ternifolia</i>	4.0	6.2	0.910	n.s.
<i>Commelina tuberosa</i>	1.8	1.2	1.000	n.s.
<i>Dahlia coccinea</i>	11.8	14.2	1.124	n.s.
<i>Echeveria gibbiflora</i>	7.0	8.8	3.670	<0.01
<i>Muhlenbergia robusta</i>	17.4	15.4	1.690	n.s.
<i>Rhynchelytrum repens</i>	12.2	15.4	1.612	n.s.
<i>Stevia ovata</i>	8.8	8.0	0.389	n.s.
<i>Verbesina virgata</i>	7.4	11.0	1.787	n.s.

n.s.= no hay diferencias significativas con $P>0.05$. En todos los casos $g/ = 4$.

5.4. Fenología y forma de crecimiento

Se agruparon a las especies en cinco formas de crecimiento: arbustos, árboles, herbáceas perennes, herbáceas anuales y lianas, registrándose un mayor porcentaje de especies de herbáceas perennes (el 50%) y un menor porcentaje de árboles (1%) (Fig. 9; ver Apéndice

2). Debido a la baja proporción de lianas y árboles, éstas formas de crecimiento no se tomaron en cuenta para los análisis posteriores de fenología, precipitación y temperatura, así como síndromes de dispersión.

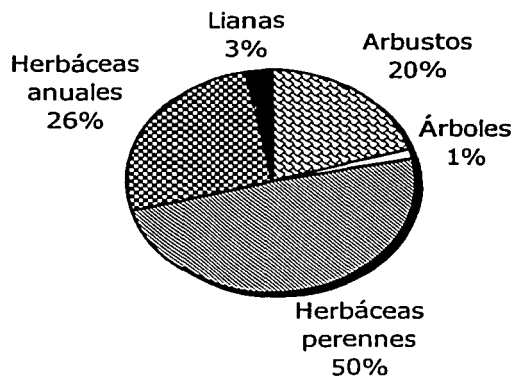


Figura 9. Especies agrupadas de acuerdo a su forma de crecimiento en la Reserva del Pedregal de San Ángel ($N=144$).

5.4.1. Floración. Los patrones de floración de las herbáceas (perennes y anuales) y arbustos dependieron significativamente de la forma de crecimiento ($\chi^2= 26.375$, $g.l.= 1$, $P<<0.005$) (Tabla 11). La mayoría de las especies de herbáceas (perennes y anuales) presentaron patrones de floración durante la época de lluvias (80.3%), mientras que los patrones de floración de las especies arbustivas se concentraron principalmente durante la época de sequía (69.0%). Por otra parte sólo el 20.0% de las herbáceas registraron patrones de floración durante la época de sequía y el 31.0% de las especies arbustivas presentaron patrones de floración en lluvias (Tabla 11).

5.4.2. Fructificación. Los patrones de fructificación de las herbáceas (perennes y anuales) y arbustos dependieron significativamente de la forma de crecimiento ($\chi^2= 4.588$, $g.l.= 1$, $P<0.05$) (Tabla 12). Una gran proporción de arbustos (78.0%) produjo frutos en un patrón que incluye algunas quincenas durante la época de sequía, en tanto que las herbáceas concentraron el 55.0% de sus periodos de fructificación en la sequía. Mientras que durante la

época de lluvia la proporción de arbustos y herbáceas disminuyó (herbáceas= 45.1% y arbustos= 22.2%) (Tabla 12).

Tabla 11. Número de especies de herbáceas (**H**) y arbustos (**Ab**) de los patrones de floración: "**lluvias**"= lluvias largo + lluvias corto, y "**con algún periodo de sequía**"= intermedio-largo + intermedio-corto + sequía-largo + sequía-corto + todo el año, en la Reserva del Pedregal de San Ángel ($\chi^2= 26.375$, $g.l.= 1$, $P<0.005$).

Patrones	Forma de crecimiento	
	H	Ab
"Lluvias"	86	9
"Con algún periodo de sequía"	21	20

Tabla 12. Número de especies de herbáceas (**H**) y arbustos (**Ab**) de los patrones de fructificación: "**lluvias**"= lluvias largo + lluvias corto, y "**con algún periodo de sequía**"= intermedio-largo + intermedio-corto + sequía-largo + sequía-corto + todo el año, en la Reserva del Pedregal de San Ángel ($\chi^2= 4.588$, $g.l.= 1$, $P<0.05$).

Patrones	Forma de crecimiento	
	H	Ab
"Lluvias"	42	6
"Con algún periodo de sequía"	51	21

5.5. Relación de la precipitación y la temperatura con los patrones fenológicos

5.5.1. Precipitación y temperatura. Con los datos de precipitación y temperatura mensuales del periodo de estudio obtenidos del Observatorio Meteorológico de la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM, se obtuvo que de noviembre a febrero se registraron los niveles más bajos de precipitación, incrementándose a partir de marzo. De mayo a octubre se presentó la época de lluvias, encontrándose el pico de precipitación en julio (214.9 mm), la precipitación promedio anual fue de 747.8 mm. De noviembre a febrero se registraron temperaturas bajas, pero fue en enero cuando se presentó la temperatura media más baja del año (11.9°C), aumentando gradualmente a partir de marzo. Durante toda la época de

lluvia se registraron altas temperaturas y en junio se presentó el pico (18.8°C), la temperatura media anual fue de 16.1°C (Fig. 10).

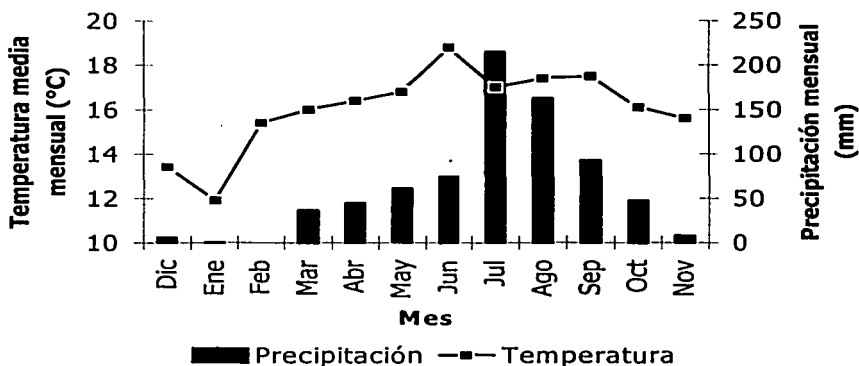


Figura 10. Diagrama de precipitación y temperatura del periodo de estudio (1996-1997) en la Reserva del Pedregal de San Ángel.

5.5.2. Floración. Se observó una correlación positiva y significativa entre la precipitación y el número de especies en floración ($r= 0.720$, $g.l.= 22$, $P<0.01$; Fig. 11), así como entre la temperatura y el número de especies en floración ($r= 0.341$, $g.l.= 22$, $P<0.01$; Fig. 11). Entre noviembre y marzo se registraron los menores porcentajes de especies en floración lo cual coincide con niveles bajos de precipitación y bajas temperaturas. La mayoría de las especies florecieron entre junio y noviembre, que es cuando se incrementaron la precipitación y la temperatura (Figs. 13 y 14). El pico de floración ocurrió en septiembre (Fig. 13).

5.5.3. Fructificación. No se encontró una correlación significativa entre la precipitación y el número de especies en fructificación ($r= -0.314$, $g.l.= 22$, $P>0.05$; Fig. 12), así como tampoco se encontró una correlación significativa entre la temperatura y el número de especies en fructificación ($r=-0.220$, $g.l.= 22$, $P>0.05$; Fig. 12).

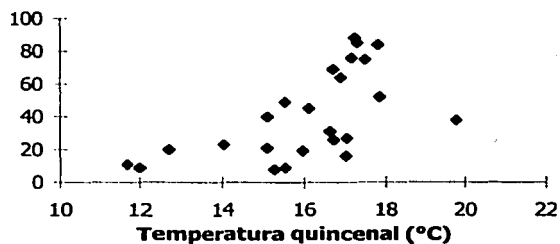
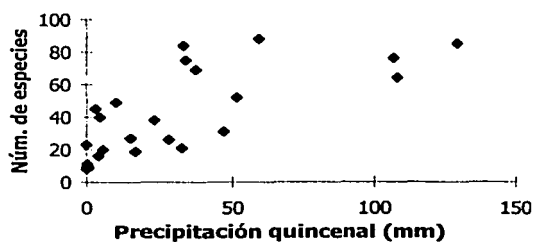


Figura 11. Correlación entre el número de especies en floración con la precipitación y ($r= 0.720$, $g.l.= 22$, $P<0.01$) así como con la temperatura ($r= 0.584$, $g.l.= 22$, $P<0.01$) en la Reserva del Pedregal de San Ángel.

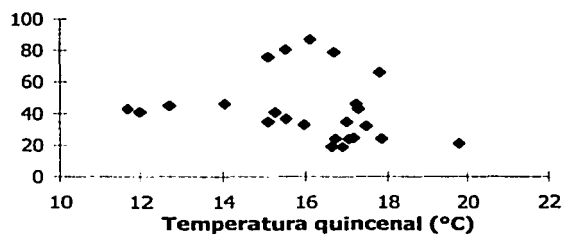
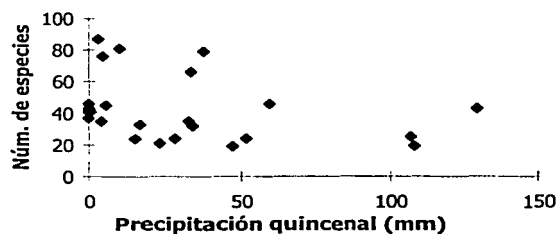


Figura 12. Correlación entre el número de especies en fructificación con la precipitación ($r= -0.314$, $g.l.= 22$, n.s.) así como con la temperatura ($r= -0.220$, $g.l.= 22$, n.s.) en la Reserva del Pedregal de San Ángel. (n.s.= no significativo)

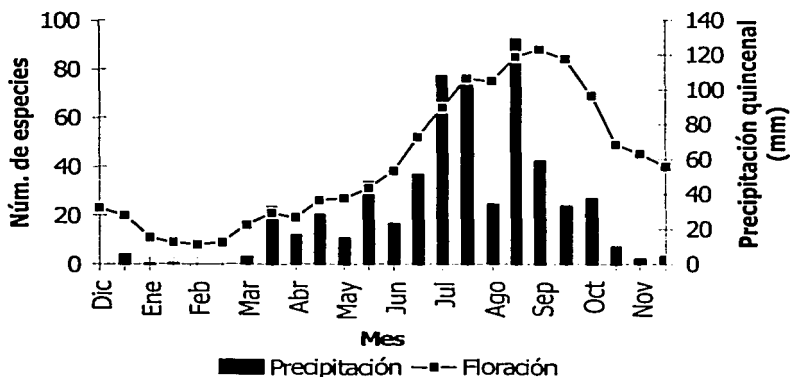


Figura 13. Relación del número de especies en floración con la precipitación en la Reserva del Pedregal de San Ángel.

Falta

Página

52 |

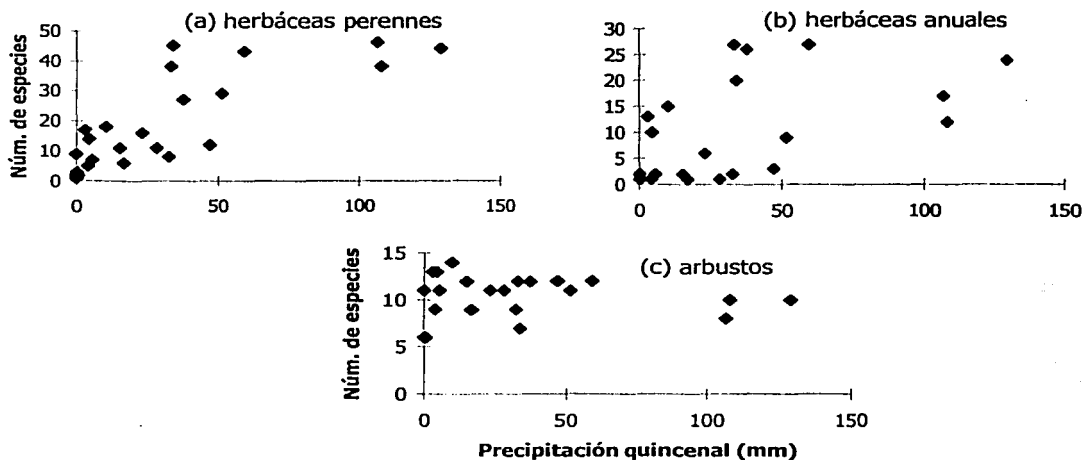


Figura 15. Correlación entre la precipitación y el número de especies en floración de las diferentes formas de crecimiento: (a) herbáceas perennes ($r= 0.795$, $g.l.= 22$, $P<0.01$); (b) herbáceas anuales ($r= 0.553$, $g.l.= 22$, $P<0.01$) y (c) arbustos ($r= 0.073$, $g.l.= 22$, n.s.) en la Reserva del Pedregal de San Ángel. (n.s.= no significativo)

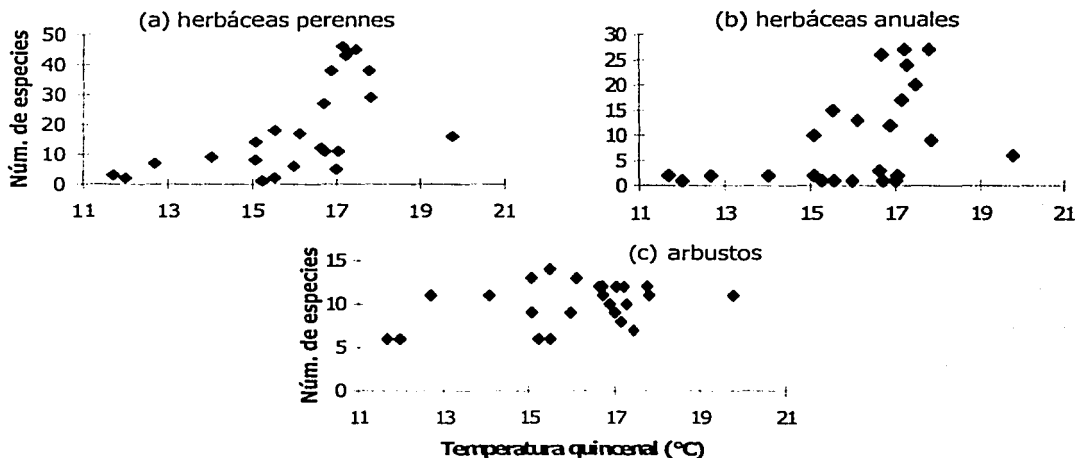


Figura 16. Correlación entre la temperatura y el número de especies en floración de las diferentes formas de crecimiento: (a) herbáceas perennes ($r= 0.577$, $g.l.= 22$, $P<0.01$); (b) herbáceas anuales ($r= 0.453$, $g.l.= 22$, $P<0.05$) y (c) arbustos ($r= 0.360$, $g.l.= 22$, n.s.) en la Reserva del Pedregal de San Ángel. (n.s.= no significativo)

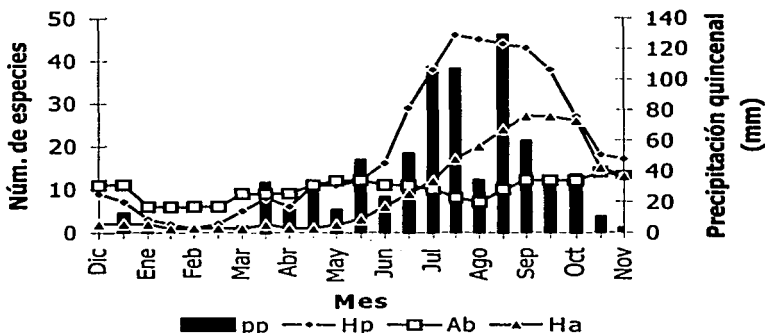


Figura 17. Variación temporal del número de especies en floración agrupadas respecto a su forma de crecimiento y su relación con la precipitación en la Reserva del Pedregal de San Ángel (**Hp**= herbáceas perennes, **Ab**= arbustivas, **Ha**= herbáceas anuales, **pp**= precipitación).

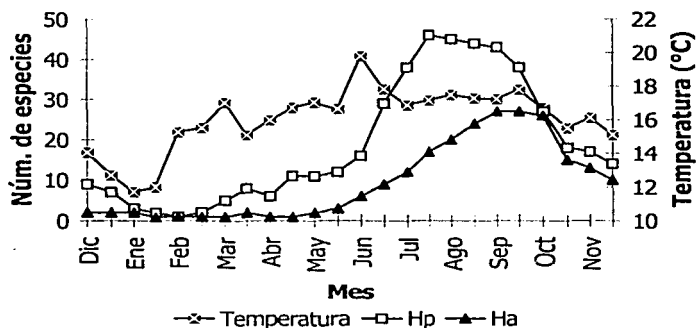


Figura 18. Variación temporal del número de especies en floración agrupadas respecto a su forma de crecimiento y su relación con la temperatura en la Reserva del Pedregal de San Ángel (**Hp**= herbáceas perennes, **Ha**= herbáceas anuales).

De diciembre a mayo cuando los niveles de precipitación son bajos al igual que las temperaturas, se registraron pocas especies de herbáceas anuales con flores maduras (desde el 2.6% hasta el 7.9%). Se observó que las herbáceas anuales respondieron de manera

tardía a las lluvias ya que el mayor porcentaje de especies en floración (71%) de esta forma de crecimiento se presentó en septiembre, cuando la precipitación y la temperatura alcanzaron 59.3 mm y 17.2°C, respectivamente (Figs. 17 y 18).

En contraste, no se encontró una correlación entre el número de especies de arbustos en floración con la precipitación ($r= 0.073$, $g.l.= 22$, $P>0.05$; Fig. 15c), así como tampoco entre el número de especies de arbustos en floración con la temperatura ($r= 0.360$, $g.l.= 22$, $P>0.05$; Fig. 16c). Los arbustos no respondieron directamente a la incidencia de las lluvias: de diciembre a abril el número de especies se mantuvo bajo y a partir de abril se incrementó ligeramente (Fig. 17). El número máximo de especies arbustivas en floración (48.3%) se presentó después de la floración de las herbáceas en octubre (Fig. 17).

5.6.2. Fructificación. No se encontró una correlación significativa entre el número de especies de herbáceas perennes en fructificación y la precipitación ($r= -0.281$, $g.l.= 22$, $P>0.05$; Fig. 19a), así como tampoco entre el número de especies de herbáceas perennes en esta fenofase y la temperatura ($r= -0.165$, $g.l.= 22$, $P>0.05$; Fig. 20a). Tampoco se observaron correlaciones significativas entre el número de especies de herbáceas anuales en fructificación y la precipitación ($r= -0.174$, $g.l.= 22$, $P>0.05$; Fig. 19b) ni entre el número de especies de herbáceas anuales con frutos y la temperatura ($r= -0.053$, $g.l.= 22$, $P>0.05$; Fig. 20b). El pico de fructificación (76.4%) de las herbáceas perennes se registró en octubre, mientras que el pico de las herbáceas anuales se presentó en noviembre (73%). Por otra parte, la riqueza de especies arbustivas en fructificación presentó una correlación negativa y significativa tanto con la precipitación ($r= -0.736$, $g.l.= 22$, $P<0.01$; Fig. 19c) como con la temperatura ($r= -0.723$, $g.l.= 22$, $P<0.01$; Fig. 20c). De diciembre a abril, cuando se presentaron precipitaciones y temperaturas bajas se registró el mayor número de especies arbustivas con frutos maduros (desde el 46.1% registrado en abril hasta el 61.5% registrado en febrero); en contraste, durante julio y agosto, cuando se registraron altas temperaturas y altos niveles de precipitación se observaron pocas especies en fructificación (26% registrado en julio) (Figs. 21 y 22).

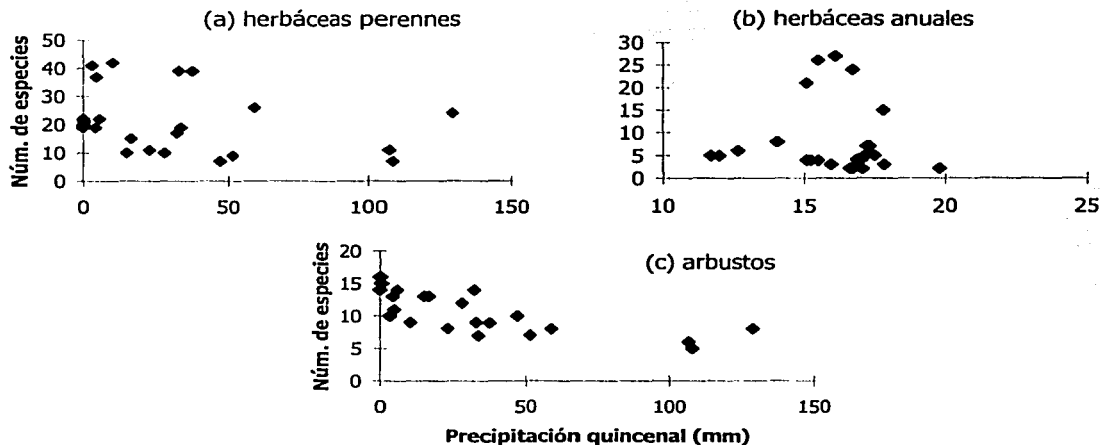


Figura 19. Correlación entre la precipitación y el número de especies en fructificación de las diferentes formas de crecimiento: (a) herbáceas perennes ($r = -0.281$, $g.l. = 22$, n.s.); (b) herbáceas anuales ($r = -0.053$, $g.l. = 22$, n.s.) y (c) arbustos ($r = -0.736$, $g.l. = 22$, $P < 0.01$) en la Reserva del Pedregal de San Ángel (n.s. = no significativo).

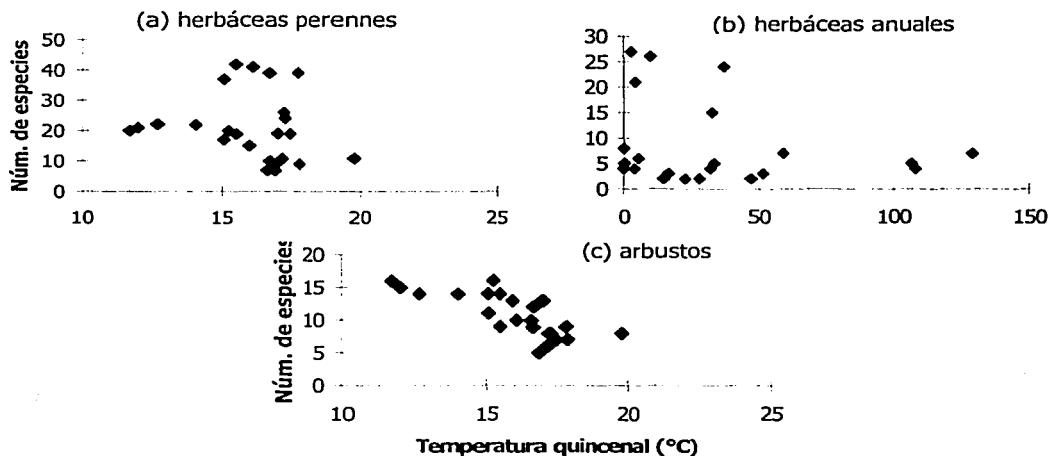


Figura 20. Correlación entre la temperatura y el número de especies en fructificación de las diferentes formas de crecimiento: (a) herbáceas perennes ($r = -0.165$, $g.l. = 22$, n.s.); (b) herbáceas anuales ($r = -0.174$, $g.l. = 22$, n.s.) y (c) arbustos ($r = -0.723$, $g.l. = 22$, $P < 0.01$) en la Reserva del Pedregal de San Ángel (n.s. = no significativo).

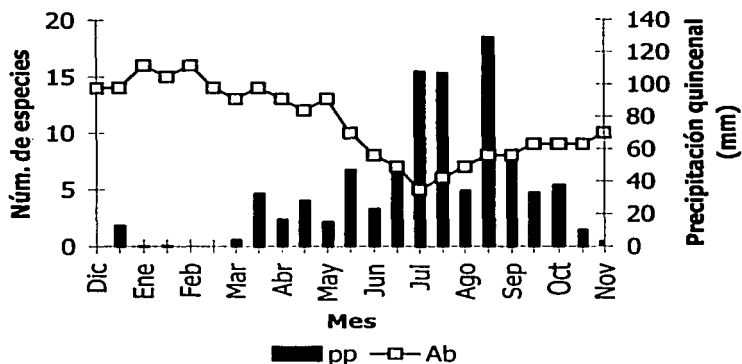


Figura 21. Variación temporal del número de especies arbustivas en fructificación y su relación con la precipitación en la Reserva del Pedregal de San Ángel (**Ab**= especies arbustivas, **pp**= precipitación).

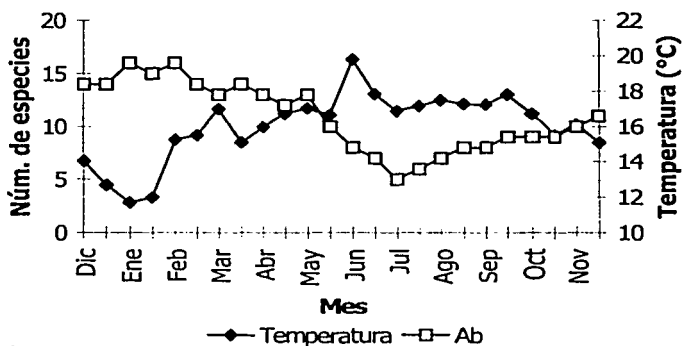


Figura 22. Variación temporal del número de especies arbustivas en fructificación y su relación con la temperatura en la Reserva del Pedregal de San Ángel (**Ab**= especies arbustivas).

5.7. Fenología y síndromes de dispersión

Se encontraron tres síndromes de dispersión en las especies estudiadas: anemocoria, zoocoria y dispersión mecánica, siendo la anemocoria el síndrome de dispersión dominante

presentándose en el 53% de las especies; la dispersión mecánica, por su parte, fue el segundo síndrome en importancia presentándose en el 29% de las especies y la zoocoria sólo se presentó en el 18% (Fig. 23).

Se registró un alto número de especies anemócoras en fructificación de diciembre a marzo durante la época de sequía y un número más elevado entre octubre y noviembre al término de la época de lluvias, encontrándose el pico de fructificación (65.7%) para estas especies en noviembre, al comienzo de la época de sequía (Fig. 24).

Por otro lado, el número de especies con zoocoria se mantuvo más o menos constante de diciembre a junio; a partir de julio, éste empezó a incrementarse, y fue en noviembre, al comienzo de la época de sequía, cuando se registró el pico de fructificación de estas especies (78.3%) (Fig. 24).

Finalmente, las especies que presentaron dispersión mecánica (ya sea por la fuerza de gravedad o por mecanismos de expulsión) fructificaron preferentemente al final de la época de lluvias, registrándose en octubre el número máximo (75.7%), mientras que al comienzo de la época lluvia, de mayo a julio, el número de especies con este tipo de dispersión se mantuvo bajo (Fig. 24).

Por otra parte, los patrones de fructificación de las especies estudiadas dependieron significativamente del síndrome de dispersión ($\chi^2 = 13.165$, $g.l. = 2$, $P < 0.005$; Tabla 13). En la mayoría de las especies que presentaron como síndrome de dispersión la anemocoria (61.2%), el patrón de fructificación más frecuente fue el de sequía, mientras que las especies con zoocoria (56.5%) registraron patrones de fructificación preferentemente en lluvias (Tabla 13). Las especies con dispersión mecánica registraron patrones de fructificación tanto en lluvias (51.4%) como en sequía (40.5%) (Tabla 14). Las especies que fructificaron durante todo el año como *Dodonaea viscosa*, *Baccharis sordescens*, *Stevia salicifolia* y *Reseda luteola* presentaron anemocoria, mientras que *Cardiospermum halicacabum* registró dispersión mecánica (Tabla 14).

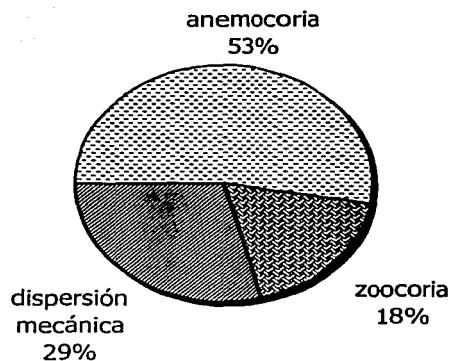


Figura 23. Porcentaje de especies de los diferentes síndromes de dispersión en la Reserva del Pedregal de San Ángel ($N=127$).

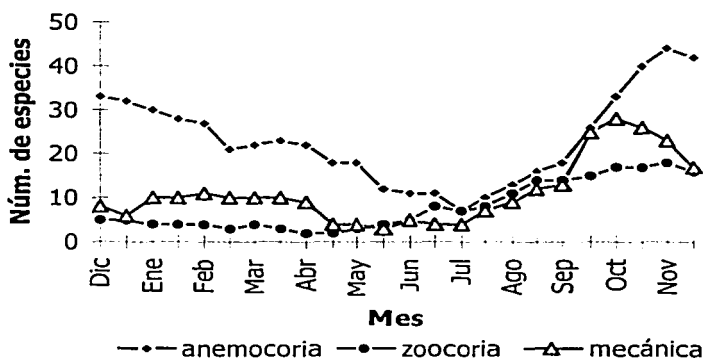


Figura 24. Variación temporal del número de especies en fructificación agrupadas respecto a su síndrome de dispersión en la Reserva del Pedregal de San Ángel.

Tabla 13. Número de especies vegetales de la Reserva del Pedregal de San Ángel clasificados de acuerdo a los patrones de fructificación: "lluvias y "con algún periodo de sequía"= intermedio + sequía + todo el año, y de acuerdo a su síndrome de dispersión en la Reserva del Pedregal de San Ángel ($\chi^2= 13.165$, *g.l.*= 2, $P < 0.005$).

Patrones de fructificación	Síndrome de dispersión		
	Anemocoria	Zoocoria	Dispersión mecánica
"Lluvias"	15	13	19
"Con algún periodo de sequía"	52	10	18

Tabla 14. Número de especies vegetales de la Reserva del Pedregal de San Ángel clasificados de acuerdo a sus patrones de fructificación y a su síndrome de dispersión. **Lluvias**= lluvias largo + lluvias corto; **intermedio**= intermedio largo + intermedio corto; **sequía**= sequía largo + sequía corto y **todo el año**.

Patrones de Fructificación ¹	Síndrome de dispersión		
	Anemocoria	Zoocoria	Dispersión mecánica
Lluvias	15	13	19
Intermedia	7	2	2
Sequía	41	8	15
Todo el año	4	0	1
Total	67	23	37

¹ Ver definiciones en *Material y Método*.

5.8. Formas de crecimiento y síndromes de dispersión

Los síndromes de dispersión dependieron significativamente de la forma de crecimiento ($\chi^2= 11.539$, *g.l.*= 4, $P < 0.025$). Entre las especies de herbáceas perennes y de arbustos el síndrome de dispersión predominante fue la anemocoria, pero esto es más evidente dentro de los arbustos (78.0% de los arbustos comparado con el 47.4% de las herbáceas perennes; Tabla 15). En las especies de herbáceas anuales, por su parte, la dispersión mecánica fue

más frecuente (44.4%) que la anemocoria (39.0%). En todas las formas de crecimiento la zoocoria resultó ser el síndrome menos común (Tabla 15).

Tabla 15. Número de especies de herbáceas perennes (**Hp**), herbáceas anuales (**Ha**) y arbustivas (**Ab**) de acuerdo al síndrome de dispersión en la Reserva del Pedregal de San Ángel.

Síndrome de dispersión	Forma de crecimiento		
	Hp	Ha	Ab
Anemocoria	27	14	21
Zoocoria	12	6	3
Dispersión mecánica	18	16	3
Total	57	36	27

5.9. Especies dominantes y fenología reproductiva

No se encontraron diferencias significativas al comparar la distribución de frecuencias de los periodos de floración de las especies dominantes con los de las especies no dominantes ($\chi^2=19.696$, $g.l.=23$, $P>0.05$; Fig. 25). Para ambos tipos de especies, el mayor número se presentó entre junio y noviembre mientras que el menor número entre diciembre y mayo, el pico de floración de las especies dominantes se presentó en julio mientras que el de las no dominantes en septiembre (Fig. 25). El 37.5% de las especies dominantes presentó un patrón de floración en lluvias, el 37.5% un patrón en sequía y el 25% restante un patrón intermedio (Fig. 26).

En total se registraron 16 especies dominantes a lo largo del periodo de estudio: *Buddleia cordata*, *Dahlia coccinea*, *Dodonaea viscosa*, *Rhynchelytrum repens*, *Cissus sicyoides*, *Verbesina virgata*, *Eupatorium petiolare*, *Senecio praecox*, *Opuntia tomentosa*, *Dioscorea galeottiana*, *Stevia ovata*, *Echeveria gibbiflora*, *Manfreda brachystachya*, *Aegopogon cenchroides*, *Buddleia parviflora* y *Muhlenbergia robusta*, en estas especies las formas de crecimiento predominantes fueron las herbáceas perennes y los arbustos (Tabla 16, Apéndice 3). Sólo *Buddleia cordata*, *Muhlenbergia robusta*, *Dodonaea viscosa*, *Verbesina virgata* y *Senecio praecox* estuvieron presentes en los cinco muestreos (Tabla 16, Apéndice 3).

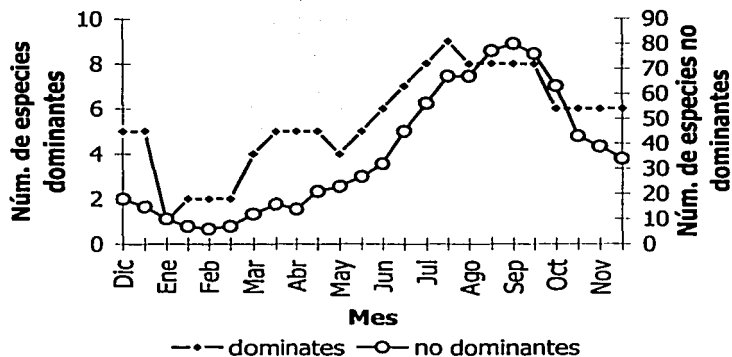


Figura 25. Variación temporal del número de especies dominantes y no dominantes en floración en la Reserva del Pedregal de San Ángel. ($\chi^2 = 19.696$, $g.l. = 23$, $P > 0.05$)

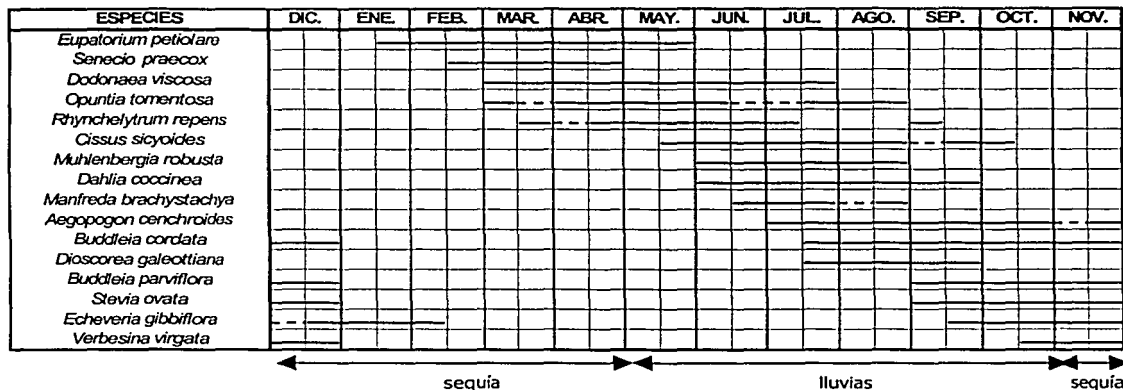


Figura 26. Periodos de floración de las 16 especies con los valores de importancia más altos a lo largo del año de estudio en la Reserva del Pedregal de San Ángel. — Floración registrada en sitios adyacentes.

Tabla 16. Especies con valores de importancia más altos registradas en cada uno de los cinco muestreos a lo largo del año de estudio en la Reserva del Pedregal de San Ángel. **Cob. %**= cobertura relativa; **Frec. Absol.**= frecuencia absoluta; **Frec. %**= frecuencia relativa; **V.I.**= valor de importancia.

(a) Febrero

Especies	Cobertura (cm)	Cob. %	Frec. Absol.	Frec. %	V.I.
<i>Buddleia cordata</i>	3678	21.674	66	11.871	33.544
<i>Muhlenbergia robusta</i>	2317	13.654	107	19.245	32.898
<i>Dodonaea viscosa</i>	3264	19.234	45	8.094	27.327
<i>Verbesina virgata</i>	1278	7.528	45	8.094	15.622
<i>Rhynchelytrum repens</i>	919	5.412	31	5.576	10.988
<i>Opuntia tomentosa</i>	585	3.444	29	5.216	8.660
<i>Eupatorium petiolare</i>	619	3.645	23	4.137	7.781
<i>Senecio praecox</i>	601	3.542	22	3.957	7.498
<i>Echeveria gibbiflora</i>	417	2.454	25	4.496	6.951
<i>Buddleia parviflora</i>	655	3.860	15	2.698	6.558

(b) Mayo

Especies	Cobertura (cm)	Cob. %	Frec. Absol.	Frec. %	V.I.
<i>Muhlenbergia robusta</i>	5533	15.607	131	11.083	26.689
<i>Buddleia cordata</i>	4566	12.879	65	5.499	18.378
<i>Cissus sicyoides</i>	1962	5.534	137	11.591	17.125
<i>Verbesina virgata</i>	3066	8.648	79	6.684	15.332
<i>Dodonaea viscosa</i>	3573	10.078	46	3.892	13.970
<i>Senecio praecox</i>	2869	8.092	47	3.976	12.069
<i>Eupatorium petiolare</i>	1945	5.486	42	3.553	9.039
<i>Manfreda brachystachya</i>	848	2.392	57	4.822	7.214
<i>Dahlia coccinea</i>	555	1.565	63	5.330	6.895
<i>Aegopogon cenchroides</i>	656	1.850	47	3.976	5.827

(c) Julio

Especies	Cobertura (cm)	Cob. %	Frec. Absol.	Frec. %	V.I.
<i>Muhlenbergia robusta</i>	8940	13.960	165	8.666	22.626
<i>Cissus sicyoides</i>	5808	9.069	218	11.450	20.519
<i>Dahlia coccinea</i>	6024	9.406	180	9.454	18.860
<i>Buddleia cordata</i>	5421	8.465	82	4.307	12.772
<i>Verbesina virgata</i>	3998	6.243	104	5.462	11.705
<i>Manfreda brachystachya</i>	2996	4.678	103	5.410	10.088
<i>Dioscorea galeottiana</i>	2625	4.099	111	5.830	9.929
<i>Senecio praecox</i>	3630	5.668	61	3.204	8.872
<i>Dodonaea viscosa</i>	3996	6.240	50	2.626	8.866
<i>Rhynchelytrum repens</i>	2458	3.838	89	4.674	8.513

Tabla 16 (Continuación).

(d) Septiembre

Especies	Cobertura (cm)	Cob. %	Frec. Absol.	Frec. %	V.I.
<i>Muhlenbergia robusta</i>	11759	19.164	176	8.925	28.089
<i>Cissus sicyoides</i>	3971	6.472	222	11.258	17.729
<i>Verbesina virgata</i>	5042	8.217	117	5.933	14.150
<i>Dahlia coccinea</i>	3630	5.916	142	7.201	13.117
<i>Buddleia cordata</i>	4778	7.787	78	3.955	11.742
<i>Manfreda brachystachya</i>	2543	4.144	115	5.832	9.976
<i>Rhynchelytrum repens</i>	2649	4.317	74	3.753	8.070
<i>Dodonaea viscosa</i>	3009	4.904	42	2.130	7.034
<i>Senecio praecox</i>	2710	4.417	48	2.434	6.851
<i>Aegopogon cenchroides</i>	2059	3.356	63	3.195	6.550

(e) Noviembre

Especies	Cob. (cm)	Cob. %	Frec. Absol.	Frec. %	V.I.
<i>Muhlenbergia robusta</i>	10198	26.359	171	16.570	42.929
<i>Buddleia cordata</i>	5043	13.035	68	6.589	19.624
<i>Verbesina virgata</i>	3788	9.791	92	8.915	18.706
<i>Rhynchelytrum repens</i>	2961	7.653	65	6.298	13.952
<i>Dodonaea viscosa</i>	2773	7.167	37	3.585	10.753
<i>Eupatorium petiolare</i>	1633	4.221	35	3.391	7.612
<i>Echeveria gibbiflora</i>	721	1.864	50	4.845	6.709
<i>Stevia ovata</i>	876	2.264	45	4.360	6.625
<i>Senecio praecox</i>	885	2.287	23	2.229	4.516
<i>Aegopogon cenchroides</i>	778	2.011	23	2.229	4.240

VI. DISCUSIÓN

6.1. Bondad del método

Ya que la descripción de los patrones fenológicos se basó en el 47.8% de la flora existente en la Reserva, de acuerdo al listado reportado por Valiente-Banuet y De Luna (1990), la gama de formas de crecimiento y de familias, así como el hecho de que se consideraron también a las especies dominantes (en términos de cobertura), apoyan la idea de que los patrones descritos reflejan el comportamiento fenológico general de la comunidad.

A pesar de que durante todo el año se pudieron apreciar flores y frutos maduros, la frecuencia de las observaciones produjo información incompleta en algunos casos, como en las especies donde se registraron frutos maduros sin floración previa, ya que los cambios ocurrieron muy rápidamente. Durante cada muestreo, en cada sitio se analizaron a todas las especies que presentaban flores o frutos maduros, a pesar de que se trató de registrar a varios individuos por especie, en el caso de las especies menos abundantes como por ejemplo las orquídeas, esto no fue posible, y por lo tanto se obtuvieron registros fenológicos de uno o dos individuos a lo largo del año de estudio, ya que no se encontraron más en los sitios. Por lo anterior, una frecuencia de observaciones de las diferentes fenofases menor a quince días podría mostrar datos más completos. Se sugiere, para estudios futuros, ampliar el área de estudio en la Reserva o bien marcar individuos de las especies menos abundantes, sin embargo, es claro que esto implicaría una mayor inversión de tiempo y trabajo.

6.2. Patrones de floración

La fenología floral de la comunidad vegetal de la Reserva tuvo una pronunciada estacionalidad, la mayor parte de la actividad se concentró en la época lluviosa (principalmente al final de esta época). La mayoría de las especies registraron periodos cortos de floración, los cuales son característicos de climas estacionales (Lieberman, 1982; Meave *et al.*, 1994; Smith-Ramírez y Armesto, 1994; Morellato y Leitão-Filho, 1996; León de la Luz *et al.*, 1996; Martínez, 1997; Williams *et al.*, 1999), lo que puede estar reflejando la existencia de un periodo corto de alta disponibilidad de recursos y de condiciones favorables (Rathcke y

Lacey, 1985), como altos niveles de precipitación y de temperatura. También, es posible que en este tiempo se presente la mayor disponibilidad de polinizadores, aunque lamentablemente no existen estudios sobre la variación estacional de la densidad de polinizadores en la Reserva. En este sentido, se ha reportado que especies que florecen durante periodos cortos producen masas de flores en una floración sincrónica (floración masiva) y atraen a un espectro muy diverso de polinizadores, en cambio, especies con periodos largos de floración producen comúnmente pocas flores en un día por periodos prolongados (floración constante) (Gentry, 1974). Aunque esto se ha observado en bignoniáceas tropicales, es posible que ocurra en otros grupos de plantas. Al respecto, también se ha reportado que las plantas que producen más flores y de mayor tamaño, o bien, que producen inflorescencias de gran tamaño y, por lo tanto tienen mayor despliegue floral, son más visitadas por polinizadores (Willson y Bertin, 1979; Waser, 1983; Wolfe, 1987; Stanton y Preston, 1988; Campbell, 1989; Young y Stanton, 1990; Eckhart, 1991; Mothershead y Marquis, 2000), lo que puede incrementar la remoción de polen (Young y Stanton, 1990; Galen, 1992) y la probabilidad de que los granos de polen alcancen estigmas receptivos (Galen, 1992). Para comprobar el papel de los polinizadores en la fenología reproductiva de la comunidad vegetal de la Reserva es necesario llevar a cabo estudios que corroboren esta hipótesis.

Durante la temporada de sequía, la temperatura descendió así como el número de especies en floración y la mayoría lo hizo durante periodos cortos. Dado que *Senecio praecox*, *Senecio salignus*, *Drymaria glandulosa*, *Schiedeella llaveana*, *Mesadenus polyanthus*, y *Zephyranthes concolor* responden rápidamente a las lluvias (obs. pers.), la floración de algunas especies en la Reserva durante la época de sequía, puede ser afectada por las lluvias no estacionales que se presentan en esta época, estas son usualmente impredecibles e irregulares, de manera similar a lo reportado por Bullock y Solís-Magallanes (1990) para la selva tropical caducifolia de Chamela, Jalisco, y Opler *et al.* (1976) para una selva baja subcaducifolia de Costa Rica. Estos autores han reportado que las lluvias que ocurren durante un periodo normalmente seco pueden inducir la floración de algunas especies, presentando periodos cortos y sincrónicos.

Por otra parte, el análisis de las variables climáticas revela que la precipitación es un factor importante que limita la estación de floración de la comunidad vegetal de la Reserva, ya que está correlacionada positiva y significativamente con el número de especies en flor. Al respecto Rathcke y Lacey (1985) reportan tres factores abióticos que han sido identificados como las principales señales que disparan la floración: el fotoperiodo, la temperatura y la precipitación. Estos mismos autores sugieren que en lugares estacionales, la mayoría de las especies tienden a florecer en la estación lluviosa. Sin embargo, el papel de la temperatura en la floración de las especies de la Reserva parece ser menos evidente que el de la precipitación, aunque los análisis demuestran una correlación positiva y significativa entre esta variable y el número de especies en floración, ya que el pico de floración se presentó en septiembre, mientras que las más altas temperaturas se registraron en junio. Es probable que la temperatura sea un factor secundario que únicamente favorezca el desempeño fisiológico de las plantas para producir flores, o el efecto de esta variable sea más evidente en las especies que son polinizadas por insectos, en donde las bajas temperaturas afectan la actividad de los polinizadores (Keys *et al.*, 1995).

Por otro lado, sólo cuatro especies (*Stevia salicifolia*, *Reseda luteola*, *Bouvardia ternifolia* y *Plumbago pulchella*) registraron flores durante todo el año. Se puede considerar que este largo intervalo observado puede ser resultado de dos procesos: 1) periodo individual continuo, con la floración de cada miembro de la especie prolongándose por meses; o bien, 2) periodo individual discontinuo, en el cual la época de floración de una especie es la adición del lapso de cada uno de los individuos, ya sea corto o bien largo, dando como resultado un relativamente extenso periodo fenológico para toda la especie.

6.3. Patrones de fructificación

La fructificación también presentó una alta estacionalidad y los patrones de las especies estudiadas dependieron significativamente de su síndrome de dispersión. Lo anterior también fue observado en dos bosques secos de la región de Lomerío en Bolivia, con una estacionalidad muy marcada (Justiniano y Fredericksen, 2000). Por otra parte, no se encontró

una correlación entre el número de especies en fructificación con la precipitación ni con la temperatura.

La mayoría de las especies fructificaron al inicio de la época de sequía, durante periodos cortos y largos, y presentaron como síndrome de dispersión dominante la anemocoria. Durante la época de lluvia el número de especies con frutos maduros disminuyó, registrándose especies con periodos cortos de fructificación y con dispersión zoócora. Lo anterior sugiere que la dispersión de las diásporas anemócoras durante la temporada de lluvia se encuentra limitada por los altos niveles de humedad y la baja incidencia de vientos. Así mismo, durante la temporada de lluvia el evidente desarrollo de la vegetación puede reducir la velocidad del viento, dificultando la dispersión de estas especies. En contraste, para las especies con frutos carnosos la época de lluvia parece estar relacionada con el desarrollo, maduración y dispersión de este tipo de frutos, siendo éstos vulnerables a la desecación durante la época de sequía, tal como lo sugerido por Croat (1975) y Lieberman (1982). El viento tiene un papel central en la duración de los frutos anemócoros, ya que parece existir una sincronía entre la fructificación de especies con este tipo de frutos y la temporada de vientos. En la Cuenca de México los vientos más fuertes ocurren durante la época de sequía. Croat (1975), por ejemplo observó que casi el 80% de todas las especies de lianas en Barro Colorado, Panamá, que fructificaban durante la estación de sequía tenían semillas dispersadas por viento. En comunidades tropicales, la fructificación de los taxa anemócoros se concentra cuando muchas especies del dosel se encuentran sin hojas, lo que facilita su dispersión (Foster, 1982; Baker *et al.*, 1983; Putz y Windsor, 1987).

En la Reserva la zoocoria resultó ser el síndrome de dispersión con el menor número de especies, lo cual apoya lo sugerido por Gentry (1982) en el sentido de que la zoocoria es poco común en sitios estacionales. Sin embargo, es posible que el bajo número de especies zoócoras pueda deberse a que los animales que fungían como dispersores han ido desapareciendo conforme su hábitat se ha visto perturbado y reducido cada vez más su área de vegetación natural. Por lo anterior, estas especies de plantas pueden desaparecer localmente, aunque para afirmar tales ideas sería necesario realizar estudios detallados al respecto.

La sincronía entre la fructificación de especies anemócoras, la presencia de vientos fuertes y una baja cobertura de la vegetación, no es un fenómeno exclusivo de este tipo de comunidad presente en la Reserva, ya que también ha sido observado en una selva húmeda (Foster, 1982), en una comunidad tropical de dunas costeras (Castillo y Carabias, 1982), en una selva cálida-húmeda (Ibarra-Manríquez *et al.*, 1991), en una selva húmeda subtropical (Morellato y Leitão-Filho, 1996) y en dos bosques secos (Justiniano y Fredericksen, 2000).

Otros estudios realizados en la Reserva muestran un enfoque similar al reportado en este trabajo. Figueroa-Castro (1997) y Figueroa-Castro *et al.* (1998) sugieren que en cinco especies de compuestas, la lluvia y la baja incidencia de vientos durante esta época parecen limitar la dispersión de estas especies anemócoras, ya que las semillas y las estructuras alares o el vilano se adhieren entre sí, impidiendo su rápida dispersión. El viento tiene un papel central en la duración de los frutos maduros sobre los capítulos, en el presente estudio se reitera que parece existir una sincronía entre la maduración de los frutos y la temporada de vientos.

Finalmente, en la Reserva, al igual que en Chiloé, Chile (Smith-Ramírez y Armesto, 1994), los patrones de fructificación no se correlacionaron con la precipitación, en contraste a lo encontrado en Ghana en una selva seca (Lieberman, 1982). Lo anterior puede deberse a las diferencias en el tipo de fruto predominante en esas zonas y, en consecuencia, a la época en la cual se presentan las condiciones necesarias para su dispersión (Lieberman, 1982). En la Reserva y en Chiloé predominan frutos secos con dispersión por viento, los cuales fructifican en la estación de sequía como se dijo anteriormente, en Ghana la mayoría de las especies presentan frutos carnosos dispersados por animales, los cuales fructifican principalmente en la época de lluvia.

6.4. Duración de las fenofases reproductivas

En general, la duración de los periodos de fructificación fue mayor que la duración de los periodos de floración. Aunque la duración de cada estructura puede ser un reflejo de la propia historia filogenética de las especies, el tiempo de permanencia y maduración de los frutos y la época en la cual se presentan, podría reflejar el periodo en que las condiciones ambientales

pueden influir en el éxito de la dispersión en relación al tipo de diáspora. Por ejemplo en las especies que fructifican durante la época de lluvia y presentan frutos anemócoros, los periodos de fructificación son más largos posiblemente por el efecto negativo que la lluvia y la humedad pueden tener sobre éstos, tal como se ha discutido (Figueroa-Castro, 1997; Figueroa-Castro *et al.*, 1998).

En contraste a los frutos, la longevidad de las flores maduras puede depender de un corto periodo de alta disponibilidad de polinizadores y por tanto del éxito de la polinización así como de la frecuencia de visitas de sus polinizadores (Ashman y Schoen, 1994; Schoen y Ashman, 1995). Estudios previos han mostrado que cuando la remoción y la deposición del polen, así como la fecundación de los óvulos es rápida, la longevidad de las flores es menor; en tanto que las flores que son frecuentadas más esporádicamente y por tanto tienen una fertilización más tardía, presentan una longevidad mayor (Proctor y Harder, 1995; Schoen y Ashman, 1995; Clayton y Aizen, 1996). Por otra parte, al existir una sincronía entre la disponibilidad de polinizadores y la de flores, éstas pueden permanecer en antesis por menos tiempo y verse menos expuestas a los depredadores.

Las especies que presentan polinización por viento es muy probable que florezcan en la época de sequía, ya que en esta época se reducen las probabilidades de que el polen sea interceptado por flores de especies ajenas (Whitehead, 1969) o por el follaje de la vegetación. De este modo la remoción, deposición de polen así como la fecundación pueden realizarse de una manera más rápida y eficiente.

6.5. Heterogeneidad ambiental y fenología reproductiva

El patrón de floración y fructificación varió significativamente entre ambientes. En el ambiente abierto se presentó un mayor número de especies en floración durante la época de lluvia, mientras que durante la temporada de sequía en el ambiente sombreado florecieron más especies que en el ambiente abierto. Lo anterior sugiere que la humedad y la temperatura pueden afectar el número de especies en floración. En los sitios sombreados existe una mayor humedad durante la época de sequía, lo cual puede favorecer la floración de un mayor número de especies. Aunque hacen falta más estudios en donde se incluya esta variable. Por

otra parte, al término de la época de lluvia en ambos ambientes se presentó el pico de fructificación. Mientras que durante la época de sequía el número de especies en fructificación fue más elevado en los sitios sombreados que en los abiertos aunque este patrón se invierte al final de la época de lluvia.

Es necesario considerar que lo encontrado en los distintos tipos de sitio puede deberse principalmente a diferencias en cuanto a composición de especies. En los sitios abiertos se encontró un mayor número de herbáceas, las cuales responden de manera rápida a la lluvia y florecen tempranamente, mientras que el número de especies arbustivas fue similar en ambos tipos de sitio. En menor grado las diferencias entre sitios pueden deberse al microclima que afecta tanto a la floración como a la fructificación. Además de la humedad, es importante la mayor disponibilidad de recursos en términos de luz, por lo que la producción y sobrevivencia de flores y/o gametos y por tanto, de frutos y/o semillas, son más bajos en sitios sombreados (Stone, 1983), tal como lo sugerido por Figueroa-Castro *et al.* (1998) para *Dahlia coccinea*. En esta especie la producción de estructuras reproductivas fue 4.5 veces mayor en el ambiente abierto que en el sombreado. Asimismo, estos autores registraron una alta tasa de desaparición temprana de estructuras reproductivas en sitios sombreados debida a la caída de éstas antes de la formación del fruto, hecho que no ocurrió en los sitios abiertos.

En general, la duración de los periodos de floración y de fructificación de la mayoría de las especies estudiadas no fueron diferentes entre sitios abiertos y sombreados. Sin embargo, se encontró que sólo el periodo de floración de *Buddleia cordata* se prolongó significativamente en sitios sombreados. De acuerdo con lo anterior, es posible que la longevidad de las flores maduras se deba a que la polinización no sea tan rápida ni eficiente como en sitios abiertos, por la menor visibilidad que pueden tener los polinizadores, o por el menor movimiento de polen por el viento. Adicionalmente, el efecto de la sombra es un factor que puede disminuir la actividad de los insectos visitantes diurnos (Kevan y Baker, 1983), por la menor cantidad de radiación solar que llega a estos sitios debido a la mayor cobertura de la vegetación, lo cual reduce las probabilidades de polinización, tal como es sugerido por Figueroa-Castro *et al.* (1998) en la Reserva del Pedregal de San Ángel para *Dahlia coccinea*.

También se encontró que los periodos de fructificación fueron más prolongados en sitios sombreados que en abiertos en *Buddleia cordata*, *Aegopogon cenchroides* y *Echeveria gibbiflora*. En este caso es posible que la mayor humedad así como la mayor cobertura de la vegetación, pueda impedir la rápida dispersión de las diásporas anemócoras de estas especies y por lo tanto el periodo de fructificación se prolongue.

6.6. Forma de crecimiento y fenología reproductiva

6.6.1. Floración. Los patrones de floración dependieron significativamente de la forma de crecimiento. La mayoría de las especies de herbáceas perennes y herbáceas anuales florecieron durante la época de lluvia, sobre todo por periodos cortos, mientras que las especies arbustivas registraron patrones de floración asociados a la época de sequía, también por periodos cortos. Esto se relaciona con un desfase en los picos de floración de las especies de estas tres formas de crecimiento. Las herbáceas perennes presentaron el máximo número de especies en floración a la mitad de la época de lluvia, las herbáceas anuales al final de ésta época y las especies arbustivas al comienzo de la época de sequía. Patrones similares a los registrados en este trabajo fueron encontrados por Martínez (1997) para estas tres formas de crecimiento en el Parque Ecológico de la Ciudad de México. Esta autora sugiere que dichos desfases en las época de floración de las diferentes formas de crecimiento marcan una clara diferencia entre los nichos temporales que las herbáceas perennes, herbáceas anuales y arbustos ocupan de acuerdo con sus épocas de floración, lo que a su vez se traduce en una mayor disponibilidad de los recursos energéticos, ya sea en forma de néctar y/o polen para los polinizadores que dependen de la comunidad.

Estos desfases en la época de floración respecto a la forma de crecimiento pueden deberse a los diferentes sistemas de economía de recursos almacenados de estas especies, tal como lo han sugerido por Morellato y Leitão-Filho (1996) para especies herbáceas y leñosas de una selva semicaducifolia de Santa Genebra, Brasil. Las herbáceas perennes al presentar estructuras en las que pueden almacenar recursos, pueden responder de manera más inmediata ante la precipitación y florecer tempranamente. Mientras que la herbáceas anuales muestran una respuesta tardía ante la incidencia de la lluvia debido a que

requieren de la acumulación de ciertos niveles de agua en el suelo para iniciar procesos de germinación y crecimiento. Al respecto, Beatley (1974) menciona que en el Desierto de Mojave (SO de Estados Unidos) se requieren niveles mayores de 25 mm de lluvia (de patrón invernal) para iniciar procesos fenológicos vegetativos y reproductivos en las especies anuales. Por otra parte, los arbustos pueden acumular recursos en la época de lluvia y florecer en la sequía, lo cual les permitiría evadir la competencia por nutrimentos o polinizadores al presentar sus periodos de floración fuera de los picos de producción de flores de las herbáceas perennes y anuales. Además, los patrones exhibidos por las diferentes formas de crecimiento en la reserva, pueden deberse también a los diferentes síndromes de polinización que presentan. Lo anterior también se ha encontrado en otros lugares como en un bosque seco en Costa Rica (Opler *et al.*, 1980); un bosque mesófilo en México (Hernández y Carreón, 1987) y una matorral sarcocaula de Baja California Sur, México (León de la Luz *et al.*, 1996).

Por otra parte, se encontró una correlación positiva y significativa entre el número de especies de herbáceas (perennes y anuales) en floración y la precipitación, así como con la temperatura, lo cual puede estar relacionado con la actividad forrajeadora de los polinizadores, en el caso de las especies que son polinizadas por insectos, además al haber una alta disponibilidad de agua en el suelo esto hace posible la absorción de nutrientes por parte de las plantas. En particular la mayoría de los insectos dependen de una temperatura relativamente alta para realizar sus actividades, las bajas temperaturas pueden inhibir la actividad de los visitantes, sobre todo de los nocturnos (Keys *et al.*, 1995). En contraste, no se encontró una correlación significativa entre el número de especies arbustivas en floración con la precipitación ni con la temperatura.

También es importante considerar que los resultados encontrados en la Reserva puedan ser resultado de restricciones filogenéticas.

Los patrones exhibidos por las herbáceas y arbustos en la Reserva contrastan con lo encontrado por Kochmer y Andel (1986) en la costa atlántica de E.U.A y en Honshu, Japón, en donde la floración de los arbustos se presenta antes de la floración de las herbáceas. Estos autores sugieren que los arbustos pueden tener una gran cantidad de nutrimentos

almacenados al comienzo del año, por lo que pueden florecer de manera más temprana que otras formas de crecimiento. Aunque estos autores también sugieren que dichas diferencias pueden ser mejor explicadas por restricciones filogenéticas. También Smith-Ramírez y Armesto (1994) registraron primero la floración de arbustos y después la de herbáceas en Chiloé, Chile, aunque estos autores explican estas diferencias como resultado de los distintos síndromes de polinización así como de un efecto significativo de las familias con un mayor número de especies en la fecha de inicio de la floración de las distintas formas de crecimiento.

6.6.2. Fructificación. Los patrones de fructificación también dependieron significativamente de la forma de crecimiento. Las especies de herbáceas perennes presentaron patrones de fructificación tanto en la época de lluvia como en la de sequía y durante periodos cortos y largos respectivamente. El síndrome de dispersión dominante en las especies de herbáceas perennes fue la anemocoria. Mientras que la mayoría de las especies de herbáceas anuales y arbustivas presentaron patrones de fructificación durante la sequía y periodos cortos principalmente. En las especies arbustivas, el síndrome de dispersión dominante fue la anemocoria, en las herbáceas anuales, por su parte, la dispersión mecánica fue más común que la anemocoria. Los picos de fructificación también se desfasaron: el de las herbáceas perennes y anuales se presentó primero, al final de la época de lluvia, mientras que el pico de los arbustos, aunque menos marcado, ocurrió a la mitad de la época de sequía. Por otra parte, solamente se presentó una correlación negativa entre el número de especies arbustivas en fructificación con la precipitación y con la temperatura. Lo anterior sugiere que para las arbustos la floración no es la presión central, como en el caso de las herbáceas anuales y perennes.

La fructificación durante la época de sequía de las especies de las tres formas de crecimiento, favorece la dispersión por viento, por la mayor intensidad de éste, por la menor cobertura de la vegetación y por la menor humedad tal como se discutió anteriormente. Aunque la fructificación de los arbustos a mediados de la época de sequía puede favorecer aun más la dispersión de sus semillas, ya durante esta época se presentan los vientos más fuertes (enero a marzo). El pico de fructificación de las especies leñosas que ocurre de la

mitad al final de la estación de sequía han sido también descritos para selvas tropicales estacionales en la India (Shukla y Ramakrishnan, 1982), México (Bullock y Solís-Magallanes, 1990), Brasil (Muchado *et al.*, 1997) y en la sabana de Solar Village, Australia (Williams *et al.*, 1999).

También es posible que las diferencias existentes en los patrones de fructificación de las herbáceas perennes, herbáceas anuales y arbustos estén relacionadas con el tiempo requerido para la formación de frutos.

6.7. Especies dominantes y su relación con la fenología reproductiva

Aunque el pico de floración de las especies dominantes se presentó en julio, y el de las no dominantes en septiembre, la fenología floral de las especies dominantes no determinó la fenología de las no dominantes, ya que no se encontraron diferencias entre los periodos de floración de estos dos grupos de especies. Lo anterior puede deberse a que las especies dominantes, que son las que presentan una mayor cobertura y probablemente una mayor cantidad de flores, atraen a un mayor número de polinizadores, lo que puede favorecer también la polinización de las especies no dominantes, las cuales pueden presentar una menor cantidad de flores. Al respecto, se ha observado que plantas que producen más flores y de mayor tamaño, o bien, que producen inflorescencias de gran tamaño y por lo tanto tienen mayor despliegue floral son más visitadas por polinizadores (Willson y Bertin, 1979; Waser, 1983; Wolfe, 1987; Stanton y Preston, 1988; Campbell, 1989; Young y Stanton, 1990; Eckhart, 1991; Mothershead y Marquis, 2000), lo que puede incrementar la remoción de polen (Young y Stanton, 1990; Galen, 1992) y la probabilidad de que los granos de polen alcancen estigmas receptivos (Galen, 1992). Esta mayor frecuencia de visitas a las flores de mayor tamaño o a las plantas con mayor número de flores se debe por un lado a que resultan ser más conspicuas (Eckhart, 1991) y por lo tanto pueden ser visitadas primero (Young y Stanton, 1990) y, por otro lado, a que tales características pueden ser una señal para los polinizadores en el sentido de que las flores con dichas características contienen una mayor cantidad de recompensas disponibles para ellos (Stanton y Preston, 1988; Eckhart, 1991).

Sin embargo, sería necesario la realización de más estudios, ya que el método empleado en este estudio no provee información acerca de la cantidad o tamaño de las flores maduras de las especies dominantes, así como del mecanismo de polinización de éstas.

VII. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Del presente trabajo se puede concluir lo siguiente:

1. La mayoría de las especies vegetales en la Reserva florecieron principalmente durante la época de lluvia durante periodos cortos, lo cual puede estar asociado con un corto periodo de alta disponibilidad de recursos. Sería importante realizar nuevos estudios acerca del papel del fotoperiodo en la fenología floral, ya que además de la precipitación y la temperatura, el fotoperiodo ha sido identificado como una de las principales señales que dan inicio a la floración (Rathcke y Lacey, 1985). Sería interesante también, el marcaje y seguimiento de polen ya que podría darnos información acerca de la movilidad que este puede tener, lo cual puede incrementar el conocimiento acerca del grado de entrecruzamiento entre poblaciones. Zimmerman (1987) sugiere que las tasas de fecundación cruzada son máximas al inicio o final del periodo de floración de una población, puesto que la distancia entre individuos, en ese estadio, encuentra su máximo probabilístico y la fertilización entre individuos estrechamente emparentados (generalmente los próximos entre sí) es menos posible.
2. La fenología floral de la comunidad vegetal de la Reserva, al igual que otros sitios que presentan una estacionalidad climática marcada, es afectada principalmente por la precipitación, y secundariamente por la temperatura. La precipitación dispara la floración, mientras que la temperatura puede favorecer el desempeño fisiológico de las plantas para producir flores. Es posible que la fenología floral también esté afectada por la disponibilidad de polinizadores. Es necesario la realización de estudios acerca de la variación estacional de la densidad de polinizadores en la Reserva. También sería interesante efectuar observaciones acerca de la influencia de la densidad floral sobre la atracción de los polinizadores.
3. Los patrones de fructificación de la comunidad vegetal de la Reserva no se ven afectados por la precipitación ni por la temperatura, sin embargo estos patrones dependieron significativamente del síndrome de dispersión. Es indispensable la

realización de estudios acerca del efecto de la disponibilidad de dispersores sobre la fenología reproductiva.

4. La mayoría de las especies vegetales presentaron como síndrome de dispersión dominante la anemocoria. La dispersión de estas especies se puede ver favorecida por la incidencia de vientos fuertes y la baja cobertura de la vegetación, condiciones presentes durante la época de sequía. Por otra parte, en las especies que presentaron como síndrome de dispersión la zoocoria, la época de lluvia puede estar relacionada con el desarrollo, la maduración y la dispersión de sus frutos.
5. La duración de los periodos de fructificación fue mayor que la duración de los periodos de floración. La longevidad de las flores maduras puede depender del éxito de la polinización así como de la frecuencia de visitas de sus polinizadores. Sería interesante la realización de estudios acerca de la efectividad relativa que los polinizadores tienen en la producción de frutos y semillas. Por otra parte, el tiempo de permanencia y maduración de los frutos y la época en la cual se presentan, podría reflejar el periodo en el que las condiciones ambientales pueden influir en el éxito de la dispersión en relación al tipo de diáspora.
6. La fenología reproductiva entre sitios abiertos y sombreados fue diferente lo cual puede deberse a diferencias en la composición de especies entre sitios, así como al efecto del microclima de los sitios sombreados sobre las especies presentes. Asimismo, la presencia de sombra puede alargar los periodos de floración y fructificación por la reducción en la polinización y la dispersión de semillas y/o frutos, asociada a la baja eficiencia de los vectores de polen y de condiciones para la dispersión.
7. La forma de crecimiento determina la fenología reproductiva de la comunidad vegetal de la Reserva, lo cual se ve reflejado en el desfase de los periodos de floración de las herbáceas perennes, las herbáceas anuales y las arbustivas, probablemente debido a los diferentes sistemas de economía de reserva de estas especies, así como un desfase de los periodos de fructificación debido a la alta sensibilidad de los arbustos para fructificar en la época fría y de sequía.

8. La fenología floral de las especies dominantes no determinó la fenología de las no dominantes. La densidad floral de las especies dominantes puede ser un factor que determine la actividad de los polinizadores y por tanto que esto favorezca la polinización de las especies no dominantes.

LITERATURA CITADA

- Álvarez, J., J. Carabias, J. Meave, P. Moreno-Casasola, D. Nava, F. Rodríguez, C. Tovar y A. Valiente. 1982. *Proyecto para la creación de una Reserva en el Pedregal de San Ángel*. Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Alvim, P. y R. Alvim. 1978. Relation of climate to growth periodicity in tropical trees. Pp. 445-464. En: Tomlinson, P. B. y M. H. Zimmerman (eds.). *Tropical Trees as Living Systems*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Arizmendi, M.C., A. Espinosa de los Monteros y J.F. Ornelas. 1994. Las aves de Pedregal de San Ángel. Pp. 293-300. En: Rojo, A. (comp.). *Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Ángel: Ecología, Historia Natural y Manejo*. UNAM, México.
- Arroyo, M.T., J.J. Armesto y C. Villagrán. 1981. Plant phenological patterns in the high andean cordillera of central Chile. *Journal of Ecology* **69**: 203-223.
- Ashman, T.L. y D.J. Schoen. 1994. How long should flowers live? *Nature* **371**: 788-791.
- Augsburger, C.K. 1986. Morphology and dispersal potential of wind-dispersed diaspores of neotropical trees. *American Journal of Botany* **73**: 353-363.
- Augsburger, C.K. y S.E. Franson. 1988. Input of wind-dispersed seed into light-gaps and forest sites in a neotropical forest. *Journal of tropical Ecology* **4**: 239-252.
- Baker, H.G., K.S. Bawa, G.W. Frankie y P.A. Opler. 1983. Reproductive biology of plants in tropical forest. Pp. 183-215. En: Golley, F.B. (ed.). *Tropical Rain Forest Ecosystems. Structure and function*. Elsevier Scientific Publishing Company, Nueva York.
- Beard, J. 1978. The physiognomic approach. Pp. 33-64. En: Whittaker, R.H. (ed.). *Classifications of Plant Communities*. Junk bv Publishers, Boston.
- Beatley, J.C. 1974. Phenological events and their enviromental triggers in Mojave Desert ecosystem. *Ecology* **55**: 856-863.
- Benítez, G. 1986. *Árboles y Flores del Ajusco*. Instituto de Ecología, México. 123 pp.
- Bertin, R.I. 1989. Pollination Biology. Pp. 23-83. En: Abrahamson, W. G. (ed.). *Plant-Animal Interactions*. McGraw Hill, Nueva York.
- Borchert, R. 1983. Phenology and control of flowering in tropical trees. *Biotropica* **15**: 81-82.
- Bullock, S. y K. Bawa. 1982. Sexual dimorphism and the anual flowering patterns in *Jacaratian dolichaula* (D. Smith) Woodson (Caracaceae) in a Costa Rica rainforest. *Ecology* **62**: 1494-1504.

- Bullock, S. y J.A. Solis-Magallanes. 1990. Phenology of canopy trees of a tropical deciduous forest in Mexico. *Biotropica* **22**: 22-35.
- Bullock, S.H. 1995. Plant reproduction in Neotropical dry forest. Pp. 227-303. En: Bullock, S.H., H.A. Mooney y E. Medina (eds.). *Seasonally Dry Tropical Forests*. Cambridge University Press, Cambridge, Inglaterra.
- Camacho, J.G., F. Hernández y S.T. Pacheco. 1993a. *Boletín meteorológico. Precipitación Pluvial 1963-1992*. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México.
- Camacho, J.G., F. Hernández y S.T. Pacheco. 1993b. *Boletín meteorológico. Temperatura Media 1963-1992*. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México.
- Camacho, J.G., F. Hernández y S.T. Pacheco. 1993c. *Boletín meteorológico. Temperatura Máxima 1963-1992*. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México.
- Camacho, J.G., F. Hernández y S.T. Pacheco. 1993d. *Boletín meteorológico. Temperatura Mínima 1963-1992*. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México.
- Campbell, D.R. 1989. Inflorescence size: test of the male function hypothesis. *American Journal of Botany* **76**: 730-738.
- Cano-Santana, Z. 1994a. Flujo de energía a través de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Acrididae) y productividad primaria neta aérea en una comunidad xerófila. Tesis Doctoral. Centro de Ecología, UNAM, México. 198 pp.
- Cano-Santana, Z. 1994b. La Reserva del Pedregal como ecosistema: estructura trófica. Pp. 149-158. En: Rojo, A. (comp.). *Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Ángel: Ecología, Historia Natural y Manejo*. UNAM, México.
- Cano-Santana, Z. y J. Meave. 1996. Sucesión primaria en derrames volcánicos: el caso del Xitle. *Ciencias* **41**: 58-68.
- Carabias, J. y S. Guevara. 1985. Fenología en una selva tropical húmeda y en una comunidad derivada, los Tuxtles Veracruz. Pp. 67-82 En: Gómez-Pompa A. y S. Del Amo (eds.). *Investigaciones Sobre la Regeneración de Selvas Altas en Veracruz, México*. Vol. 2. INIREB-Alhambra, México.
- Carrillo, T. C. 1995. *El Pedregal de San Ángel*. UNAM, México. 177 pp.
- Castillo, S. y J. Carabias. 1982. Ecología de la vegetación de dunas costeras: Fenología. *Biotica*, **7**: 551-568.
- Clayton, S. y M.A. Aizen. 1996. Effects of pollinia removal and insertion of flower longevity in *Chloraea alpina* (Orchidaceae). *Evolutionary Ecology* **10**: 653-660.

- Crawley, M.J. 1983. *Herbivory: The Dynamics of Animal-Plant Interactions*. University of California, Berkeley. 256 pp.
- Croat, T.B. 1969. Seasonal flowering behavior in Central Panama. *Annual of the Missouri Botanical Garden* **56**: 295-307.
- Croat, T.B. 1975. Phenological behavior of habit and habitat classes on Barro Colorado Island (Panama Canal Zone). *Biotropica* **7**: 270-277.
- Cronquist, A. 1977. *Introducción a la Botánica*. Compañía Editorial Continental, México. 848 pp.
- Daubenmire, R.F. 1982. *Ecología Vegetal*. Limusa, México. 320 pp.
- De Lampa, M.G., Y. Beregon, R. McNeil y A. Leduc. 1992. Seasonal flowering and fruiting patterns in tropical semiarid vegetation in northeastern Venezuela. *Biotropica* **24**: 64-76.
- Dirzo, R. y C.A. Domínguez. 1986. Seed shadows, seed predation and the advantages of dispersal. Pp. 237-249. En: Estrada, A. y T.H. Fleming (eds.). *Frugivores and Seed Dispersal*. Junk Publishers, Dordrecht.
- Eckhart, V.M. 1991. The effects of floral display on pollinator visitation vary among populations of *Phacelia linearis* (Hydrophyllaceae). *Evolutionary Ecology* **5**: 370-384.
- Enciso de la Vega, S.V. 1979. La lavas del Pedregal. *Ciencia y Desarrollo* **25**: 89-93.
- Evans, L.T. 1975. *Daylength and Flowering of Plants*. Benjamin, Menlo Park, California. 122 pp.
- Ewusie, Y. 1980. *Elements of Tropical Ecology*. Heinemann Press, Nairobi. 120 pp.
- Figueroa-Castro, D.M. 1997. Análisis comparativo de la biología floral de cinco especies de compuestas del Pedregal de San Ángel, D.F. (México). Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 111 pp.
- Figueroa-Castro, D.M., Z. Cano-Santana y E. Camacho-Castillo. 1998. Producción de estructuras reproductivas y fenología reproductiva de cinco especies de compuestas en una comunidad xerófila. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **63**: 67-74.
- Foster, R.B. 1982. The seasonal rhythm of fruit fall on Barro Colorado Island. Pp. 15-172. En: Leigh, G.E., A.S. Rand y D.M. Windsor (eds.) *The Ecology of a Tropical Forest: Seasonal Rhythms and Long-Term Changes*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Foster, R.B., B.J. Arce y S.T. Wachter. 1986. Dispersal and the sequential plant communities in Amazonian Peru floodplain. Pp. 357-370. En: Estrada, A. y T.H. Fleming (eds.). *Frugivores and Seed Dispersal*. W. Junk Publishers, Dordrecht.

- Frankie, G.W., H.G. Baker y P.A. Opler. 1974. Comparative phenological studies of trees in a tropical wet and dry forest in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology* **62**: 881-913.
- Galen, C. 1992. Pollen dispersal dynamics in an alpine wildflower, *Polemonium viscosum*. *Evolution* **46**: 1043-1051.
- García, E. 1964. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana)*. García, México. 71 pp.
- Garwood, N.C. 1983. Seed germination in a seasonal tropical forest in Panama: a community study. *Ecological Monographs* **53**: 159-181.
- Gautier-Hion, A. 1991. Interactions among fruit and vertebrate fruit-eaters in an African Tropical Rain forest. Pp. 219-230. En: Bawa, K.S. y M. Handley (eds.). *Reproductive Ecology of Tropical Plants*. Man and the Biosphere Series. The Parthenon, Londres.
- Gentry, A.H. 1974. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. *Biotropica* **6**: 64-68.
- Gentry, A.H. 1982. Patterns of neotropical plant species diversity. *Evolution of Biology* **15**: 1-84.
- Grime, J.P. 1982. *Estrategias de Adaptación de las Plantas y Procesos que Controlan la Vegetación*. Limusa, México.
- Heinrich, B. 1976. Flowering phenologies: bog, woodland, and disturbed habitats. *Ecology* **57**: 890-899.
- Hernández, H. y Carreón, Y. 1987. Notas sobre la ecología reproductiva de árboles en un bosque mesófilo de montaña en Michoacán, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **47**: 23-35.
- Hilty, S.L. 1980. Flowering and fruiting periodicity in a premontane rain forest in Pacific Colombia. *Biotropica* **12**: 292-306.
- Ibarra, G. 1979. Las arañas Labidognatha de la parte norte del Pedregal de San Ángel. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 106 pp.
- Ibarra-Manríquez, G., B. Sánchez y L. González. 1991. Fenología de lianas y árboles anemócoros en una selva cálida-húmeda de México. *Biotropica* **23**: 242-254.
- Imaz, M. 1991. El hábitat urbano de la Ciudad de México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 96 pp.
- Inouye, S.R. 1991. Population biology of desert annual plants. Pp. 27-54. En: Polis, G.A. (ed.). *The Ecology of Desert Communities*. The University of Arizona Press, Tucson.

- Janzen, D.H. 1967. Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in Central America. *Evolution* **21**: 620-637.
- Jones, S. B. 1988. *Sistemática Vegetal*. McGraw-Hill, México. 536 pp.
- Justiniano, M.J. y T.S. Fredericksen. 2000. Phenology of tree species in Bolivian dry forests. *Biotropica* **32**: 276-281.
- Kevan, P.G. y H.G. Baker. 1983. Insects as flower visitors and pollinators. *Annual Review of Entomology* **28**: 407-453.
- Keys, R.N., S.L. Buchman y S.E. Smith. 1995. Pollination effectiveness and pollination efficiency of insect foraging *Prosopis velutina* in South-eastern Arizona. *Journal of applied Ecology* **32**: 519-527.
- Kochmer, J.P. y S.N. Handel. 1986. Constraints and competition in the evolution of flowering phenology. *Ecological Monographs* **56**: 303-325.
- Lang, A. 1965. Phenology of flower initiation. Pp. 1380-1536. En: Ruhland, W. (ed.) *Encyclopedia of Plant Physiology*. Springer-Verlag, Berlín.
- Leigh, G. E. y D. M. Windsor. 1982. Forest production and regulation of primary consumers on Barro Colorado Island. Pp. 111-122. En: Leigh, G.E., A.S. Rand y D.M. Windsor (eds.). *The ecology of a tropical forest: seasonal rhythms and long term changes*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- León de la Luz, J.L., R. Coria y M. Cruz. 1996. Fenología floral de una comunidad árido-tropical de Baja California Sur, México. *Acta Botánica Mexicana* **35**: 45-64.
- Levin, A. y W. Anderson. 1973. Competition for pollinators between simultaneously flowering species. *American Naturalist* **104**: 455-467.
- Lieberman, D. 1982. Seasonality and phenology in a dry tropical forest in Ghana. *Journal of Ecology* **70**: 791-806.
- Lieth, H. 1974. Phenology and seasonality modelling. *Ecological Studies: Analysis and Synthesis*. Vol. 8. Springer-Verlag, Nueva York. 444 pp.
- Martínez, M.M. 1997. Fenología de especies herbáceas y arbustivas del Parque Ecológico de la Ciudad de México, Ajusco Medio, D.F. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 82 pp.
- May, M.L. 1979. Insect thermoregulation. *Annual Review of Entomology* **24**: 313-349

- Meave, J., J. Carabias, V. Arriaga y A. Valiente-Banuet. 1994. Observaciones fenológicas en el Pedregal de San Ángel. Pp. 91-105. En: Rojo, A. (comp.). *Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Ángel: Ecología, Historia Natural y Manejo*. UNAM, México.
- Monasterio, M. y G. Sarmiento. 1976. Phenological strategies of plant species in the tropical savanna and the semi-deciduous forest of the Venezuelan Llanos. *Journal of Biogeography* **3**: 325-356.
- Morellato, L.P.C., R.R. Rodrigues, H.F. Leitão-Filho y C.A. Joly. 1989. Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta mesófila semidecídua na Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo. *Revista Brasileira Botânica* **12**: 85-98.
- Morellato, L.P.C. y H.F. Leitão-Filho. 1990. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta mesófila na Serra do Japi, Jundiaí, SP. *Revista Brasileira Biológica* **50**: 163-173.
- Morellato, P. C. y H. F. Leitão-Filho. 1996. Reproductive phenology of climbers in a southeastern brazilian forest. *Biotropica* **28**: 180-191.
- Mothershead, K. Y R.J. Marquis. 2000. Fitness impact of herbivory through indirect effects on plant-pollinator interactions in *Oenothera macrocarpa*. *Ecology* **81**: 30-40.
- Muchado, I.C.S., L.M. Barros y E.V.S. Sampaio. 1997. Phenology of caatinga species at Talhada, PE, northeastern Brazil. *Biotropica* **29**: 57-68.
- Mueller-Dombois, D. y H. Ellenberg. 1974. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. John Wiley and Sons, Nueva York. 450 pp.
- Negrete, G.A. y J. Soberón. 1994. Los mamíferos silvestres de la Reserva Ecológica "El Pedregal". Pp. 219-228. En: Rojo, A. (comp.). *Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Ángel: Ecología, Historia Natural y Manejo*. UNAM, México.
- Newstrom, L.E., G.W. Frankie y H.G. Baker. 1994. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica* **26**: 141-159.
- Opler, P.A., G.W. Frankie y H.G. Baker. 1976. Rainfall as a factor in the release, timing, and synchronization of anthesis by tropical trees and shrubs. *Journal of Biogeography* **3**: 231-236.
- Opler, P.A., G.W. Frankie y H.G. Baker. 1980. Comparative phenological studies of treelet and shrub species in tropical wet and dry forest in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology* **68**: 167-188.
- Opler, P.A., H.G. Baker y G.W. Frankie. 1990. Seasonality of climber communities: a review and example from Costa Rica Dry Forest. Pp. 377-392. En: Putz F.E. y H.A. Mooney (eds.). *The Biology of Vines*. Cambridge University Press, Cambridge, Inglaterra.

- Primack, R.B. 1987. Relationships among flowers, fruits, and seeds. *Annual Review of Ecology and Systematics* **18**: 409-430.
- Prins, A.H., K. Vrieling, P.G.L. Klinkhamer y T.J. de Jong. 1990. Flowering behaviour of *Senecio jacobea*: effects of nutrient availability and size-dependent vernalization. *Oikos* **59**: 248-252.
- Proctor, H.C. y L.D. Harder. 1995. Effect of pollination success on floral longevity in the orchid *Calypso bulbosa* (Orchidaceae). *American Journal of Botany* **82**: 1131-1136.
- Pulido, P. y S. Koch. 1992. *Guía Ilustrada de las Plantas del Cerro de Tetzcutzingo*. Instituto de Biología, UNAM, México. 150 pp.
- Putz, F.E. y D.M. Windsor. 1987. Lianas phenology on Barro Colorado Island, Panama. *Biotropica* **19**: 334-341.
- Putz, F.E. y P. Chai. 1987. Ecological studies of lianas in Lambir National Park, Sarawak, Malaysia. *Journal of Ecology* **75**: 523-531.
- Rathcke, B. y E. Lacey. 1985. Phenological patterns of terrestrial plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* **16**:179-214.
- Reich, P.B. 1995. Phenology of tropical forests: patterns, causes, and consequences. *Canadian Journal of Botany* **73**: 164-174.
- Rzedowski, J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Ángel (Distrito Federal, México). *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas I.P.N., México*. **8**: 59-129.
- Rzedowski, J. y G.C. Rzedowski (eds.). 1979. *Flora Fanerogámica del Valle de México*. Vol. 1. Generalidades, Gymnospermae, Dicotiledónea (Saururaceae–Polygalaceae). Continental, México. 597 pp.
- Rzedowski, J. y G.C. Rzedowski (eds.). 1985. *Flora Fanerogámica del Valle de México*. Vol. 2. Dicotiledónea (Euphorbiaceae – Compositae). Instituto de Ecología y E.N.C.B., México. 674 pp.
- Rzedowski, J. y G.C. Rzedowski (eds.). 1990. *Flora Fanerogámica del Valle de México*. Vol. 3. Monocotiledónea. Instituto de Ecología, Pátzcuaro, Michoacán. 437 pp.
- Sánchez, S.O. 1980. *La Flora del Valle de México*. Herrero, México. 519 pp.
- Sánchez-Garfías, B., G. Ibarra-Manríquez y L. González-García. 1991. *Manual de Identificación de Frutos y Semillas Anemócoros, de Árboles y Lianas de la Estación "Los Tuxtles", Veracruz, México*. Instituto de Biología, UNAM, México.

- Sarmiento, G. 1984. *The Ecology of Neotropical Savannas*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. 256 pp.
- Schmitt, J. 1980. Pollinator foraging behavior and gene dispersal in *Senecio* (Compositae). *Evolution* **34**: 934-943.
- Schoen, D.J. y T.L. Ashman. 1995. The evolution of floral longevity: resource allocation to maintenance versus construction of repeated parts in modular organisms. *Evolution* **49**: 131-139.
- Shukla, R.P. y P.S. Ramakrishnan. 1982. Phenology of trees in a sub-tropical humid forest in north-eastern India. *Vegetatio* **49**: 103-109.
- Singh, J.S. y V.K. Singh. 1992. Phenology of seasonally dry tropical forest. *Curr. Sci.* **63**: 684-688.
- Smith-Ramírez, C. y J.J. Armesto. 1994. Flowering and fruiting patterns in the temperate rainforest of Chiloé, Chile ecologies and climatic constraints. *Journal of Ecology* **82**: 353-365.
- Snow, D.W. 1966. A possible selective factor in the evolution of fruiting species in a tropical forest. *Oikos* **15**: 274-281.
- Soberón, J., M. De la Cruz y G. Jiménez. 1991. Ecología hipotética de la Reserva del Pedregal de San Ángel. *Ciencia y Desarrollo* **17**: 25-38.
- Stanton, M.L. y R. E. Preston. 1988. Ecological consequences and phenotypic correlates of petal size variation in wild radish, *Raphanus sativus* (Brassicaceae). *American Journal of Botany* **75**: 528-539.
- Stone, S.B. 1983. Costs and benefits of flower abscission and fruit abortion of *Asclepias speciosa*. *Ecology* **64**: 264-273.
- Thórhallsdóttir, T.E. 1998. Flowering phenology in the central Highland of Iceland and implications for climatic warming in the Arctic. *Oecologia* **114**: 43-49.
- UNAM, Universidad Nacional Autónoma de México. 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. *Gaceta UNAM* **3070**: 15-17.
- Valiente-Banuet, A. y E. De Luna. 1990. Una lista florística actualizada para la Reserva del Pedregal de San Ángel. *Acta Botánica Mexicana* **9**: 13-30.
- Van Der Pijl, L. 1972. *Principles of Dispersal in Higher Plants*. Springer-Verlag, Berlín. 161 pp.
- Van Rheede, K. y M.W. Van Rooyen. 1999. *Adaptations of Desert Organisms. Dispersal Biology of Desert Plants*. Springer-Verlag, Berlín. 242 pp.

- Vasek, F.C. y R.H. Sauer. 1971. Seasonal progression of flowering in *Clarkia*. *Ecology* **52**: 1038-1045.
- Waser, N.M. 1978. Competition for hummingbird pollination and sequential flowering in two Colorado wild-flowers. *Ecology* **59**: 934-944.
- Waser, N.M. 1983. The adaptive nature of floral traits: ideas and evidence. Pp. 241-285. En: Leslie R. (ed.). *Pollination Biology*. Academic Press, Londres.
- Weier, E., R. Stocking y M.G. Barbour. 1979. *Botánica*. Limusa, México. 741 pp.
- Whitehead, D.R. 1969. Wind pollination in the angiosperms: evolutionary and enviromental considerations. *Evolution* **23**: 28-35.
- Widén, B. 1991. Enviromental and genetic influences on phenology and plant size in a perennial herb, *Senecio integrifolius*. *Canadian Journal of Botany* **69**: 209-217.
- Williams, R.J., B.A. Myers, D. Eamus y G.A. Duff. 1999. Reproductive phenology of woody species in a North Australian tropical savanna. *Biotropica* **31**: 626-636.
- Willmer, P.G., A.M. Bataw y J.P. Hughes. 1994. The superiority of bumblebees to honeybees as pollinators: insect visits to raspberri flowers. *Ecological Entomology* **19**: 271-284.
- Willson, M.F. y R.I. Bertin. 1979. Flower-visitors, nectar production, and inflorescence size of *Asclepias syriaca*. *Canadian Journal of Botany* **57**: 1380-1388.
- Wolfe, L.M. 1987. Inflorescence size and pollinaria removal in *Asclepias curassavica* and *Epidendrum radicans*. *Biotropica* **19**: 86-89.
- Young, H.J. y M.L. Stanton. 1990. Influences of floral visitation on pollen removal and seed production in wild radish. *Ecology* **71**: 536-547.
- Zar, J. H. 1984. *Biostatistical Analisis*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, Nueva Jersey. 718 pp.
- Zimmerman, M. 1987. Reproduction in *Polemonium*: Competition for pollinators. *Ecology* **61**: 497-501.

APÉNDICE 1

Datos de precipitación promedio y temperatura media mensual de 1963 a 1997 del Observatorio Meteorológico de la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM en la Reserva del Pedregal de San Ángel, tomados de Camacho *et al.* (1993a, b).

Mes	Temperatura media (°C)	Precipitación (mm)
Ene	12.4	11.5
Feb	14.8	4.0
Mar	16.4	11.0
Abr	17.5	23.5
May	18.5	61.4
Jun	17.9	157.0
Jul	16.9	177.0
Ago	17.9	164.0
Sep	16.9	148.0
Oct	16.2	60.8
Nov	14.6	10.9
Dic	13.1	6.11

APÉNDICE 2

Datos biológicos de las especies estudiadas de diciembre de 1996 a noviembre de 1997 en la comunidad vegetal de la Reserva del Pedregal de San Ángel.

FAMILIAS Y ESPECIES ¹	FORMA DE CRECIMIENTO ²	FRUTO ³	SÍNDROME DE DISPERSIÓN ⁴
AMARANTACEAE			
<i>Iresine calea</i> (Ibáñez) Standl.	arbusto	utrículo	anemocoria
<i>Iresine diffusa</i> H.& B. ex Willd.	herbácea perenne	utrículo	anemocoria
AMARYLLIDACEAE			
<i>Hypoxis mexicana</i> Schult.	herbácea perenne	cápsula	zoocoria
<i>Manfreda brachystachya</i> (Cav.) Rose	herbácea perenne	cápsula	dispersión mecánica
<i>Zephyranthes concolor</i> (Lindl.) Benth & Hook	herbácea perenne	cápsula	dispersión mecánica
APIACEAE			
<i>Arracacia toluensis</i> (Kunth) Hemsl.	herbácea perenne	esquizocarpo	dispersión mecánica
ASCLEPIADACEAE			
<i>Asclepias linaria</i> Cav.	arbusto	folículo	anemocoria
<i>Gonolobus uniflorus</i> Kunth	liana	folículo	anemocoria
<i>Metastelma angustifolium</i> Turcz.	liana	folículo	anemocoria
ASTERACEAE			
<i>Ageratum corymbosum</i> Zucc. ex Pers.	arbusto	aquenio	anemocoria
<i>Baccharis pteronioides</i> DC.	arbusto	aquenio	anemocoria
<i>Baccharis sordescens</i> DC.	arbusto	aquenio	anemocoria
<i>Baccharis</i> sp.	arbusto	aquenio	anemocoria
<i>Bidens ferulifolia</i> (Jacq.) DC.	herbácea anual	aquenio	zoocoria
<i>Bidens odorata</i> Cav.	herbácea anual	aquenio	zoocoria
<i>Bidens</i> sp.	herbácea anual	aquenio	zoocoria
<i>Brickellia veronicifolia</i> (Kunth) Gray	arbusto	aquenio	anemocoria
<i>Conyza sophiifolia</i> Kunth	herbácea anual	aquenio	anemocoria
<i>Cosmos bipinnatus</i> Cav.	herbácea anual	aquenio	anemocoria
<i>Dahlia coccinea</i> Cav.	herbácea perenne	aquenio	anemocoria

APÉNDICE 2 (Continuación)

FAMILIAS Y ESPECIES ¹	FORMA DE CRECIMIENTO ²	FRUTO ³	SÍNDROME DE DISPERSIÓN ⁴
ASTERACEAE			
<i>Dyssodia papposa</i> (Vent.) Hitchc.	herbácea anual	aquenio	anemocoria
<i>Eupatorium petiolare</i> Moc. ex DC.	arbusto	aquenio	anemocoria
<i>Eupatorium pulchellum</i> Kunth	arbusto	aquenio	anemocoria
<i>Eupatorium</i> sp.	herbácea perenne	aquenio	anemocoria
<i>Florestina pedata</i> (Cav.) Cass	herbácea anual	aquenio	anemocoria
<i>Gnaphalium canescens</i> DC.	herbácea perenne	aquenio	anemocoria
<i>Gnaphalium oxyphyllum</i> DC.	herbácea anual	aquenio	anemocoria
<i>Gnaphalium stramineum</i> Kunth	herbácea anual	aquenio	anemocoria
<i>Heterosperma pinnatum</i> Cav.	herbácea anual	aquenio	anemocoria
<i>Lagascea rubra</i> Kunth	arbusto	aquenio	anemocoria
<i>Montanoa tomentosa</i> Cerv.	arbusto	aquenio	anemocoria
<i>Piqueria trinervia</i> Cav.	herbácea perenne	aquenio	anemocoria
<i>Schkuhria pinnata</i> (Lam.) Kuntze	herbácea anual	aquenio	anemocoria
<i>Senecio praecox</i> (Cav.) DC.	arbusto	aquenio	anemocoria
<i>Senecio salignus</i> DC.	arbusto	aquenio	anemocoria
<i>Senecio</i> sp.	herbácea anual	aquenio	anemocoria
<i>Stevia ovata</i> Willd.	herbácea perenne	aquenio	anemocoria
<i>Stevia salicifolia</i> Cav.	arbusto	aquenio	anemocoria
<i>Stevia serrata</i> Cav.	herbácea perenne	aquenio	anemocoria
<i>Tagetes lunulata</i> Ort.	herbácea anual	aquenio	anemocoria
<i>Tagetes micrantha</i> Cav.	herbácea anual	aquenio	anemocoria
<i>Verbesina virgata</i> Cav.	arbusto	aquenio	anemocoria
<i>Zinnia peruviana</i> (L.) L.	herbácea anual	aquenio	anemocoria
BEGONIACEAE			
<i>Begonia gracilis</i> Kunth	herbácea anual	capsula	anemocoria
BRASSICACEAE			
<i>Brassica</i> sp.	herbácea anual	silicua	dispersión mecánica
<i>Halimolobos hispidula</i> (DC.) Schulz.	herbácea anual	silicua	dispersión mecánica
<i>Lepidium virginicum</i> L.	herbácea anual	silicula	dispersión mecánica

APÉNDICE 2 (Continuación)

FAMILIAS Y ESPECIES ¹	FORMA DE CRECIMIENTO ²	FRUTO ³	SÍNDROME DE DISPERSIÓN ⁴
BROMELIACEAE			
<i>Tillandsia recurvata</i> (L.) L.	herbácea epífita	cápsula	anemocoria
CACTACEAE			
<i>Opuntia tomentosa</i> SD.	arbusto	baya	zoocoria
<i>Mammillaria magnimamma</i> (Haw.)	arbusto	baya	zoocoria
CAMPANULACEAE			
<i>Diastatea micrantha</i> (Kunth) McVaugh	herbácea anual	cápsula	dispersión mecánica
CARYOPHYLLACEAE			
<i>Arenaria lanuginosa</i> (Michx.) Rohrb.	herbácea perenne	cápsula	anemocoria
<i>Drymaria glandulosa</i> Bartling.	herbácea anual	cápsula	anemocoria
<i>Drymaria laxiflora</i> Benth.	herbácea perenne	cápsula	anemocoria
<i>Minuartia moehringioides</i> Moc.& Sessé ex Ser.	herbácea perenne	cápsula	anemocoria
COMMELINACEAE			
<i>Commelina tuberosa</i> L.	herbácea perenne	cápsula	dispersión mecánica
<i>Tradescantia crassifolia</i> Cav.	herbácea perenne	cápsula	dispersión mecánica
<i>Tripogandra purpurascens</i> (Schauer) Handl. & S.	herbácea anual	cápsula	dispersión mecánica
CONVOLVULACEAE			
<i>Evolvulus alsinoides</i> L.	herbácea perenne	cápsula	dispersión mecánica
<i>Ipomoea capillacea</i> G. Don	herbácea perenne	cápsula	dispersión mecánica
<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth	herbácea anual	cápsula	dispersión mecánica
<i>Ipomoea</i> sp.	herbácea anual	cápsula	dispersión mecánica
CRASSULACEAE			
<i>Echeveria gibbiflora</i> DC.	arbusto	folículo	anemocoria
<i>Sedum oxypetalum</i> Kunth	arbusto	folículo	anemocoria
<i>Villadia batesii</i> (Hemsl.) Baehni & Macbr.	arbusto	folículo	anemocoria
CUCURBITACEAE			
<i>Sicyos deppei</i> G. Don	herbácea anual	cápsula	zoocoria

APÉNDICE 2 (Continuación)

FAMILIAS Y ESPECIES ¹	FORMA DE CRECIMIENTO ²	FRUTO ³	SÍNDROME DE DISPERSIÓN ⁴
CYPERACEAE			
<i>Bulbostylis juncooides</i> (Vahl) Kük.	herbácea perenne	aquenio	dispersión mecánica
<i>Cyperus hermaphroditus</i> (Jacq.) Standl.	herbácea perenne	aquenio	zoocoria
<i>Cyperus maninae</i> Kunth	herbácea perenne	aquenio	zoocoria
<i>Cyperus seslerioides</i> Kunth	herbácea perenne	aquenio	dispersión mecánica
DIOSCOREACEAE			
<i>Dioscorea galeottiana</i> Kunth	herbácea perenne	cápsula	anemocoria
EUPHORBIACEAE			
<i>Euphorbia dentata</i> Michx.	herbácea anual	cápsula	dispersión mecánica
<i>Euphorbia graminea</i> Jacq.	herbácea anual	cápsula	dispersión mecánica
<i>Euphorbia oppositifolia</i> McVaugh	herbácea anual	cápsula	dispersión mecánica
<i>Euphorbia postrata</i> Ait.	herbácea anual	cápsula	dispersión mecánica
FABACEAE			
<i>Calliandra grandiflora</i> (L. Hér.) Benth.	arbusto	legumbre	dispersión mecánica
<i>Dalea zimapanica</i> (Schaver.)	arbusto	legumbre	dispersión mecánica
<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ort.) Sarg.	arbusto	legumbre	anemocoria
<i>Macroptilium gibbosifolium</i> (Ort.) A. Delgado	herbácea perenne	legumbre	dispersión mecánica
<i>Phaseolus leptostachyus</i> Benth.	herbácea perenne	legumbre	dispersión mecánica
<i>Phaseolus pluriflorus</i> Marechal & al.	herbácea perenne	legumbre	dispersión mecánica
GERANIACEAE			
<i>Geranium seemannii</i> Peyr.	herbácea perenne	esquizocarpo	dispersión mecánica
HYDROPHYLLACEAE			
<i>Wigandia urens</i> (Ruiz & Pavón) Kunth	arbusto	cápsula	anemocoria
IRIDACEAE			
<i>Gladiolus</i> sp.	herbácea perenne	cápsula	anemocoria
LAMIACEAE			
<i>Salvia mexicana</i> L.	herbácea perenne	esquizocarpo	dispersión mecánica
<i>Salvia tiliifolia</i> Vahl.	herbácea anual	esquizocarpo	dispersión mecánica

APÉNDICE 2 (Continuación)

FAMILIAS Y ESPECIES ¹	FORMA DE CRECIMIENTO ²	FRUTO ³	SÍNDROME DE DISPERSIÓN ⁴
LILIACEAE			
<i>Calochortus barbatus</i> Kunth	herbácea perenne	cápsula	dispersión mecánica
<i>Echeandia gracilis</i> Cruden	herbácea perenne	cápsula	dispersión mecánica
<i>Milla biflora</i> Cav.	herbácea perenne	cápsula	dispersión mecánica
LOGANIACEAE			
<i>Buddleia cordata</i> Kunth	árbol	cápsula	anemocoria
<i>Buddleia parviflora</i> Kunth	arbusto	cápsula	anemocoria
LYTHRACEAE			
<i>Cuphea wrightii</i> A. Gray	herbácea anual	cápsula	zoocoria
MALPIGHIACEAE			
<i>Gaudichaudia mucronata</i> Moc. & Sessé	liana	sámara	anemocoria
MALVACEAE			
<i>Anoda cristata</i> (L.) Schlecht.	herbácea anual	esquizocarpo	dispersión mecánica
NYCTAGINACEAE			
<i>Mirabilis jalapa</i> (L.)	herbácea perenne	aquenio	dispersión mecánica
ONAGRACEAE			
<i>Oenothera pubescens</i> Willd. ex Spreng.	herbácea perenne	cápsula	anemocoria
ORCHIDACEAE			
<i>Deiregyne pyramidalis</i> (Lindl.) Burns-Balogh	herbácea perenne	cápsula	anemocoria
<i>Malaxis myurus</i> Lindl.	herbácea perenne	cápsula	anemocoria
<i>Mesadenus polyanthus</i> (Lindl.) Schltr.	herbácea perenne	cápsula	anemocoria
<i>Schiedeella llaveana</i> (Lindl.) Schltr.	herbácea perenne	cápsula	anemocoria
<i>Stenorrhynchos aurantiacus</i> (Lex.) Lindl.	herbácea perenne	cápsula	anemocoria
OXALIDACEAE			
<i>Oxalis corniculata</i> L.	herbácea perenne	cápsula	dispersión mecánica
<i>Oxalis lunulata</i> Zucc.	herbácea perenne	cápsula	dispersión mecánica
PASSIFLORACEAE			
<i>Passiflora subpeltata</i> Ort.	herbácea	baya	zoocoria

APÉNDICE 2 (Continuación)

FAMILIAS Y ESPECIES ¹	FORMA DE CRECIMIENTO ²	FRUTO ³	SÍNDROME DE DISPERSIÓN ⁴
PHYTOLACCACEAE			
<i>Phytolacca icosandra</i> L.	herbácea perenne	baya	zoocoria
PLUMBAGINACEAE			
<i>Plumbago pulchella</i> Boiss.	herbácea perenne	utrículo	zoocoria
POACEAE			
<i>Aegopogon cenchroides</i> H. & B.	herbácea perenne	cariopsis	anemocoria
<i>Aristida apressa</i> Vasey	herbácea perenne	cariopsis	zoocoria
<i>Aristida divaricata</i> H. & B.	herbácea perenne	cariopsis	zoocoria
<i>Bromus carinatus</i> Hook & Arn.	herbácea perenne	cariopsis	anemocoria
<i>Leptochloa dubia</i> Kunth	herbácea perenne	cariopsis	anemocoria
<i>Microchloa kunthii</i> Desv.	herbácea perenne	cariopsis	anemocoria
<i>Muhlenbergia glabrata</i> Kunth	herbácea perenne	cariopsis	anemocoria
<i>Muhlenbergia robusta</i> (Fourn.) Hitchr.	herbácea perenne	cariopsis	anemocoria
<i>Panicum hallii</i> Vasey	herbácea perenne	cariopsis	anemocoria
<i>Paspalum tenellum</i> Willd.	herbácea perenne	cariopsis	zoocoria
<i>Rhynchelytrum repens</i> (Willd.) Hubb.	herbácea perenne	cariopsis	anemocoria
<i>Schizachyrium sanguineum</i> (Retz.) Alst.	herbácea perenne	cariopsis	anemocoria
<i>Setaria grisebachii</i> Fourn.	herbácea perenne	cariopsis	zoocoria
<i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguelen	herbácea perenne	cariopsis	zoocoria
<i>Sporobolus atrovirens</i> Kunth	herbácea perenne	cariopsis	anemocoria
<i>Tripsacum dactyloides</i> (L.) L.	herbácea perenne	cariopsis	anemocoria
POLEMONIACEAE			
<i>Loeselia mexicana</i> (Lam.) Brand	arbusto	cápsula	dispersión mecánica
PORTULACACEAE			
<i>Portulaca mexicana</i> P. Wilson	herbácea perenne	cápsula	dispersión mecánica
<i>Portulaca pilosa</i> L.	herbácea perenne	cápsula	dispersión mecánica
<i>Talinum humile</i> Greene	herbácea perenne	cápsula	dispersión mecánica
RESEDACEAE			
<i>Reseda luteola</i> L.	herbácea anual	cápsula	dispersión mecánica

APÉNDICE 2 (Continuación)

FAMILIAS Y ESPECIES ¹	FORMA DE CRECIMIENTO ²	FRUTO ³	SÍNDROME DE DISPERSIÓN ⁴
ROSACEAE			
<i>Prunus serotina</i> Ehrb.	árbol	drupa	zoocoria
<i>Rubus liebmannii</i> Focke.	arbusto	polidrupa	zoocoria
RUBIACEAE			
<i>Borreria verticillata</i> (L.) G.F.W. Meyer	herbácea perenne	cápsula	dispersión mecánica
<i>Bouvardia ternifolia</i> (Cav.) Schlecht.	arbusto	cápsula	dispersión mecánica
<i>Crusea longiflora</i> Willd. ex Roem. & Schult.	herbácea anual	cápsula	dispersión mecánica
SAPINDACEAE			
<i>Cardiospermum halicacabum</i> L.	herbácea anual	cápsula	anemocoria
<i>Dodonaea viscosa</i> (L.) Jacq.	arbusto	cápsula	anemocoria
SCROPHULARIACEAE			
<i>Buchnera pusilla</i> Kunth	herbácea anual	cápsula	dispersión mecánica
<i>Lamourouxia dasyantha</i> Cham & Schl.	herbácea perenne	cápsula	dispersión mecánica
<i>Lamourouxia multifida</i> Kunth	herbácea perenne	cápsula	dispersión mecánica
<i>Penstemon campanulatus</i> (Cav.) Willd.	herbácea perenne	cápsula	dispersión mecánica
SOLANACEAE			
<i>Physalis orizabae</i> Dun.	herbácea perenne	baya	zoocoria
<i>Physalis philadelphica</i> Lam.	herbácea anual	baya	zoocoria
<i>Solanum nigrescens</i> Mart. & Gal.	herbácea perenne	baya	zoocoria
VALERIANACEAE			
<i>Valeriana sorbifolia</i> Kunth	herbácea anual	aquenio	dispersión mecánica
VERBENACEAE			
<i>Verbena carolina</i> L.	herbácea perenne	drupa	anemocoria
VITACEAE			
<i>Cissus sicyoides</i> L.	liana	baya	zoocoria

¹ Pulido y Koch (1992), Rzedowski (1979,1985,1990).

² Basadas en la clasificación de Whittaker, Beard (1978).

³ Jones (1988), Rzedowski (1979,1985,1990).

⁴ N. Diego (com. pers.), J. Jiménez (com. pers.), Van der Pijl (1972), Cronquist (1977), Weier *et al.* (1979), Sanchez-Garfias *et al.* (1991), Meave *et al.* (1994), Martínez (1997), Van Rheede y Van Rooyen (1999).

APÉNDICE 3

Especies registradas en cada uno de los cinco muestreos mediante el análisis de dominancia en la Reserva del Pedregal de San Ángel en 1997.
Cob. %= cobertura relativa; Frec. %= frecuencia relativa; V.I.= valor de importancia; ----- ausencia de especie.

Especie	Muestreos														
	Febrero			Mayo			Julio			Septiembre			Noviembre		
	Cob.%	Frec.%	V.I.	Cob.%	Frec.%	V.I.	Cob.%	Frec.%	V.I.	Cob.%	Frec.%	V.I.	Cob.%	Frec.%	V.I.
<i>Buddleia cordata</i>	21.674	11.871	33.544	12.879	5.499	18.378	8.465	4.307	12.772	7.787	3.955	11.742	13.035	6.589	19.624
<i>Muhlenbergia robusta</i>	13.654	19.245	32.898	15.607	11.083	26.689	13.960	8.666	22.626	19.164	8.925	28.089	26.359	16.570	42.929
<i>Dodonaea viscosa</i>	19.234	8.094	27.327	10.078	3.892	13.970	6.240	2.626	8.866	4.904	2.130	7.034	7.167	3.585	10.753
<i>Verbesina virgata</i>	7.528	8.094	15.622	8.648	6.684	15.332	6.243	5.462	11.705	8.217	5.933	14.150	9.791	8.915	18.706
<i>Rynchelytrum repens</i>	5.412	5.576	10.988	1.128	1.607	2.736	3.838	4.674	8.513	4.317	3.753	8.070	7.653	6.298	13.952
<i>Opuntia tomentosa</i>	3.444	5.216	8.660	2.378	2.792	5.170	0.892	1.313	2.205	1.030	1.826	2.856	1.497	2.713	4.210
<i>Eupatorium petiolare</i>	3.645	4.137	7.781	5.486	3.553	9.039	2.764	1.733	4.497	3.222	1.978	5.200	4.221	3.391	7.612
<i>Senecio praecox</i>	3.542	3.957	7.498	8.092	3.976	12.069	5.668	3.204	8.872	4.417	2.434	6.851	2.287	2.229	4.516
<i>Echeveria gibbiflora</i>	2.454	4.496	6.951	1.092	2.707	3.799	1.615	2.574	4.188	1.741	3.347	5.087	1.864	4.845	6.709
<i>Buddleia parviflora</i>	3.860	2.698	6.558	2.618	1.015	3.633	1.124	0.525	1.649	1.607	0.862	2.469	2.032	1.453	3.485
<i>Brickellia veronicifolia</i>	2.334	1.439	3.772	0.928	0.592	1.520	0.342	0.368	0.710	0.318	0.304	0.622	0.762	0.678	1.441
<i>Rubus liebmannii</i>	1.597	1.619	3.216	2.161	1.015	3.176	1.334	0.735	2.069	0.285	0.710	0.995	1.998	1.550	3.548
<i>Metastelma angustifolium</i>	1.582	1.259	2.841	1.718	1.354	3.071	0.687	0.578	1.265	0.420	0.304	0.725	0.607	0.872	1.480

APÉNDICE 3 (Continuación)

Especie	Muestreos														
	Febrero			Mayo			Julio			Septiembre			Noviembre		
	Cob.%	Frec.%	V.I.	Cob.%	Frec.%	V.I.	Cob.%	Frec.%	V.I.	Cob.%	Frec.%	V.I.	Cob.%	Frec.%	V.I.
<i>Reseda luteola</i>	0.713	1.978	2.691	0.584	1.269	1.853	0.280	0.683	0.962	0.150	0.456	0.606	0.147	0.678	0.826
<i>Dahlia coccinea</i>	0.701	1.978	2.680	1.565	5.330	6.895	9.406	9.454	18.860	5.916	7.201	13.117	0.013	0.097	0.110
<i>Stevia salicifolia</i>	0.672	1.439	2.111	0.087	0.254	0.341	0.170	0.315	0.485	0.192	0.254	0.446	0.688	0.872	1.560
<i>Iresine calea</i>	0.961	1.079	2.040	1.233	1.692	2.925	0.412	0.420	0.832	0.600	0.913	1.513	0.346	1.357	1.703
<i>Piqueria trinervia</i>	0.834	1.079	1.913	0.028	0.085	0.113	0.092	0.263	0.355	0.181	0.609	0.789	0.111	0.775	0.886
<i>Stevia ovata</i>	0.554	1.079	1.633	0.722	2.284	3.006	1.524	2.679	4.203	2.542	3.144	5.686	2.264	4.360	6.625
<i>Mammillaria magnimamma</i>	0.080	1.439	1.518	0.028	0.169	0.197	0.014	0.105	0.119	0.034	0.152	0.186	0.031	0.194	0.225
<i>Plumbago pulchella</i>	0.250	1.259	1.509	0.045	0.169	0.214	0.209	0.210	0.419	0.212	0.152	0.364	0.512	0.775	1.287
<i>Cardiospermum halicacabum</i>	0.348	1.079	1.427	1.083	0.761	1.845	0.909	0.893	1.802	0.764	0.659	1.424	0.923	1.163	2.086
<i>Phytolacca icosandra</i>	0.301	0.899	1.200	0.127	0.169	0.296	0.261	0.263	0.523	0.062	0.203	0.265	0.026	0.194	0.220
<i>Tillandsia recurvata</i>	0.354	0.719	1.073	0.508	0.761	1.269	0.194	0.420	0.614	0.297	0.811	1.108	0.302	1.453	1.756
<i>Ageratum corymbosum</i>	0.513	0.540	1.052	0.212	0.169	0.381	0.172	0.105	0.277	0.487	0.406	0.893	0.323	0.581	0.904
<i>Setaria parviflora</i>	0.253	0.719	0.973	0.121	0.423	0.544	0.586	1.418	2.004	0.895	2.028	2.923	0.132	1.357	1.488

APÉNDICE 3 (Continuación)

Especie	Muestreos														
	Febrero			Mayo			Julio			Septiembre			Noviembre		
	Cob.%	Frec.%	V.I.	Cob.%	Frec.%	V.I.	Cob.%	Frec.%	V.I.	Cob.%	Frec.%	V.I.	Cob.%	Frec.%	V.I.
<i>Iresine diffusa</i>	0.236	0.719	0.955	-----	-----	-----	1.023	1.366	2.388	0.997	0.811	1.809	1.737	1.744	3.481
<i>Cissus sicyoides</i>	0.357	0.540	0.896	5.534	11.591	17.125	9.069	11.450	20.519	6.472	11.258	17.729	0.806	2.132	2.938
<i>Dioscorea galleotiana</i>	0.177	0.540	0.716	0.846	3.384	4.230	-----	-----	9.929	0.434	1.318	1.752	0.031	0.097	0.128
<i>Montanoa tomentosa</i>	0.354	0.360	0.713	0.956	1.354	2.310	0.281	0.263	0.544	0.202	0.101	0.304	0.090	0.194	0.284
<i>Lagascea rigida</i>	0.333	0.360	0.693	0.006	0.085	0.090	0.267	0.263	0.530	0.425	0.406	0.831	0.202	0.484	0.686
<i>Baccharis sordescens</i>	0.253	0.360	0.613	0.099	0.169	0.268	0.261	0.315	0.576	0.326	0.304	0.630	0.277	0.484	0.761
<i>Arracacia toluensis</i>	0.071	0.540	0.610	-----	-----	-----	1.185	0.945	2.131	2.327	1.369	3.696	0.737	0.872	1.609
<i>Asclepias linaria</i>	0.412	0.180	0.592	0.031	0.085	0.116	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<i>Wigandia urens</i>	0.218	0.360	0.578	0.372	0.423	0.795	0.273	0.368	0.641	0.391	0.558	0.949	0.222	0.484	0.707
<i>Salvia mexicana</i>	0.183	0.360	0.542	0.288	0.423	0.711	0.498	0.473	0.971	0.999	1.014	2.013	1.091	0.969	2.060
<i>Baccharis sp.</i>	0.082	0.360	0.442	-----	-----	-----	0.055	0.105	0.160	-----	-----	-----	0.178	0.097	0.275
<i>Salvia tillifolia</i>	0.053	0.360	0.413	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.023	0.152	0.175	0.044	0.581	0.625
<i>Eupatorium pulchellum</i>	0.218	0.180	0.398	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.052	0.051	0.103	-----	-----	-----

APÉNDICE 3 (Continuación)

Especie	Muestras														
	Febrero			Mayo			Julio			Septiembre			Noviembre		
	Cob.%	Frec.%	V.I.	Cob.%	Frec.%	V.I.	Cob.%	Frec.%	V.I.	Cob.%	Frec.%	V.I.	Cob.%	Frec.%	V.I.
<i>Loeselia mexicana</i>	0.194	0.180	0.374	0.085	0.169	0.254	-----	-----	-----	0.049	0.152	0.201	0.279	0.388	0.667
<i>Bouvardia ternifolia</i>	0.130	0.180	0.309	0.434	1.015	1.450	0.621	1.523	2.145	0.445	0.811	1.256	0.246	0.872	1.118
<i>Aristida divaricata</i>	0.059	0.180	0.239	0.056	0.169	0.226	0.245	0.210	0.455	0.215	0.254	0.469	0.708	0.484	1.193
<i>Gaudichaudia mucronata</i>	0.047	0.180	0.227	-----	-----	-----	0.244	0.263	0.506	0.099	0.152	0.252	0.047	0.194	0.240
<i>Macroptilium gibbosifolium</i>	0.041	0.180	0.221	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.052	0.101	0.154	-----	-----	-----
<i>Gnaphalium canescens</i>	0.024	0.180	0.203	0.037	0.254	0.290	-----	-----	-----	0.070	0.203	0.273	0.134	0.388	0.522
<i>Mesadenus polyanthus</i>	0.021	0.180	0.200	0.017	0.169	0.186	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<i>Tagetes lunulata</i>	0.018	0.180	0.198	0.014	0.085	0.099	0.231	0.788	1.019	0.570	1.318	1.889	0.848	2.229	3.076
<i>Portulaca mexicana</i>	0.018	0.180	0.198	0.037	0.254	0.290	0.209	0.578	0.787	0.119	0.456	0.575	0.018	0.097	0.115
<i>Microchloa kunthii</i>	0.012	0.180	0.192	-----	-----	-----	0.027	0.053	0.079	0.993	0.963	1.956	0.013	0.097	0.110
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	-----	-----	-----	2.053	1.184	3.238	1.752	1.050	2.802	1.507	0.963	2.471	1.016	1.066	2.082
<i>Aegopogon cenchroides</i>	-----	-----	-----	1.850	3.976	5.827	0.319	0.525	0.844	3.356	3.195	6.550	2.011	2.229	4.240
<i>Manfreda brachystachya</i>	-----	-----	-----	2.392	4.822	7.214	4.678	5.410	10.088	4.144	5.832	9.976	0.659	2.616	3.275

APÉNDICE 3 (Continuación)

Especie	Muestreos														
	Febrero			Mayo			Julio			Septiembre			Noviembre		
	Cob.%	Frec.%	V.I.	Cob.%	Frec.%	V.I.	Cob.%	Frec.%	V.I.	Cob.%	Frec.%	V.I.	Cob.%	Frec.%	V.I.
<i>Oxalis lunulata</i>	-----	-----	-----	1.862	3.046	4.907	2.038	2.521	4.559	0.213	1.217	1.431	-----	-----	-----
<i>Hyposis mexicana</i>	-----	-----	-----	0.601	2.876	3.477	0.289	1.208	1.497	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<i>Tagetes micrantha</i>	-----	-----	-----	0.502	1.015	1.517	1.076	1.418	2.494	1.071	1.217	2.288	0.370	0.872	1.242
<i>Commelina tuberosa</i>	-----	-----	-----	0.714	0.761	1.475	0.562	1.523	2.085	0.420	1.724	2.145	0.016	0.097	0.112
<i>Bursera cuneata</i>	-----	-----	-----	0.654	0.423	1.077	0.453	0.368	0.820	0.331	0.101	0.432	0.098	0.097	0.195
<i>Gonolobus uniflorus</i>	-----	-----	-----	0.401	0.592	0.993	0.122	0.210	0.332	0.192	0.254	0.446	0.054	0.291	0.345
<i>Zephyranthes concolor</i>	-----	-----	-----	0.378	0.169	0.547	0.008	0.053	0.060	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<i>Solanum nigrescens</i>	-----	-----	-----	0.214	0.254	0.468	0.443	0.263	0.706	0.362	0.558	0.920	0.421	0.969	1.390
<i>Drymaria laxiflora</i>	-----	-----	-----	0.059	0.338	0.398	0.012	0.105	0.118	0.458	2.130	2.588	-----	-----	-----
<i>Malaxis myurus</i>	-----	-----	-----	0.051	0.338	0.389	0.108	0.210	0.318	0.007	0.051	0.057	-----	-----	-----
<i>Tripsacum dactyloides</i>	-----	-----	-----	0.079	0.254	0.333	0.406	0.578	0.984	0.732	0.558	1.290	0.401	0.484	0.885
<i>Portulaca pilosa</i>	-----	-----	-----	0.048	0.169	0.217	0.162	0.420	0.583	0.168	0.507	0.675	0.010	0.194	0.204
<i>Euphorbia postrata</i>	-----	-----	-----	0.031	0.169	0.200	-----	-----	-----	0.028	0.304	0.332	-----	-----	-----

APÉNDICE 3 (Continuación)

Especie	Muestras														
	Febrero			Mayo			Julio			Septiembre			Noviembre		
	Cob.%	Frec.%	V.I.	Cob.%	Frec.%	V.I.	Cob.%	Frec.%	V.I.	Cob.%	Frec.%	V.I.	Cob.%	Frec.%	V.I.
<i>Tradescantia crassifolia</i>	-----	-----	-----	0.020	0.169	0.189	0.080	0.368	0.447	0.029	0.152	0.181	-----	-----	-----
<i>Oenothera pubescens</i>	-----	-----	-----	0.028	0.085	0.113	0.042	0.053	0.095	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<i>Talinum humile</i>	-----	-----	-----	0.023	0.085	0.107	0.055	0.210	0.265	0.021	0.152	0.173	-----	-----	-----
<i>Gnaphalium oxyphyllum</i>	-----	-----	-----	0.023	0.085	0.107	0.180	0.368	0.547	0.135	0.254	0.389	0.220	0.581	0.801
<i>Calliandra grandiflora</i>	-----	-----	-----	0.023	0.085	0.107	0.042	0.053	0.095	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<i>Bromus carinatus</i>	-----	-----	-----	0.017	0.085	0.102	-----	-----	-----	0.142	0.101	0.243	0.171	0.291	0.461
<i>Conyza sophiifolia</i>	-----	-----	-----	0.011	0.085	0.096	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<i>Begonia gracilis</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.379	1.313	1.692	0.244	0.963	1.208	-----	-----	-----
<i>Echeandia gracilis</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.012	0.420	0.433	-----	-----	-----	0.021	0.775	0.796
<i>Tripsacum dactyloides</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.072	0.263	0.334	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<i>Dioscorea galeottiana</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	4.099	5.830	9.929	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<i>Cyperus seslerioides</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.070	0.210	0.280	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<i>Cyperus manimae</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.067	0.158	0.225	0.064	0.051	0.114	0.010	0.097	0.107

APÉNDICE 3 (Continuación)

Especie	Muestras														
	Febrero			Mayo			Julio			Septiembre			Noviembre		
	Cob.%	Frec.%	V.I.	Cob.%	Frec.%	V.I.	Cob.%	Frec.%	V.I.	Cob.%	Frec.%	V.I.	Cob.%	Frec.%	V.I.
<i>Cyperus hermaphroditus</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.094	0.105	0.199	0.046	0.254	0.299	0.028	0.194	0.222
<i>Phaseolus pluriflorus</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.167	0.630	0.797	0.243	0.963	1.206	-----	-----	-----
<i>Leptochloa dubia</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.039	0.158	0.197	0.106	0.101	0.207	-----	-----	-----
<i>Drymaria glandulosa</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.039	0.158	0.197	-----	-----	-----	0.008	0.097	0.105
<i>Diastatea micrantha</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.023	0.158	0.181	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<i>Cuphea wrightii</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.017	0.158	0.175	0.051	0.254	0.304	0.008	0.097	0.105
<i>Euphorbia graminea</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.030	0.105	0.135	0.016	0.101	0.118	-----	-----	-----
<i>Evolvulus alsinioides</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.027	0.105	0.132	0.049	0.254	0.302	-----	-----	-----
<i>Phaseolus leptostachyus</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.020	0.105	0.125	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<i>Physalis orizabae</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.055	0.053	0.107	0.067	0.101	0.168	-----	-----	-----
<i>Passiflora subpeltata</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.028	0.053	0.081	0.060	0.051	0.111	0.047	0.194	0.240
<i>Lamourouxia multifida</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.023	0.053	0.076	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<i>Calochortus barbatus</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.014	0.053	0.067	-----	-----	-----	-----	-----	-----

APÉNDICE 3 (Continuación)

Especie	Muestreos														
	Febrero			Mayo			Julio			Septiembre			Noviembre		
	Cob.%	Frec.%	V.I.	Cob.%	Frec.%	V.I.	Cob.%	Frec.%	V.I.	Cob.%	Frec.%	V.I.	Cob.%	Frec.%	V.I.
<i>Euphorbia oppositifolia</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.009	0.053	0.062	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<i>Bidens ferulifolia</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.116	0.355	0.471	0.010	0.097	0.107
<i>Bidens odorata</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.158	0.304	0.462	-----	-----	-----
<i>Valeriana sorbifolia</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.072	0.254	0.325	-----	-----	-----
<i>Arenaria lanuginosa</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.140	0.152	0.292	-----	-----	-----
<i>Tripogandra purpurascens</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.020	0.254	0.273	-----	-----	-----
<i>Florestina pedata</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.041	0.203	0.244	-----	-----	-----
<i>Zinnia peruviana</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.039	0.203	0.242	0.013	0.097	0.110
<i>Ipomoea purpurea</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.031	0.203	0.234	0.003	0.097	0.099
<i>Geranium seemanii</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.042	0.152	0.195	0.036	0.097	0.133
<i>Eupatorium sp.</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.016	0.101	0.118	0.098	0.388	0.486

APÉNDICE 3 (Continuación)

Especie	Muestreos														
	Febrero			Mayo			Julio			Septiembre			Noviembre		
	Cob.%	Frec.%	V.I.	Cob.%	Frec.%	V.I.	Cob.%	Frec.%	V.I.	Cob.%	Frec.%	V.I.	Cob.%	Frec.%	V.I.
<i>Villadia batesii</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.008	0.101	0.110	0.041	0.194	0.235
<i>Dalea zimapanica</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.015	0.051	0.065	-----	-----	-----
<i>Sporobolus atrovirens</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.010	0.051	0.060	-----	-----	-----
<i>Crusea longiflora</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.010	0.051	0.060	-----	-----	-----
Suma de Coberturas															
absolutas	16970			35453			64041			61360			38689		
Suma de Frecuencias															
absolutas		556			1182			1904			1972			1032	
Suma de V.I.			200			200			200			200			200