

00377



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**POSGRADO EN CIENCIAS
BIOLÓGICAS**

CENTRO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS

**“FENOLOGÍA REPRODUCTIVA DE LA FLORA DEL CERRO
ALTAMIRANO, RESERVA DE LA BIOSFERA
MARIPOSA MONARCA, MÉXICO”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(BIOLOGÍA AMBIENTAL)**

P R E S E N T A

MARIA GUADALUPE CORNEJO TENORIO

DIRECTOR DE TESIS: DR. GUILLERMO IBARRA MANRÍQUEZ

MÉXICO, D.F.

SEPTIEMBRE, 2005

m. 349163



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.



Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.
NOMBRE: Ma. Guadalupe Cornejo Tenorio
FECHA: 26 de Septiembre 2005
FIRMA: P.A. Angélica Ramírez T.

Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Por medio de la presente me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 27 de junio del 2005, se acordó poner a su consideración el siguiente jurado para el examen de grado de Maestría en Ciencias Biológicas (Biología Ambiental) del(a) alumno(a) **Cornejo Tenorio Ma. Guadalupe** con número de cuenta **504008759** con la tesis titulada: **"Fenología reproductiva de la flora del Cerro Altamirano, Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, México"**, bajo la dirección del(a) **Dr. Guillermo Ibarra Manríquez**.

Presidente:	Dr. Jorge Arturo Meave del Castillo
Vocal:	Dra. Guadalupe Williams Linera
Secretario:	Dr. Guillermo Ibarra Manríquez
Suplente:	Dra. Silvia Castillo Argüero
Suplente:	Dr. Mauricio Ricardo Quesada Avendaño

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F. a, 7 de septiembre del 2005


Dr. Juan Núñez Farfán
Coordinador del Programa

c.c.p. Expediente del interesado

*Para quien no conoce la luz
la oscuridad es un sitio seguro,
arriesgarse a salir es quedarse
ciego ante tal resplandor o
descubrir que existen
posibilidades inéditas.*

Con todo mi cariño para Guillermo

AGRADECIMIENTOS

Primeramente deseo agradecer a mi asesor, el Dr. Guillermo Ibarra Manríquez, su motivación para iniciar mis estudios de posgrado y compartir mi interés en seguir trabajando en la “Monarca”, así como por todo el tiempo dedicado a planear, realizar y revisar las ideas plasmadas en esta tesis.

A los miembros de mi Comité Tutorial, Dr. Jorge Meave del Castillo y Dr. Mauricio Quesada Avendaño, por sus valiosos comentarios para mejorar la parte metodológica y los análisis de resultados del trabajo, así como por su revisión del manuscrito final. A la Dra. Silvia Castillo Argüero y a la Dra. Guadalupe Williams Linera, miembros del jurado de tesis, a quienes agradezco sus atinados comentarios y sugerencias.

A mis compañeros y amigos del laboratorio de Biogeografía y Conservación: Juan Martínez Cruz, Miguel Ángel Salinas Melgoza, Fernando Pineda García, Roberto Carlos Sáyago Lorenzana, Libertad Arredondo Amezcua y Eva Cué Bär, a mi hermano Daniel y a mi cuñada Selene, a todos ellos agradezco su compañía y apoyo en las continuas y frecuentemente extenuantes salidas de campo.

A Miguel Ángel Salinas por su apoyo en la realización de los mapas que ilustran el área de estudio. A Guillermo Ibarra, Juan Martínez y Miguel Ángel Salinas por permitirme usar las fotografías que se incluyen en el trabajo.

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) el otorgamiento de la beca que me permitió llevar a cabo mis estudios (No. de becario 181848), a la Dirección General de Estudios de Posgrado, de la Universidad Nacional Autónoma de México, por la beca complementaria que se me otorgó, así como al proyecto “Inventario florístico de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, México”, apoyado por la Comisión Nacional sobre el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO), clave BK013, con el cual se apoyó parcialmente parte de las salidas de campo y de verificación de material colectado durante las mismas.

Finalmente, a toda mi familia, especialmente a mis padres Soledad Tenorio y Rosendo Cornejo, por su apoyo moral y su motivación constante para mejorar mi desarrollo profesional.

ÍNDICE

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

1.1 La fenología y su importancia	1
1.2 Factores que intervienen en la fenología	2
1.2.1 Factores abióticos	3
1.2.2 Factores bióticos	4
1.3 Patrones fenológicos a nivel comunitario	7
1.4 Patrones fenológicos entre distintas formas de crecimiento	9
1.5 Sincronización fenológica entre individuos	11
1.6 Justificación	12

OBJETIVOS	13
------------------	-----------

ÁREA DE ESTUDIO

2.1 Localización	14
2.2 Clima	14
2.3 Geología y fisiografía	14
2.4 Hidrología	14
2.5 Suelos	15
2.6 Vegetación	15

MÉTODOS

3.1 Sitios de observación	19
3.2 Registro fenológico	20
3.3 Análisis de datos	21

RESULTADOS

4.1 Fenología reproductiva a nivel comunitario	24
4.2 Fenología reproductiva entre distintas formas de crecimiento	27

4.3 Fenología reproductiva de grupos relacionados taxonómicamente	30
4.3.1 Familia Asteraceae	30
4.3.2 Familia Lamiaceae	31
4.4 Sincronización fenológica entre individuos	36
4.4.1 <i>Abies religiosa</i> (Pinaceae)	36
4.4.2 <i>Arbutus tessellata</i> (Ericaceae)	36
4.4.3 <i>Arbutus xalapensis</i> (Ericaceae)	37
4.4.4 <i>Arctostaphylos pungens</i> (Ericaceae)	38
4.4.5 <i>Clethra mexicana</i> (Clethraceae)	38
4.4.6 <i>Quercus castanea</i> (Fagaceae)	38
4.4.7 <i>Quercus laurina</i> (Fagaceae)	39
4.4.8 <i>Quercus obtusata</i> (Fagaceae)	39

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

5.1 Fenología reproductiva a nivel comunitario	45
5.2 Fenología reproductiva entre distintas formas de crecimiento	48
5.3 Fenología reproductiva de grupos taxonómicos	50
5.4 Sincronización fenológica entre individuos	52

LITERATURA CITADA	56
-------------------	----

ANEXO	67
-------	----

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

CUADROS

1. Riqueza florística de la zona núcleo Cerro Altamirano	19
2. Formas de crecimiento de la flora de la zona de estudio	21
3. Morfología y fenología floral de especies del género <i>Salvia</i>	31
4. Índice de actividad que indica el grado de sincronía de las especies leñosas	37

FIGURAS

1. Localización de la zona de estudio	17
2. Diagrama climático	18
3. Patrones de floración y fructificación a nivel comunitario	24
4. Correlación entre precipitación y especies en floración y fructificación	25
5. Estacionalidad, frecuencia y duración de la floración y fructificación	26
6. Patrones de floración y fructificación por forma de crecimiento	28
7. Estacionalidad, frecuencia y duración por forma de crecimiento	29
8. Patrones de floración y fructificación de Asteraceae y Lamiaceae	30
9. Estacionalidad, frecuencia y duración de Asteraceae y Lamiaceae	32
10. Floración y fructificación de las especies de Asteraceae	33
11. Floración y fructificación de las especies de Lamiaceae	35
12. Patrones de floración y fructificación de las especies leñosas	40
13. Estacionalidad, frecuencia y duración de las especies leñosas	41
14. Número de individuos en floración y fructificación de las especies leñosas	43

RESUMEN

Se registró la fenología reproductiva de 114 especies de plantas vasculares durante un ciclo anual (2004), en los bosques templados de la zona núcleo Cerro Altamirano de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, en Michoacán, México. A nivel comunitario, los patrones fenológicos mostraron una marcada estacionalidad; la floración se produjo durante la estación de lluvias e inicios de la estación seca, exhibiendo su pico en septiembre, y la fructificación ocurrió preferentemente en la estación seca, con su máximo en diciembre. La floración se correlacionó positivamente con la precipitación, en tanto que la fructificación mostró una correlación negativa con dicho factor. Entre las formas de crecimiento se observaron los siguientes patrones: los árboles (ocho especies) y los arbustos (21) presentaron sus picos de floración y fructificación durante la estación seca, mientras que las hierbas anuales (11) y las perennes (74) mostraron su pico de floración en la estación lluviosa y el de fructificación en la estación seca. En la mayoría de las especies la presencia de flores y frutos se observó una vez al año, con una duración intermedia (uno a cinco meses), independientemente de su forma de crecimiento.

Se describieron los patrones fenológicos para las familias Asteraceae (38 especies) y Lamiaceae (10), por ser las que presentan mayor riqueza de especies en la zona de estudio. Las asteráceas florecieron y fructificaron principalmente de septiembre a diciembre, con sus máximos en octubre y diciembre, respectivamente; dentro de las especies congénéricas se observó similitud en sus períodos de floración y fructificación. La mayoría de las lamiáceas produjeron flores de julio a diciembre, mostrando su pico en septiembre y la producción de frutos se observó preferentemente durante la estación seca, con su máximo en octubre. A nivel genérico, la mayoría de las especies de *Salvia* florecieron y fructificaron en el mismo período.

Para evaluar la sincronía entre individuos en ocho especies leñosas (*Abies religiosa*, Pinaceae; *Arbutus tessellata*, *A. xalapensis* y *Arctostaphylos pungens*, Ericaceae; *Clethra mexicana*, Clethraceae; *Quercus castanea*, *Q. laurina* y *Q. obtusata*, Fagaceae), se observaron las flores, frutos inmaduros y

maduros en 20 individuos de cada especie. La floración de la mayoría de las especies se observó en la temporada seca, los frutos maduros en ambas temporadas y la maduración de los frutos se detectó en diferentes temporadas; las especies de *Quercus*, *A. religiosa* y *C. mexicana* los presentaron en la estación seca, *A. tessellata* en la estación lluviosa, *A. xalapensis* y *A. pungens* en ambas estaciones. La sincronía con que los individuos produjeron sus estructuras reproductoras fue baja o alta dependiendo de la especie.

INTRODUCCIÓN

1.1 LA FENOLOGÍA Y SU IMPORTANCIA

El estudio de los eventos biológicos cíclicos y su ocurrencia temporal se denomina fenología (Rathcke y Lacey, 1985; Newstrom *et al.*, 1994; Bradley *et al.*, 1999; Lechowicz, 2001; Williams-Linera y Meave, 2002; Schwartz, 2003; Borchert *et al.*, 2004). El espectro fenológico de una especie vegetal está conformado principalmente por cuatro fenofases o estadios: brote de hojas, caída de hojas seniles, floración y fructificación (Williams-Linera y Meave, 2002), las cuales pueden ser analizadas a nivel de individuos, poblaciones, especies, gremios o comunidades (Rathcke y Lacey, 1985; Newstrom *et al.*, 1994) y descritas de acuerdo con la estacionalidad en que se presentan, su frecuencia, duración o el grado de sincronización entre individuos o especies respecto a una determinada fenofase (Newstrom *et al.*, 1994). La observación sistemática de estos eventos, así como su descripción, es parte fundamental en la obtención de patrones fenológicos.

La importancia que tienen los estudios fenológicos radica en la diversidad de información que proporcionan; por ejemplo, algunos estudios permiten entender de una manera más integral algunos procesos ecológicos, que a diferentes escalas de espacio y tiempo ocurren a nivel de las comunidades, como son la regeneración y reproducción de las plantas, así como su distribución espacial y temporal (Rathcke y Lacey, 1985; Barnes *et al.*, 1998; Rötzer y Chmielewski, 2001). Además, se ha observado que la floración de ciertas especies puede ser un buen indicador ecológico para evaluar el efecto de borde entre fragmentos de bosque y áreas taladas (Landenberger y Ostergren, 2002), y una evaluación sistemática de eventos fenológicos a largo plazo puede aportar información relevante para evaluar el complejo fenómeno del cambio climático y su efecto sobre la fenología de la especie (Bradley *et al.*, 1999; Spano *et al.*, 1999; Beaubien y Freeland, 2000; Kramer *et al.*, 2000; Alvarado *et al.*, 2002).

Los estudios fenológicos también son útiles para evaluar la disponibilidad de recursos vegetales para la fauna silvestre y para el hombre (Santana-Michel *et al.*, 1998; Bancroft *et al.*, 2000; Fuentes *et al.*, 2001; Porter, 2003; Thies y Kalko

2004), permiten examinar las complejas relaciones ecológicas entre las plantas y los polinizadores, dispersores y depredadores (Frankie, 1975; Stiles, 1975; Newstrom *et al.*, 1994; Bosch *et al.*, 1997; Brody, 1997; Thies y Kalko, 2004), y proporcionan información valiosa para llevar a cabo planes adecuados de manejo, restauración y conservación de los recursos naturales (Fournier, 1976; Ramírez y Nepamuceno, 1986; Arriaga, 1991; Madrigal, 1997; Olvera *et al.*, 1997; Ochoa-Gaona y Domínguez-Vázquez, 2000; Wallace y Painter, 2002; Joshi y Janarthanam, 2004; Pino y Mosquera, 2004).

1.2 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA FENOLOGÍA

La periodicidad de los eventos reproductivos ha sido explicada asociándola con factores: i) abióticos, como la precipitación, la temperatura, la disponibilidad de agua y el fotoperíodo, y ii) bióticos, como son las interacciones planta-animal, factores endógenos de las plantas, la morfología de las estructuras reproductoras y el efecto de la filogenia de las especies para explicar las causas y consecuencias evolutivas de la diversidad de patrones fenológicos (Rathcke y Lacey, 1985; Williams-Linera y Meave, 2002).

Los cambios fenológicos de las especies representan adaptaciones evolutivas a factores tanto bióticos como abióticos; por lo tanto, el desencadenamiento de un evento puede responder a más de un factor. Metodológicamente es muy difícil obtener información detallada para describir los patrones fenológicos considerando todos los factores que intervienen en la inducción de los eventos fenológicos. En la mayoría de los estudios se ha optado por describir los patrones basándose en el período o tiempo en el cual se observan las fenofases, que pueden ser los meses del año o períodos establecidos a partir de la estacionalidad climática (p. ej. estación seca y estación lluviosa), haciendo énfasis en el período de máxima actividad de las especies (Lieberman, 1982; Bullock y Solís-Magallanes, 1990; Ibarra-Manríquez *et al.*, 1991; Ibarra-Manríquez, 1992; Meave *et al.*, 1994; Murali y Sukumar, 1994; León de la Luz *et al.*, 1996; Machado *et al.*, 1997; Williams-Linera, 1997; Batalha y Mantovani, 2000; Berlin *et al.*, 2000; Justiano y Fredericksen, 2000; Griz y

Machado, 2001; Bencke y Morellato, 2002; Funch *et al.*, 2002; Ramírez, 2002; Abe y Kamo, 2003; Bawa *et al.*, 2003; Batalha y Martins, 2004).

1.2.1 Factores abióticos

En la literatura sobre fenología de plantas en comunidades tropicales se ha señalado la estacionalidad climática, en especial la distribución de la precipitación, como un factor que desempeña un papel muy importante en la actividad reproductiva de las especies. Por ejemplo, varios estudios sugieren que los picos de floración y fructificación de las especies se presentan durante la estación lluviosa (Lieberman, 1982; Seres y Ramírez, 1993; Machado *et al.*, 1997; Batalha y Mantovani, 2000; Funch *et al.*, 2002; Bawa *et al.*, 2003). En otros casos, la mayor proporción de especies florece en la estación de lluvias y los picos de fructificación se presentan durante la estación seca o en ambas temporadas (Bullock y Solís-Magallanes, 1990; Meave *et al.*, 1994; Morellato *et al.*, 2000; Talora y Morellato, 2000).

La temperatura es un factor que influye en la fenología de las especies, principalmente en aquellas que habitan en comunidades alpinas y en bosques templados fríos (Mark, 1970; Fitter *et al.*, 1995; Lechowicz, 1995; Kramer *et al.*, 2000). Por ejemplo, Arroyo *et al.* (1981) estudiaron la vegetación alpina en una de las sierras de la Cordillera de los Andes en la parte central de Chile, encontrando que el máximo de floración de las especies que crecen por debajo de 3200 m de altitud, corresponde al período de máxima temperatura. El derretimiento de la cubierta de hielo es otro factor, que relacionado con la temperatura, influye en la floración de muchas especies alpinas y subalpinas (Clarke, 1968; Kudo, 1992; Inouye y Wielgolaski, 2003), aunque también se ha reportado que algunas especies llegan a florecer antes del deshielo o incluso florecen bajo la nieve (Bliss, 1971; Arroyo *et al.*, 1981).

Otro factor estrechamente relacionado con los eventos fenológicos es la disponibilidad de agua en el suelo, la que depende de las características físicas del mismo y de los mecanismos de las plantas para obtenerla y almacenarla (Bullock y Solís-Magallanes, 1990; Borchert, 1994a; Borchert, 1994b; Borchert *et al.*, 2004; Joshi y Janarthanam, 2004). En especies deciduas la foliación es

desencadenada rápidamente con las primeras lluvias, mientras que la defoliación responde más lentamente al decremento en la disponibilidad de agua en el suelo (Frankie *et al.*, 1974; Jolly y Running, 2004). En los bosques tropicales secos la mayoría de los árboles pierden sus hojas durante la estación seca, este fenómeno desencadena una serie de cambios fisiológicos que permiten la rehidratación de los árboles, y por lo tanto, la expansión de los botones florales durante esta época desfavorable del año (Reich y Borchert, 1982; Borchert, 1994b).

En sitios donde el factor limitante de las especies arbóreas es la luz, los máximos de floración se presentan durante el período de mayor irradiación (van Schaik *et al.*, 1993; Ochoa-Gaona y Domínguez-Vázquez, 2000; Hamann, 2004); en cambio, en sitios con buena disponibilidad de luz, se ha destacado que la floración es inducida por una reducción en el fotoperíodo (Rivera y Borchert, 2001).

1.2.2 Factores bióticos

En diversos estudios se ha asociado la fenología floral con los síndromes de polinización; por ejemplo, se ha documentado que las especies polinizadas por viento se caracterizan por presentar grandes cantidades de flores de tamaño muy pequeño, con una enorme producción de polen (p. ej. especies de *Quercus*), las cuales florecen generalmente en la temporada seca del año, una época donde muchas especies arbóreas pierden sus hojas, lo que facilita que el polen sea transportado a sitios más distantes con el menor grado de obstaculización (Frankie *et al.*, 1974; Ramírez y Nepamuceno, 1986; Bello, 1994; Olvera *et al.*, 1997; Barnes *et al.*, 1998).

Entre las especies que presentan otros síndromes de polinización no se ha detectado un patrón determinado en cuanto a la estacionalidad de la floración. Las especies polinizadas por insectos presentan flores con una variedad de formas, tamaños, colores, aromas y alimento (polen y néctar) que atraen a los polinizadores (Percival, 1965); este grupo de especies ha mostrado períodos de floración en diferentes estaciones del año (Kevan, 1972; Heinrich, 1975; Lack, 1982; Bosch *et al.*, 1997; Abe y Kamo, 2003). Las especies polinizadas por aves

presentan flores o brácteas vistosas, predominantemente de color rojo o naranja, de forma tubular y con una considerable cantidad de néctar (Percival, 1965; Stiles, 1975; Gentry, 1990) y se ha documentado que su floración puede presentarse en cualquier temporada del año, o inclusive durante todo el año (Toledo, 1975; Brown y Kodric-Brown, 1979; Murali y Sukumar, 1994). En lo que respecta a las especies polinizadas por mamíferos, y en especial por murciélagos, éstas se caracterizan por presentar flores grandes con estructuras resistentes, de color blanco o de colores pálidos, con grandes cantidades de polen en sus anteras y una elevada producción de néctar, ya que las flores permanecen abiertas por una noche o por unas cuantas horas (Percival, 1965; de Viana *et al.*, 2001). La floración de estas especies se ha observado durante la temporada seca (Ruiz *et al.*, 2000; Lobo *et al.*, 2003) o en cualquier época del año, dependiendo del hábitat de las especies (Stoner *et al.*, 2003). Entre los factores que probablemente explican la presencia de flores a lo largo del año en las especies polinizadas por insectos, aves y mamíferos, está la variabilidad floral de las especies, la diversidad y disponibilidad de polinizadores y el grado de especificidad en la interacción planta-polinizador.

La estacionalidad de la fructificación ha sido descrita principalmente considerando las características morfológicas de los frutos y semillas y de sus mecanismos de dispersión (Wikander, 1984; Griz y Machado, 2001; Spina *et al.*, 2001). Los frutos carnosos y dispersados por animales (zoócoros) se presentan generalmente durante la estación de lluvias, coincidiendo con el arribo a la localidad de numerosas aves migratorias, además de que muchas poblaciones de animales terrestres presentan una mayor actividad durante esta época, lo que favorece la dispersión de las diásporas (Wikander, 1984; van Schaik *et al.*, 1993; Solórzano *et al.*, 2000; Griz y Machado, 2001; Batalha y Martins, 2004). Además, las especies zoócoras requieren de cantidades suficientes de agua y energía para producir frutos grandes o suculentos; estos requerimientos son cubiertos en gran parte al fructificar durante la temporada de lluvias, lo que incluso puede permitir que los frutos puedan desarrollarse y mantenerse por largos períodos de tiempo en la planta hasta que son dispersados (Lieberman, 1982; Batalha y Mantovani, 2000; Batalha y Martins, 2004); en algunas especies los frutos

carnosos caen al madurar y entonces son consumidos por vertebrados terrestres, los cuales los dispersan a otros sitios (Griz y Machado, 2001).

Las especies con frutos secos contienen semillas muy pequeñas o con estructuras tales como alas, plumas o pelos, lo que facilita su dispersión por medio del viento (Sánchez-Garfias *et al.*, 1991; Griz y Machado, 2001). Las especies anemócoras (dispersadas por viento) fructifican preferentemente durante la estación seca, patrón que se ha relacionado a las condiciones ambientales que prevalecen durante esta época, como son fuertes ráfagas de viento y ausencia de follaje en muchas especies de los estratos superior y medio de la vegetación, lo que permite una mayor efectividad en la dispersión de las diásporas (Wikander, 1984; Morellato y Leitão-Filho, 1990; Ibarra-Manríquez *et al.*, 1991; Batalha y Mantovani, 2000; Spina *et al.*, 2001; Batalha y Martins, 2004). Se ha sugerido que la dispersión de semillas durante la temporada seca reduce la mortalidad de plántulas, ya que las semillas se encuentran en el suelo cuando empieza la temporada de lluvias, incrementando las posibilidades de un establecimiento exitoso (Wikander, 1984; van Schaik *et al.*, 1993).

La relación filogenética entre los taxones es otro factor que ha permitido explicar los patrones fenológicos, pues se presupone que especies o grupos emparentados muestran patrones fenológicos similares (Kochmer y Handel, 1986; Johnson, 1993; Wright y Calderón, 1995). Se ha documentado que a nivel de familia las especies muestran patrones fenológicos semejantes entre sí, por ejemplo, las bignoniáceas, las leguminosas, las moráceas y las bombacáceas florecen en los meses de menor precipitación, mientras que las especies pertenecientes a familias como Lamiaceae, Gentianaceae y Asteraceae presentan sus picos de floración en los meses más húmedos (Kochmer y Handel, 1986; Ochoa-Gaona y Domínguez-Vázquez, 2000; Lobo *et al.*, 2003). Por el contrario, en el estudio de Wright y Calderón (1995) se señala que el efecto filogenético a nivel de familia fue poco significativo, e incluso los períodos de floración que indican estos autores para algunas familias difiere de los mencionados anteriormente (p. ej. las moráceas florecen principalmente en la estación lluviosa y las asteráceas en ambas temporadas).

El hecho de que las especies filogenéticamente relacionadas compartan los mismos patrones fenológicos está aún en controversia. En realidad, existen pocos estudios fenológicos bajo el enfoque filogenético que nos permitan discernir con mayor claridad a qué nivel taxonómico las relaciones filogenéticas están influyendo sobre la fenología de las especies. Entre los estudios a nivel genérico, son pocos los que muestran una relación entre la filogenia y la fenología de las especies. Por ejemplo, Poulin *et al.* (1999) señalan que 19 especies del género *Psychotria* están altamente sincronizadas en su período de fructificación, el cual se presenta a finales de la estación lluviosa; en cambio, San Martín-Gajardo y Morellato (2003) muestran datos sobre la fenología de seis especies de *Psychotria*, que indican que no existe coincidencia en los períodos de fructificación entre las especies. Bello (1994) documentó que los períodos de floración y fructificación de cinco especies de *Quercus* no fueron iguales para todas las especies e incluso observó variación entre individuos. Olvera *et al.* (1997) también observaron que en cuatro especies de *Quercus* tampoco existió sincronía en sus etapas fenológicas, aunque este fenómeno sí se presenta a nivel intraespecífico. De igual manera, Poulin *et al.* (1999) encontraron que en 14 especies de *Miconia* la fructificación se presenta durante todo el año, sin coincidencia entre los períodos reproductivos de cada una de las especies. Un estudio fenológico desarrollado con 12 especies de *Piper* determinó que su fenología podría ser explicada con base en las condiciones microclimáticas del hábitat que ocupan las especies y no por su relación taxonómica (Thies y Kalko, 2004).

1.3 PATRONES FENOLÓGICOS A NIVEL COMUNITARIO

Relativamente pocos estudios a nivel comunitario incluyen diversas formas de crecimiento (Croatt, 1975; Lieberman, 1982; Johnson, 1993; León de la Luz *et al.*, 1996; Sakai *et al.*, 1999; Batalha y Mantovani, 2000; Spina *et al.*, 2001; Lemus-Jiménez y Ramírez, 2002; Ramírez, 2002; Abe y Kamo, 2003; Batalha y Martins, 2004; Joshi y Janarthanam, 2004), lo cual no es casual, si se considera que este tipo de trabajos requieren de un gran esfuerzo físico, disponibilidad de tiempo, recursos económicos y de un amplio conocimiento florístico. La cuantificación de estructuras en los estudios fenológicos que comprenden un gran número de

especies se ha limitado a registrar la presencia o ausencia de las estructuras reproductoras (flor y/o fruto), por lo cual, existe una mayor preponderancia de estudios cualitativos con respecto a los cuantitativos (Williams-Linera y Meave, 2002).

Los resultados de los estudios a nivel comunitario muestran que existen diversos patrones de floración y fructificación que difieren de acuerdo con los tipos de vegetación analizados; asimismo, se ha determinado que incluso en un mismo tipo de vegetación es posible observar una gran variedad de patrones fenológicos, como es el caso del estudio de Croat (1975), en el cual se establecieron 27 categorías de estacionalidad para caracterizar la floración y la fructificación de 1253 especies del bosque tropical húmedo, en la Isla de Barro Colorado (Panamá). Lemus-Jiménez y Ramírez (2002) observaron que para tres tipos de vegetación costeros en la península de Paraguaná (Venezuela) los máximos de floración y fructificación tienen lugar en la temporada seca. Por el contrario, en un bosque tropical húmedo localizado en el municipio de Campinas, San Paulo (Brasil), el pico de floración se presenta en la estación lluviosa y el de fructificación en la estación seca (Spina *et al.*, 2001), mientras que en un bosque tropical seco en el sureste de Ghana (África), Lieberman (1982) encontró que los picos de floración y fructificación se presentaron durante la estación lluviosa.

En cambio, también se ha encontrado que estudios llevados a cabo en un mismo tipo de vegetación presentan patrones muy similares. Por ejemplo, en algunas sabanas de Brasil y Venezuela, la floración se presenta principalmente durante la estación lluviosa y la producción de frutos se observa tanto en la estación lluviosa como en la temporada de menor precipitación (Batalha y Mantovani, 2000; Ramírez, 2002; Batalha y Martins, 2004). En el estudio realizado por Abe y Kamo (2003) sobre la floración de especies en dos bosques secundarios templados dominados por *Pinus densiflora* y *Carpinus laxifolia*, respectivamente, localizados en el este de Japón, la floración presenta un patrón bimodal, aunque el mayor número de especies florece en la estación seca. Sakai *et al.*, (1999) observaron que la mayoría de las especies de los bosques de dipterocarpáceas en Sarawak (Malasia), florecen y fructifican durante un período

restringido que ocurre a intervalos irregulares de 3 a 10 años, sin especificar la estacionalidad.

1.4 PATRONES FENOLÓGICOS ENTRE DISTINTAS FORMAS DE CRECIMIENTO

Se ha sugerido que especies que difieren en su forma de crecimiento, presentan eventos de floración y fructificación en diferentes periodos de tiempo, lo que permite una mejor distribución temporal de los recursos para los polinizadores y agentes de dispersión (Sarmiento y Monasterio, 1983; Kochmer y Handel, 1986; Bhat y Murali, 2001).

El estrato arbóreo es uno de los componentes de la vegetación que se ha elegido más frecuentemente para estudiar su fenología, tanto a nivel comunitario, como a nivel de pequeños grupos de especies. Referente a la estacionalidad de la floración, varios estudios indican que la floración se presenta primordialmente durante la estación seca (Frankie *et al.*, 1974; Croat, 1975; Fournier, 1976; Ramírez y Nepamuceno, 1986; Ibarra-Manríquez *et al.*, 1991; Ibarra-Manríquez, 1992; León de la Luz *et al.*, 1996; Olvera *et al.*, 1997; Williams-Linera, 1997; Justiniano y Fredericksen, 2000; Ramírez, 2002; Lobo *et al.*, 2003; Hamann, 2004; Joshi y Janarthanam, 2004) o en la estación lluviosa (Bullock y Solís-Magallanes, 1990; Machado *et al.*, 1997; Morellato *et al.*, 2000; Talora y Morellato, 2000; Funch *et al.*, 2002; Bawa *et al.*, 2003), si bien estudios que incluyen observaciones realizadas por varios años muestran que los picos de floración pueden presentarse en ambas temporadas (Murali y Sukumar, 1994; Chapman *et al.*, 1999).

En cuanto a la fructificación de los árboles, se reporta que los picos se presentan tanto en la estación seca como en la estación lluviosa del año, lo cual se debe en gran parte a que las especies fructifican en diferentes meses de un año a otro, a la presencia de dos picos en un ciclo anual, o al tipo de dispersión de las diásporas (Fournier, 1976; Bullock y Solís-Magallanes, 1990; Ibarra-Manríquez *et al.*, 1991; Murali y Sukumar, 1994; Olvera *et al.*, 1997; Chapman *et al.*, 1999; Hamann, 2004), mientras que en otros estudios se señala que la mayor proporción de especies arbóreas fructifica durante la estación de lluvias (Ibarra-

Manríquez, 1992; Machado *et al.*, 1997; Williams-Linera, 1997; Funch *et al.*, 2002) o en la estación seca (Frankie *et al.*, 1974; Croat, 1975; Justiniano y Fredericksen, 2000; Morellato *et al.*, 2000; Talora y Morellato, 2000; Lobo *et al.*, 2003). Estos resultados muestran que los árboles no tienen un patrón general que defina la estacionalidad de su fenología reproductiva, ya que su conducta al respecto depende del tipo de vegetación donde se encuentran, de su distribución espacial, de los agentes polinizadores y de dispersión, entre otros factores.

Para las especies arbustivas, varios estudios reportan que la mayoría florece y fructifica en la estación seca, independientemente del tipo de vegetación donde se encuentren (Bhat y Murali, 2001; Spina *et al.*, 2001; Lemus-Jiménez y Ramírez, 2002; Joshi y Janarthanam, 2004), aunque también se ha observado que los arbustos del sotobosque florecen durante la estación seca y producen frutos en la estación lluviosa (Opler *et al.*, 1980; Ramírez, 2002; Williams-Linera, 2003).

Para las lianas, los patrones fenológicos tampoco coinciden en todos los casos. Por ejemplo, varios autores señalan que los máximos de floración y fructificación se presentan en la estación seca (Croat, 1975; Bhat y Murali, 2001), mientras que Ibarra-Manríquez *et al.* (1991) señalan que la mayoría de las especies florecen en la temporada seca y el máximo de fructificación corresponde a la temporada lluviosa. El pico de floración de las lianas también se ha reportado durante la estación lluviosa, con la mayor proporción de especies con frutos en esta misma temporada (Ramírez, 2002) o en la estación seca (Spina *et al.*, 2001).

Por otra parte, los estudios fenológicos para las hierbas señalan que en ocasiones los patrones de floración y fructificación muestran una marcada estacionalidad hacia la temporada lluviosa (Seres y Ramírez, 1993; Batalha y Mantovani, 2000; Spina *et al.*, 2001; Ramírez, 2002). En la Isla de Barro Colorado (Panamá), las hierbas florecen en la temporada de lluvias y fructifican al principio de la estación seca (Croat, 1975). La máxima producción de estructuras reproductoras también puede presentarse al inicio o al final de la temporada seca (Bhat y Murali, 2001; Lemus-Jiménez y Ramírez, 2002).

1.5 SINCRONIZACIÓN FENOLÓGICA ENTRE INDIVIDUOS

La sincronía se define como la ocurrencia simultánea de un evento fenológico (Newstrom *et al.*, 1994) que puede ser determinada por procesos intrínsecos y extrínsecos a la población (Opler *et al.*, 1976; Ims, 1990). La sincronía puede ser abordada a nivel de individuos o de especies (Poulin *et al.*, 1999). La sincronización en los eventos fenológicos puede ser ventajoso o no para las especies, por ejemplo, una alta sincronía en la floración entre individuos de una especie puede ser favorable al aumentar la atracción de polinizadores e incrementar las posibilidades de exocruzamiento (Augspurger, 1985; Rathcke y Lacey, 1985; Gentry, 1990; Bawa *et al.*, 2003), especialmente en las especies hermafroditas autoincompatibles y en las especies dioicas (Opler *et al.*, 1976; Rathcke y Lacey, 1985; Morellato y Leitão-Filho, 1990).

Por otra parte, la asincronía en la floración reduce la competencia intraespecífica por los polinizadores, ya que se maximiza su tasa de visita durante períodos más largos (Rathcke y Lacey, 1985; Ims, 1990). No obstante, en especies con polinizadores específicos y de corta vida, como es el caso de las especies de *Ficus*, la asincronía en la presencia de siconos receptivos puede tener efectos negativos sobre el éxito reproductivo de las especies, ya que se requiere que las avispas inviertan más tiempo y esfuerzo en la localización de los siconos, lo cual no es viable, ya que estos insectos viven un máximo de uno a dos días (Kjellberg y Maurice, 1989; Smith y Bronstein, 1996).

Las ventajas de producir frutos sincrónicamente dependen de la contribución de los individuos a la disponibilidad total de frutos en relación a la conducta de forrajeo y a la abundancia de los frugívoros (Poulin *et al.*, 1999). Por lo tanto, un incremento en la producción de frutos en un determinado período facilita la dispersión de semillas al atraer dispersores más eficientemente (Milton *et al.*, 1982; Rathcke y Lacey, 1985; Smith y Bronstein, 1996; Olvera *et al.*, 1997).

En algunos casos, la fructificación de una especie muestra una duración extendida, lo cual se debe a la producción asincrónica de frutos entre los individuos (Rathcke y Lacey, 1985). Esta asincronía minimiza la competencia

entre los individuos y entre las especies por los dispersores; además, permite que las poblaciones residentes de dispersores tengan disponibilidad de recursos durante un mayor tiempo (Poulin *et al.*, 1999).

1.6 JUSTIFICACIÓN

Los bosques templados de México se distribuyen principalmente en las cadenas montañosas del país, abarcando 16.9% de su superficie total (Palacio-Prieto *et al.*, 2000). Rzedowski (1991) señala que los bosques de coníferas y de encino contienen 24% de la flora total del país y que a nivel de especie son tan ricos en endemismos como las zonas áridas y semiáridas. Además, en estos tipos de vegetación templada se han diversificado taxones muy importantes como son las familias Asteraceae y Lamiaceae y los géneros *Pinus* (Pinaceae) (Stiles, 1998), *Quercus* (Fagaceae) (Nixon, 1998), *Eupatorium*, *Senecio* y *Stevia* de la familia Asteraceae (Rzedowski, 1991), y el género *Salvia* (Lamiaceae) (Ramamoorthy y Elliot, 1998).

No obstante la importancia biológica de los bosques templados de México, se cuenta con pocos estudios cuyo objetivo específico haya sido la obtención de información fenológica basada en observaciones sistemáticas de las especies vegetales, ya que la escasa información disponible sobre el tema se encuentra para algunas especies dispersa en estudios ecológicos, florísticos o taxonómicos (p. ej. Madrigal, 1967; Benítez, 1985; González, 1986; González, 1990; Valencia, 1995), y en diversas floras (p. ej. Flora Novo-Galiciana, Flora del Bajío y Regiones Adyacentes, Flora de Guerrero, Flora de Veracruz).

Debido a los pocos estudios fenológicos en los bosques templados del país y en particular de estudios a nivel comunitario, se propuso realizar un trabajo de la fenología reproductiva de la flora vascular en una de las áreas núcleo de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, la cual tiene una gran importancia biológica por ser el sitio donde se produce la hibernación de la mariposa monarca *Danaus plexippus* L. (Broker, 1999), así como por la riqueza de su flora y el número de especies endémicas mexicanas que alberga (Cornejo-Tenorio *et al.*, 2003).

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Describir los patrones de floración y fructificación de la flora vascular de la zona núcleo Cerro Altamirano de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, durante un ciclo anual.

OBJETIVOS PARTICULARES

Describir la fenología reproductiva de las especies a nivel comunitario.

Determinar si existe relación entre los patrones fenológicos con la precipitación.

Evaluar la similitud de los patrones fenológicos entre distintas formas de crecimiento.

Documentar el grado de similitud de los patrones fenológicos entre las especies de las familias Asteraceae y Lamiaceae.

Determinar la sincronización de los eventos reproductivos entre individuos de las especies leñosas más abundantes de la zona de estudio.

ÁREA DE ESTUDIO

2.1 LOCALIZACIÓN

El Cerro Altamirano es uno de los tres polígonos que conforman la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, localizado en los municipios de Contepec, en el estado de Michoacán, y Temascalcingo, en el Estado de México, entre los 19°59'42"-19°57'07" N y los 100°09'54"-100°06'39" O (Figura 1). Este polígono presenta una zona núcleo de 588 ha y una zona de amortiguamiento de 1,182 ha (Diario Oficial de la Federación, 2000).

2.2 CLIMA

La zona de estudio tiene un clima de tipo templado subhúmedo con lluvias en verano C(w₁) (w). La precipitación promedio anual es de 830 mm, el promedio mensual varía de 5.5 mm (febrero) a 191.5 mm (julio), lo que produce una marcada estacionalidad anual. La temporada de lluvias comprende los meses de junio a septiembre, los cuales presentan una precipitación mayor de 100 mm, y la temporada seca es de octubre a mayo (Figura 2). La temperatura media anual es de 15.7°C, registrándose en enero la temperatura promedio más baja (12.1°C) y en mayo la más alta (18.3°C) (García, 1981).

2.3 GEOLOGÍA Y FISIOGRAFÍA

La región se formó en la era Cenozoica, en el período Terciario, existiendo una predominancia de rocas ígneas extrusivas ácidas (SPP, 1978). La zona se encuentra en la provincia denominada Faja Volcánica Transmexicana (Ferrusquía-Villafranca, 1998) y presenta un gradiente altitudinal de 2,500 a 3,320 m (SEMARNAT, 2001).

2.4 HIDROLOGÍA

La zona pertenece a la región hidrológica Lerma-Santiago, de la cuenca del Lerma-Chapala, en donde se observan dos direcciones de drenaje: en la porción norte, que pertenece a la subcuenca Duero, las corrientes intermitentes tienen como destino la presa Tepuxtepec, mientras que las corrientes localizadas al

suroeste, que forman parte de la subcuenca Tlalpujahua, llegan por el sur a la presa Santa Teresa y por el sureste a la presa Juanacatlán (SEMARNAT, 2001).

2.5 SUELOS

Los suelos que predominan en el área son de tipo andosol ócrico y húmico, y litosol, todos derivados de cenizas volcánicas (SPP, 1979). Los andosoles tienen un horizonte superficial oscuro, son muy permeables y frágiles, con una textura de migajón limoso y muy susceptibles a la erosión, mientras que los litosoles son suelos rocosos, con horizontes superficiales poco desarrollados que pueden presentar una erosión de moderada a alta (FitzPatrick, 1980).

2.6 VEGETACIÓN

De acuerdo con la clasificación de Rzedowski (1978), los tipos de vegetación de la zona núcleo son el bosque de *Quercus* (encinares) y el bosque de *Abies* (bosque de oyamel). Cornejo-Tenorio *et al.* (2003) señalan que el bosque de *Quercus* se encuentra entre 2,500 y 2,900 m de altitud, con el estrato arbóreo representado por *Arbutus xalapensis* (Ericaceae), *Quercus castanea* y *Q. obtusata* (Fagaceae), en tanto que los arbustos dominantes son *Arctostaphylos pungens* y varias especies de asteráceas. El estrato herbáceo está caracterizado por una gran riqueza de especies, entre las que se encuentran *Bouvardia ternifolia* (Rubiaceae), *Gentiana spathacea* (Gentianaceae), *Helianthemum glomeratum* (Cistaceae), *Penstemon roseus*, *Lamourouxia multifida* (Scrophulariaceae), *Salvia mexicana* (Lamiaceae) y *Piqueria trinervia* (Asteraceae). Las epífitas se restringen a algunas especies del género *Tillandsia*, las cuales son poco abundantes. Las especies hemiparásitas están representadas por *Cladocolea diversifolia* y *Phoradendron schumannii* (Viscaceae).

Respecto al bosque de *Abies*, éste se encuentra a partir de altitudes cercanas a 3,000 m, siendo la especie arbórea dominante *Abies religiosa* (Pinaceae), aunque también se presenta *Quercus laurina* (Fagaceae), y en menor abundancia *Clethra mexicana* (Clethraceae) y *Salix paradoxa* (Salicaceae). El estrato arbustivo está compuesto por varias especies de

asteráceas como *Ageratina mairiana* y *Roldana angulifolia*. Las especies herbáceas más comunes son *Alchemilla procumbens* (Rosaceae), *Oxalis alpina* (Oxalidaceae), *Salvia elegans*, *S. fulgens* (Lamiaceae) y *Senecio callosus* (Asteraceae).

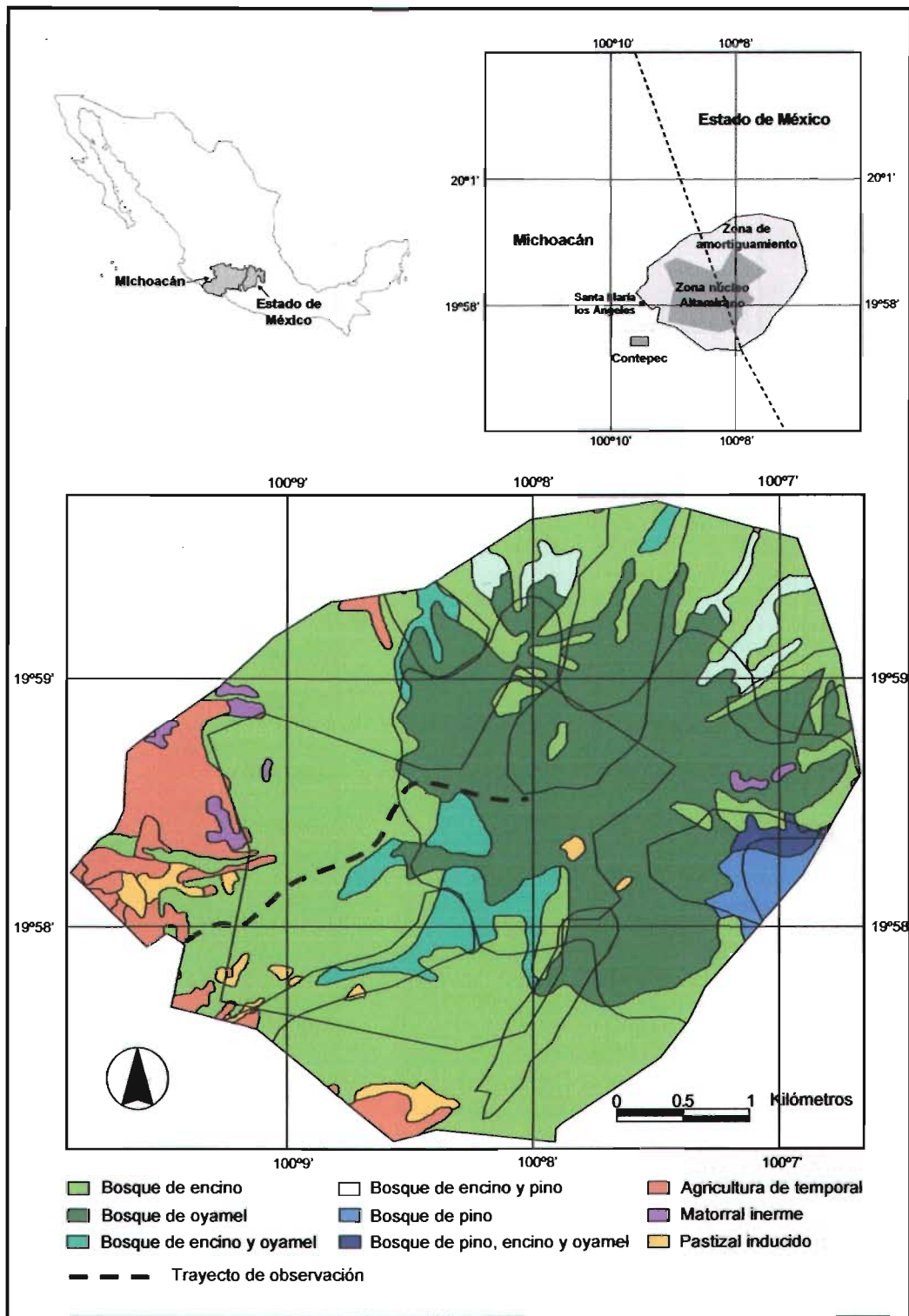


Figura 1. Localización de la zona de estudio (CONAP, 2003).

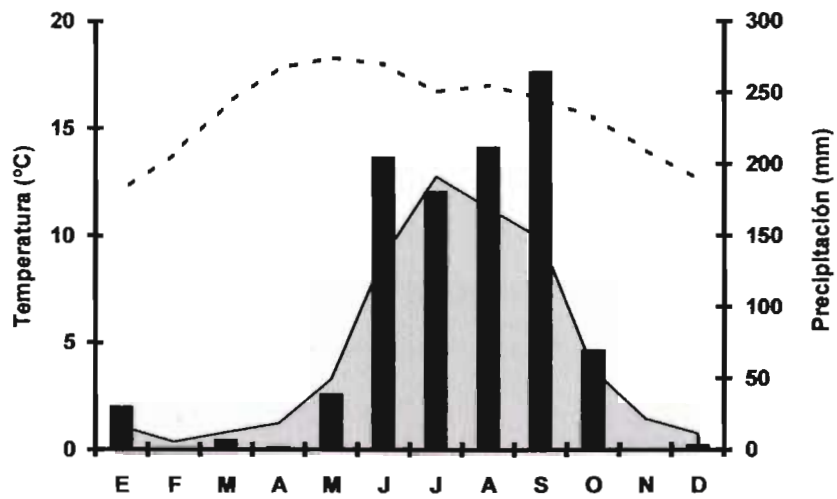


Figura 2. Diagrama climático de la Estación meteorológica de Tepuxtepec, municipio de Contepec, Michoacán (19°59'-100°13', 2330 m s.n.m.). Precipitación y temperatura media mensual (sombreado gris y líneas punteadas) (promedio de 34 años; García, 1981) y precipitación promedio mensual registrada en 2004 (barras negras) (CNA, 2004).

MÉTODOS

3.1 SITIOS DE OBSERVACIÓN

Antes del inicio del trabajo, se efectuaron salidas de campo para el reconocimiento del área y la selección del sitio de estudio. Los registros fenológicos se realizaron en la zona núcleo de Cerro Altamirano, en un trayecto de aproximadamente 2 km, siguiendo un gradiente altitudinal (2500-3000 m), a lo largo de la cañada El Pastor, la cual se ubica en el lado oeste de la zona núcleo, subiendo por el poblado Santa María los Ángeles, del municipio de Contepec, Michoacán (Figura 1).

El recorrido incluyó comunidades que de acuerdo con sus especies fisonómicamente dominantes se definieron como bosque de *Quercus* y bosque de *Abies* (Figura 1), donde se establecieron sistemáticamente 35 sitios para la observación de la floración y la fructificación de las especies. Cada sitio consistió de un transecto de 25 × 4 m. Con base en observaciones de campo, se determinó que el bosque de *Quercus* presenta un mayor número de especies que el bosque de *Abies* (Cuadro 1); por lo tanto, en los encinares se establecieron 22 transectos y en el bosque de *Abies* 13. Para especies que muestran una distribución muy restringida (p. ej. *Pinguicula moranensis*, Lentiburaliaceae), se fijaron sitios puntuales de observación, ya que era poco probable que aparecieran estas especies en los transectos de observación.

Cuadro 1. Riqueza de plantas vasculares en los tipos de vegetación de la zona núcleo Cerro Altamirano.

Tipo de vegetación	Familias	Géneros	Especies
Bosque de <i>Abies</i>	15	20	22
Bosque de <i>Quercus</i>	34	72	100
Ambos bosques	11	10	8
Total	38	82	114

Para detectar variaciones fenológicas entre individuos de las especies leñosas más abundantes en ambos tipos de vegetación, se seleccionaron y marcaron a lo largo del gradiente altitudinal 20 individuos de siete especies

arbóreas: *Abies religiosa* (Pinaceae), *Arbutus tesellata*, *Arbutus xalapensis* (Ericaceae), *Clethra mexicana* (Clethraceae), *Quercus castanea*, *Quercus laurina* y *Quercus obtusata*, (Fagaceae). También se marcaron individuos de una especie arbustiva: *Arctostaphylos pungens* (Ericaceae). En todas estas especies se observó la presencia de flores, frutos inmaduros y frutos maduros.

Para llevar a cabo un seguimiento de las especies arbóreas y de las especies incluidas en los transectos, se elaboró un mapa de localización de las especies marcadas y de los transectos, lo que permitió el registro de los datos fenológicos de los mismos individuos durante el año en que se efectuaron las observaciones.

3.2 REGISTRO FENOLÓGICO

Los datos fenológicos están basados en la presencia o ausencia de las estructuras reproductoras, las cuales se observaron durante un ciclo anual (enero a diciembre de 2004), por medio de recorridos mensuales (2-4 días). Las observaciones se realizaron en forma directa o por medio de binoculares. En cada transecto se registraron las especies con estructuras reproductoras, independientemente de si para cada especie era posible delimitar o no individuos. Cuando la primera condición fue posible, se observaron 10 individuos; si el número era menor, los registros se complementaron con observaciones realizadas fuera del área del transecto, siempre y cuando su localización no estuviera a más de 20 m de distancia.

Las formas de crecimiento consideradas para este trabajo fueron: árboles (8 especies; 7%), arbustos (21; 18.4%), hierbas anuales (11; 9.6%) y hierbas perennes (74; 65%) (Cuadro 2). Para registrar la forma de crecimiento de las especies en el campo, se tomó en cuenta la consistencia de los tallos y la altura total de las especies, incluyendo en la categoría de árboles las especies leñosas con una altura mayor de 3 m y un dap mayor de 10 cm, en la de arbustos las especies leñosas con alturas menores de 3 m y en la de hierbas aquellas especies sin tallos leñosos (Whittaker, 1975). La distinción entre las hierbas anuales y las hierbas perennes, así como entre otras formas de crecimiento

incluidas en la lista florística, están basadas en la información contenida en Calderón de Rzedowski y Rzedowski (2001).

Cuadro 2. Formas de crecimiento de las especies de la flora vascular de la zona núcleo Cerro Altamirano, registradas en cada tipo de vegetación.

Forma de crecimiento	Tipo de vegetación			Total (%)
	Bosque de <i>Abies</i>	Bosque de <i>Quercus</i>	Ambos bosques	
Árbol	5	4	1	8 (7.0)
Arbusto	5	18	2	21 (18.4)
Hierba anual	1	11	1	11 (9.6)
Hierba perenne	11	67	4	74 (65.0)
Total	22	100	8	114

Las estructuras reproductoras observadas fueron las siguientes: i) flores (flores en antesis o cabezuelas con flores abiertas), ii) frutos inmaduros (frutos generalmente verdes con semillas inmaduras) y iii) frutos maduros (frutos que presentan cambio de color y/o consistencia, con semillas maduras o bien con el involucro de la infrutescencia abierto, flores del disco y liguladas ausentes o secas y aquenios maduros). En los individuos marcados de las ocho especies leñosas, se observaron las tres estructuras reproductoras (flores, frutos inmaduros y frutos maduros); en las demás formas de crecimiento solamente se observaron las flores y los frutos maduros.

La floración en las especies de *Abies religiosa*, *Quercus castanea*, *Q. laurina* y *Q. obtusata* fue registrada cuando se observaron amentos con flores estaminadas, ya que las flores pistiladas son poco conspicuas. En *Abies religiosa* se consideraron como frutos inmaduros los conos femeninos de color verde con tonos rojizos y escamas cerradas, mientras que los frutos maduros se refieren a los conos de color pardo oscuro, en donde las escamas que conforman el fruto se desprenden fácilmente.

3.3 ANÁLISIS DE DATOS

Durante las salidas mensuales al sitio de estudio, se colectaron y procesaron especies cuya determinación se efectuó mediante claves y cotejo con material de

herbario. Los especímenes colectados fueron depositados en los herbarios del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (MEXU) y del Instituto de Ecología, A.C., Centro Regional del Bajío (IEB). La lista florística anexa está ordenada de acuerdo con Cornejo-Tenorio *et al.*, (2003).

Para describir los patrones de la fenología reproductiva de las especies se tomaron en cuenta algunos de los criterios propuestos por Newstrom *et al.* (1994), como son la estacionalidad, la frecuencia y la duración de los eventos fenológicos. Respecto a la estacionalidad, se definieron tres categorías: i) especies con eventos reproductivos en la temporada seca, la cual abarca los meses de octubre a mayo, ii) especies con eventos reproductivos en la temporada de lluvias (junio a septiembre), y iii) especies con eventos reproductivos en ambas temporadas. La frecuencia se refiere a la periodicidad de los eventos reproductivos en un ciclo anual, en el presente estudio estas categorías se refieren al año en que se efectuaron las observaciones (2004); las categorías utilizadas fueron las siguientes: i) continuas (se refiere a las especies que presentan estructuras reproductoras a lo largo de todo el año), ii) subanuales (especies con varios ciclos cortos de reproducción a lo largo del año), y iii) anuales (especies con un ciclo de producción de estructuras reproductoras al año). Respecto a la duración en la que permanecen las estructuras reproductoras, se incluyeron las siguientes categorías: i) breve (menor de un mes), ii) intermedia (de uno a cinco meses), y iii) extendida (mayor de cinco meses).

La descripción de los patrones fenológicos se efectuó en tres niveles de análisis: i) a nivel comunitario, en el cual se consideró el número total de especies y su forma de crecimiento, ii) a nivel de grupos taxonómicos, para lo cual se seleccionaron las especies de las familias Asteraceae y Lamiaceae, ya que son las que presentan el mayor número de especies (38 y 10, respectivamente) de la flora vascular, y iii) a nivel poblacional, en el cual se seleccionaron 20 individuos de cada una de las especies leñosas más abundantes (*Abies religiosa*, *Arbutus tesellata*, *A. xalapensis*, *Arctostaphylos pungens*, *Clethra mexicana*, *Quercus castanea*, *Q. laurina* y *Q. obtusata*).

Para evaluar la relación entre la precipitación y el número de especies con estructuras reproductoras, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson (Zar, 1999). El grado de sincronía entre los individuos de las ocho especies leñosas fue analizado por medio del índice de actividad (Morellato *et al.*, 1990, Bencke y Morellato, 2002), el cual indica la proporción de individuos de una población en una determinada fenofase y se estima a partir del porcentaje de individuos con estructuras reproductoras. Las categorías utilizadas fueron las siguientes: i) asincronía, cuando menos de 20% de los individuos presenta estructuras reproductoras, ii) sincronía baja, cuando se presentan entre 20 y 60% de los individuos, y iii) sincronía alta, cuando se observan en más de 60% de los individuos.

RESULTADOS

4.1 FENOLOGÍA REPRODUCTIVA A NIVEL COMUNITARIO

La floración de las 114 especies incluidas en el estudio se observó durante todo el año (Figura 3), aunque el mayor número de especies se concentró de agosto a octubre, con su pico de actividad en septiembre (estación lluviosa). La floración se observó en todas las especies y la fructificación se detectó sólo en 93 especies. Los frutos maduros también se presentaron durante todo el año; no obstante, la mayoría se registró durante los meses de octubre a diciembre, con su máximo en diciembre (estación seca) (Figura 3).

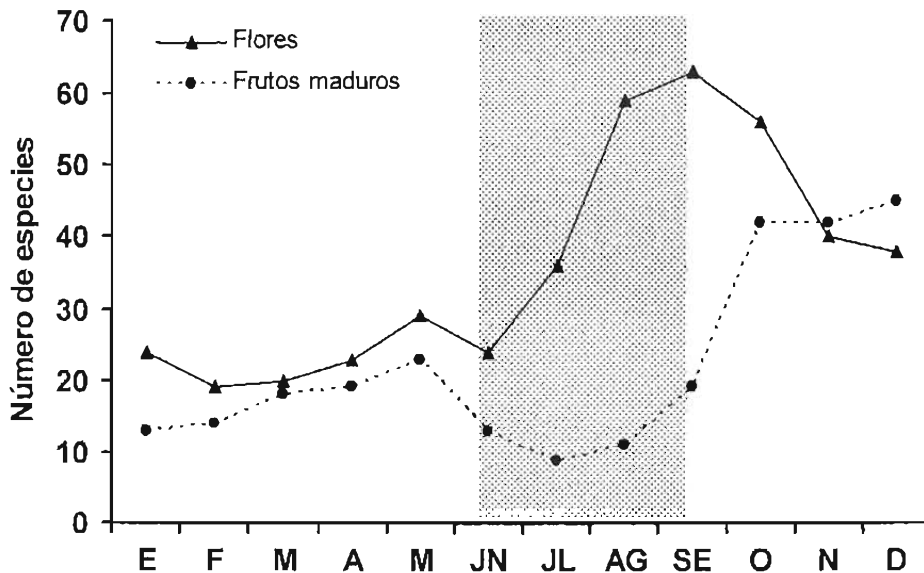


Figura 3. Patrones de floración y fructificación de 114 especies de plantas vasculares de la zona núcleo Cerro Altamirano. Las abreviaturas de los meses con dos letras indican la estación de lluvias.

La correlación que se observó entre el número de especies en floración y la precipitación fue positiva ($r = 0.589$, $P < 0.05$), y por el contrario, la fructificación mostró al respecto una correlación negativa ($r = -0.446$, $P < 0.01$) (Figura 4).

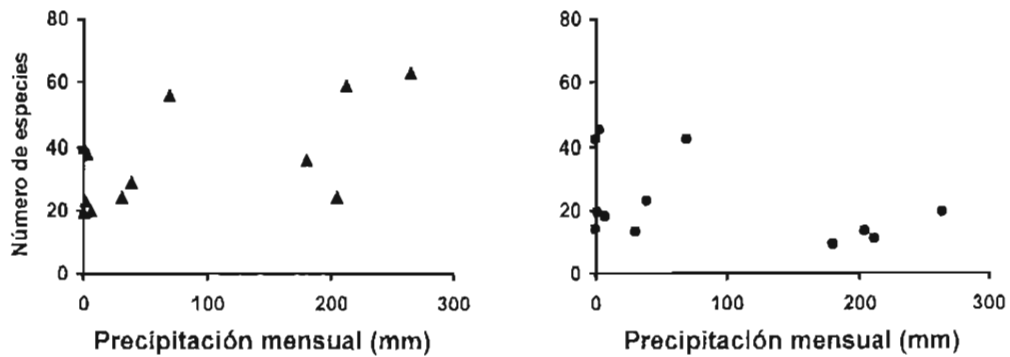


Figura 4. Correlación entre la precipitación media mensual (2004) y el número de especies en floración (▲) y en fructificación (●) en la zona de estudio.

Con relación a la estacionalidad, 54 especies (47.4%) florecieron en un período que abarca la estación lluviosa y la seca, mientras que 37 (32.4%) presentaron flores exclusivamente en la temporada seca y 23 (20.2%) en la temporada de lluvias. Los frutos maduros se presentaron en 63 especies (68%) durante la estación seca, en 10 especies (11%) durante la temporada lluviosa y en el resto de las especies se observaron en ambas temporadas (Figura 5A).

Las especies que se observaron una vez al año fue la categoría con el mayor número de especies en floración (106; 93%) y con frutos maduros (90; 96.8%). La proporción de especies que presentaron estructuras reproductoras más de una vez al año fue muy baja (5.3% de especies con flores y 3.2% con frutos maduros). Solamente dos especies (1.7%) presentaron flores de forma continua durante todo el año (Figura 5B).

De acuerdo con la duración en que permanecen las estructuras reproductoras, se observó que en la mayoría de las especies la floración (93 especies; 81.6%) y la fructificación (84; 90.3%) tuvieron una duración intermedia (1-5 meses). Por el contrario, la duración extendida (> 6 meses) se detectó en menos de 20% de las especies en floración y fructificación. Sólo en dos especies (1.7%) la duración de la floración fue breve (menos de un mes) (Figura 5C).

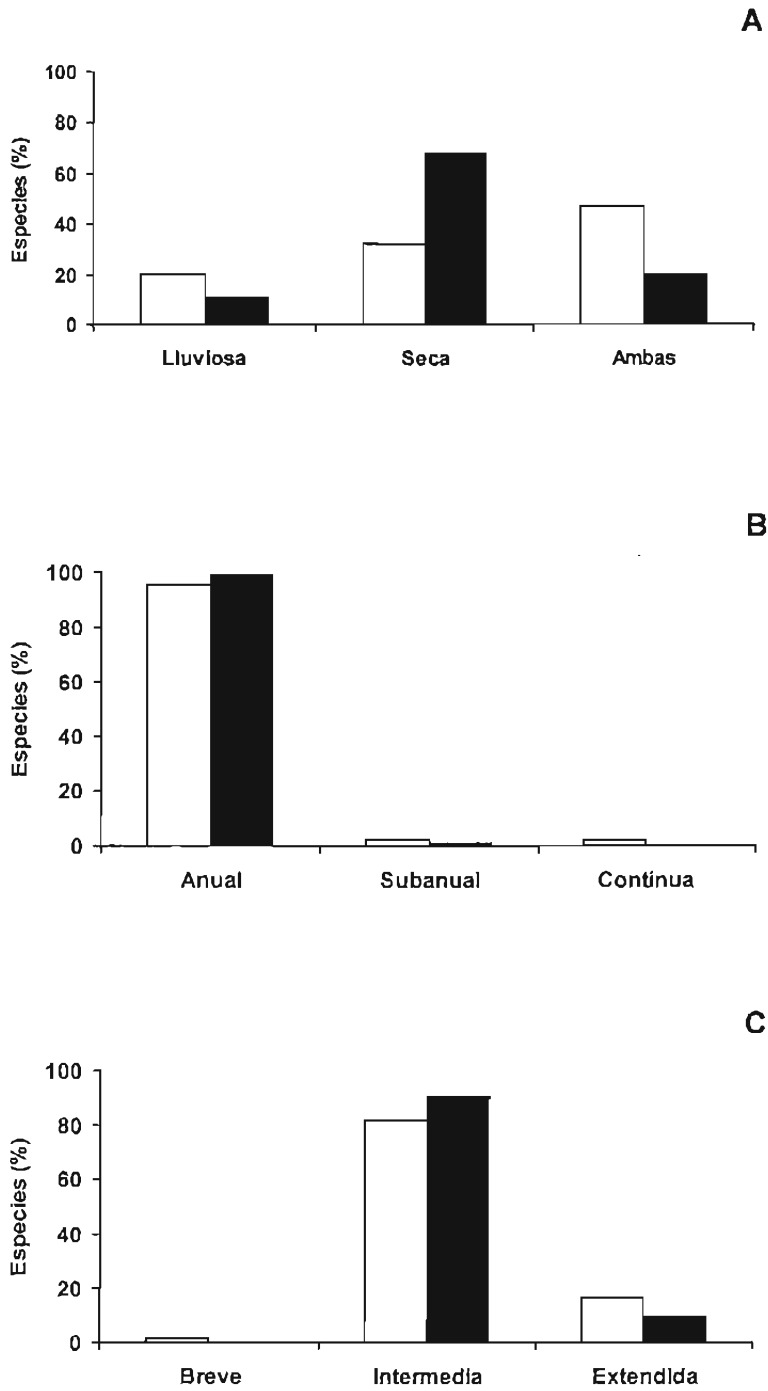


Figura 5. Porcentaje de especies en floración (barras blancas) y fructificación (barras negras), de acuerdo con la estacionalidad (A), la frecuencia (B) y la duración (C) de sus estructuras reproductoras.

4.2 FENOLOGÍA REPRODUCTIVA ENTRE DISTINTAS FORMAS DE CRECIMIENTO

Los árboles, arbustos, hierbas anuales y hierbas perennes mostraron patrones diferentes tanto en la floración como en la fructificación, aunque entre las hierbas anuales y las perennes, el comportamiento fue muy similar (Figuras 6A-D).

De las ocho especies arbóreas estudiadas, la mayoría (66.6%) floreció de marzo a mayo, mientras que en abril y en diciembre se detectaron los máximos de fructificación, mostrando una marcada estacionalidad hacia la temporada seca (Figuras 6A, 7A). La mayoría de los árboles presentó estructuras reproductoras una vez al año con una duración intermedia (Figuras 7B, C).

Las 21 especies arbustivas incluidas en el estudio presentaron flores y en sólo dos especies no se registraron frutos. Los arbustos florecieron y fructificaron a lo largo del año, con sus máximos durante la estación seca (Figura 6B). El número de especies con flores y frutos maduros se presentaron casi en igual proporción durante la estación seca y en ambas temporadas (Figura 7D). Las estructuras reproductoras de la mayoría de los arbustos se registraron una vez al año con una duración intermedia (Figuras 7E, F).

Con respecto a las hierbas anuales, las 11 especies presentaron flores, pero sólo nueve produjeron frutos. El patrón fenológico de las hierbas anuales exhibe el pico de floración en octubre y el de fructificación en diciembre (Figura 6C). La floración de las especies se presentó en ambas temporadas, hacia finales de la estación lluviosa e inicios de la estación seca; por otra parte, los frutos maduros se observaron exclusivamente durante la estación seca (Figura 7G). Todas las especies presentaron estructuras reproductoras una vez al año con una duración intermedia (Figuras 7H, I).

Las hierbas perennes fueron la forma de crecimiento con mayor número de especies (74), de las cuales todas presentaron flores, pero solamente 57 desarrollaron frutos maduros. Aunque las hierbas perennes se observaron durante todo el año, el período con mayor actividad reproductiva fue de julio a noviembre (ambas temporadas), mostrando su pico de floración en agosto y el de

fructificación en octubre (Figuras 6D, 7J). Las estructuras reproductoras de la mayoría de las hierbas anuales se observaron una vez al año con una duración intermedia (Figuras 7K, L).

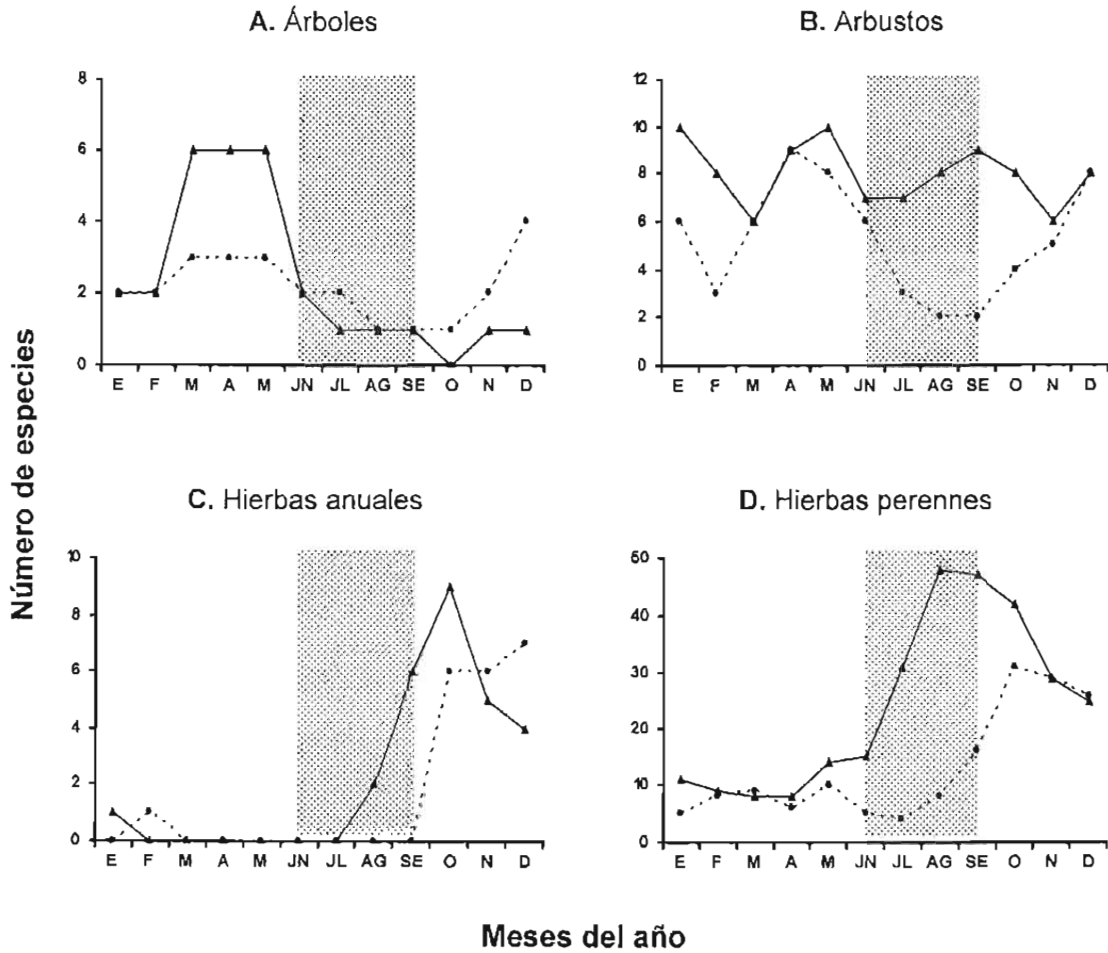


Figura 6. Patrones de floración y fructificación por forma de crecimiento de las especies observadas en la zona núcleo Cerro Altamirano. Símbolos: flores —▲— y frutos maduros —●—. Las abreviaturas de los meses con dos letras indican la estación de lluvias.

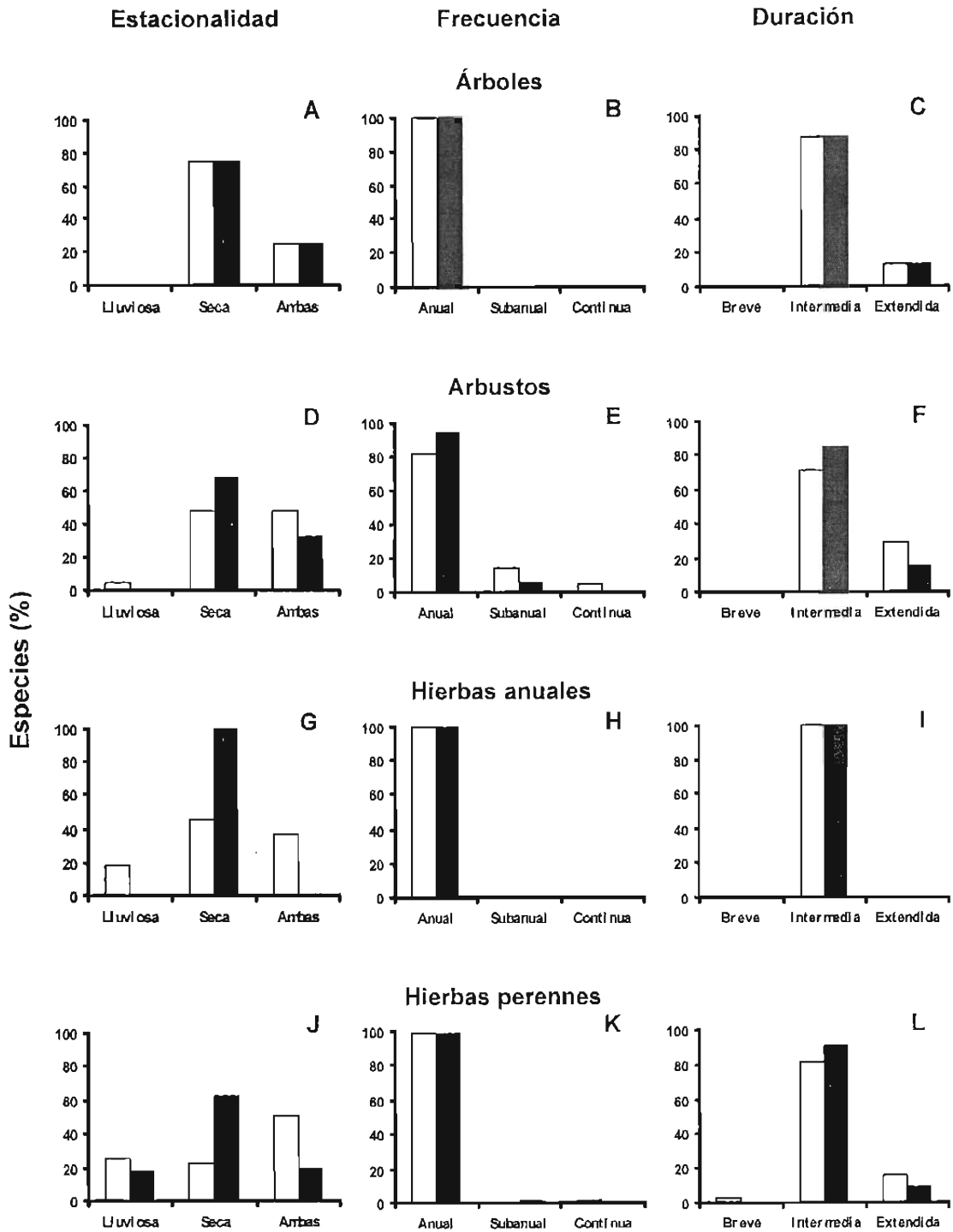


Figura 7. Porcentaje de especies en floración (barras blancas) y fructificación (barras negras), de distintas formas de crecimiento, de acuerdo con la estacionalidad, la frecuencia y la duración de sus estructuras reproductoras.

4.3 FENOLOGÍA REPRODUCTIVA DE GRUPOS RELACIONADOS TAXONÓMICAMENTE

4.3.1 Familia Asteraceae

De las 38 especies de Asteraceae la mayoría presentó flores de septiembre a diciembre, con su máximo en octubre, mientras que los frutos maduros se observaron de octubre a diciembre, con su pico en diciembre (Figura 8A). Con relación a la estacionalidad, se encontró que las asteráceas florecen y fructifican preferentemente durante la estación seca (Figura 9A). La frecuencia con la que presentan sus estructuras reproductoras fue una vez al año con una duración intermedia (Figuras 9B, C).

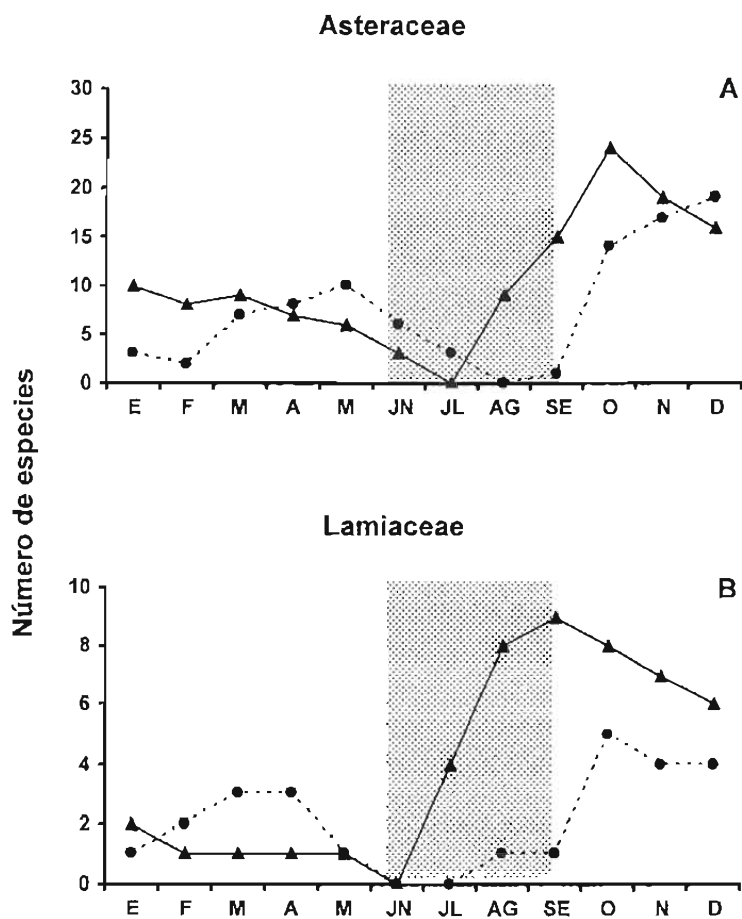


Figura 8. Patrones de floración y fructificación de las especies de Asteraceae y Lamiaceae presentes en la zona núcleo Cerro Altamirano. Símbolos: flores —▲— y frutos maduros —●—. Las abreviaturas de los meses con dos letras indican la estación de lluvias.

La familia Asteraceae incluyó 21 géneros, de los cuales 12 están representados por una sola especie y el resto por dos a cinco especies (Anexo). Con relación a la fenología de las especies de un mismo género, se observó que existe similitud en la estacionalidad de los eventos reproductivos. Por ejemplo, las especies de *Ageratina* y *Archibaccharis* florecen exclusivamente en la temporada seca, las especies de *Dahlia* en la temporada lluviosa y las especies de *Stevia*, *Tagetes* y *Viguiera* a finales de la temporada lluviosa e inicios de temporada seca (Figura 10A). Por otra parte, se observó que en general las asteráceas presentaron frutos maduros durante la estación seca, independientemente del género (Figura 10B).

4.3.2 Familia Lamiaceae

En la mayoría de las especies de Lamiaceae la floración se observó de agosto a diciembre, con su máximo en septiembre, y la fructificación de octubre a diciembre, con su pico en octubre (Figura 8B). En cuanto a la estacionalidad, la mayoría de las lamiáceas floreció durante la estación lluviosa e inicios de la estación seca y fructificó en la temporada seca (Figura 9D). Todas las especies presentaron flores y frutos una vez al año, con una duración de 1 a 8 meses (Figuras 9E, 9F). A nivel genérico, las salvias presentaron el mismo patrón que a nivel de familia (Figuras 11A, B), por ser el género con mayor número de especies. Independientemente de la morfología de las flores las especies de *Salvia* florecieron en un determinado período al año (Cuadro 3).

Cuadro 3. Morfología y fenología floral de siete especies de *Salvia* presentes en la zona núcleo Cerro Altamirano.

Especie	Morfología floral		Período de floración													
	Color	Tamaño (cm)	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
<i>S. amarissima</i>	Azul	1.2-1.3										+	+	+	+	+
<i>S. elegans</i>	Roja	2.2-3	+	+	+	+	+							+	+	+
<i>S. fulgens</i>	Roja	4-6								+	+	+	+	+	+	+
<i>S. laevis</i>	Azul	1.3-1.4											+	+	+	+
<i>S. lavanduloides</i>	Azul	1	+							+	+	+	+	+	+	+
<i>S. mexicana</i> var. <i>mexicana</i>	Azul	2.4-4.3											+	+	+	+
<i>S. patens</i>	Azul	4.2-4.8											+	+	+	+

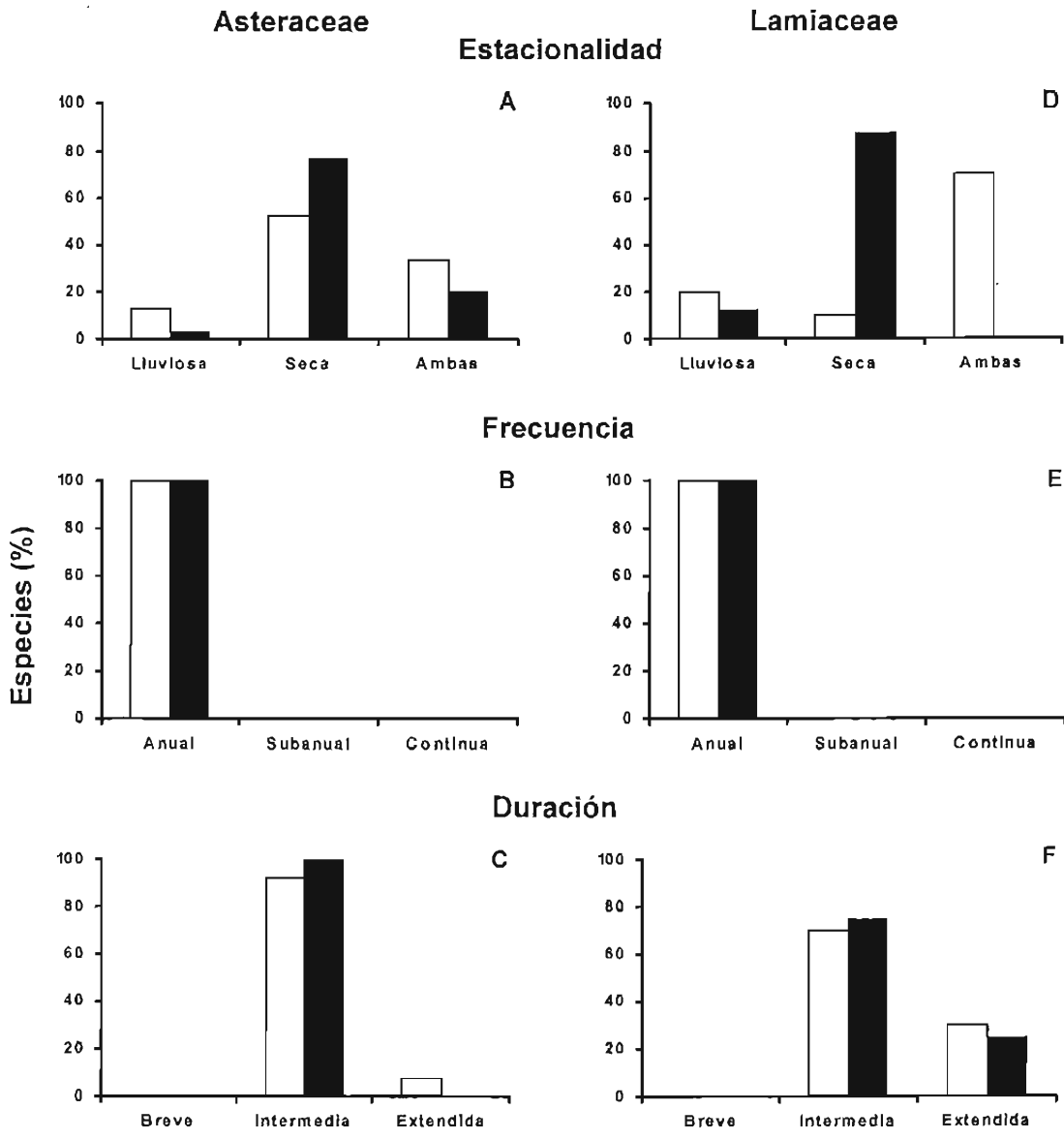


Figura 9. Porcentaje de especies en floración (barras blancas) y fructificación (barras negras) de Asteraceae (A-C) y Lamiaceae (D-F) presentes en la zona núcleo Cerro Altamirano, con base en la estacionalidad, frecuencia y duración de las estructuras reproductoras.

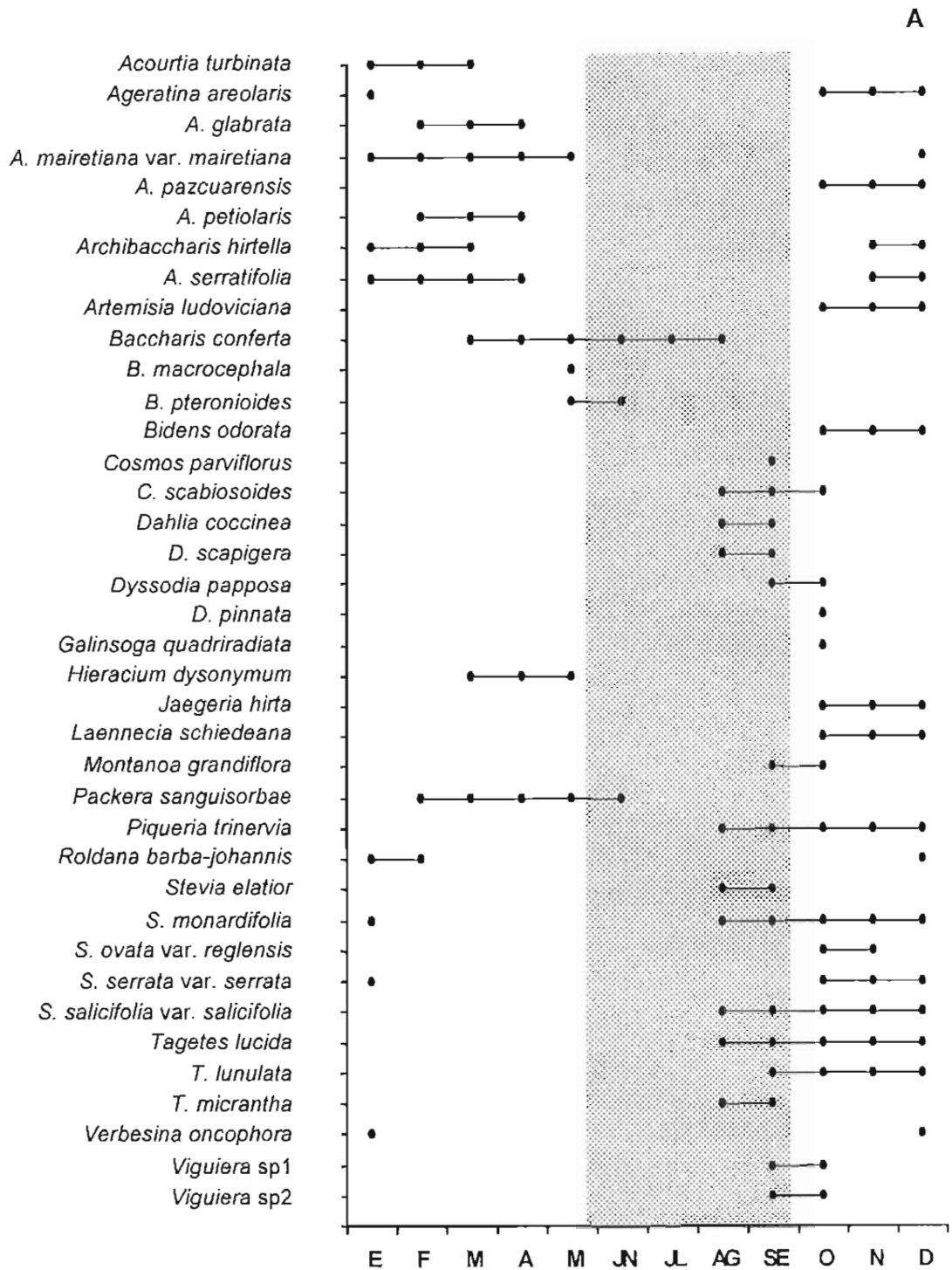


Figura 10. Floración (A) y fructificación (B) de las especies de Asteraceae, observadas en la zona núcleo Cerro Altamirano durante 2004. Las abreviaturas de los meses con dos letras indican la estación de lluvias.

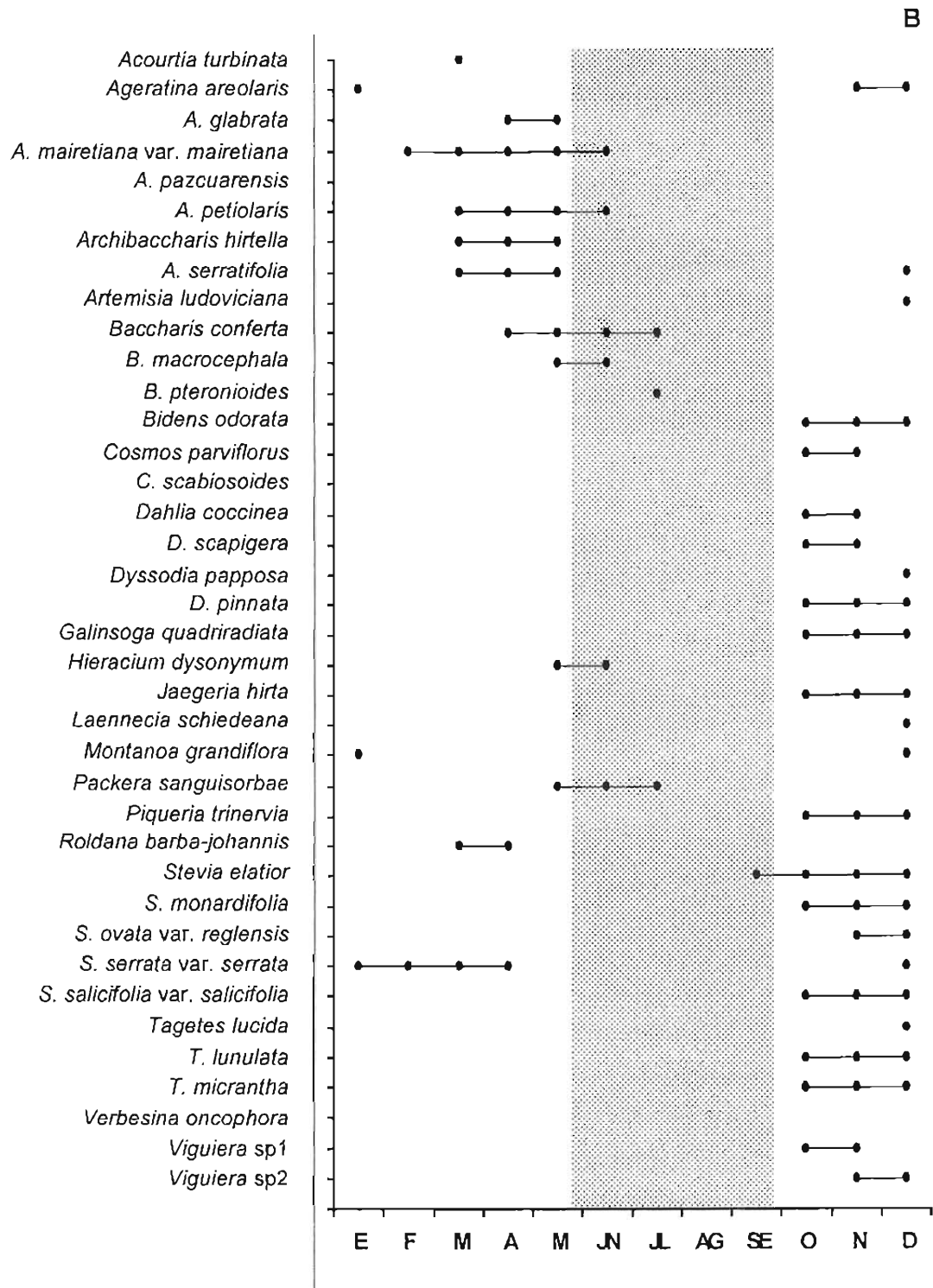


Figura 10. Continuación.

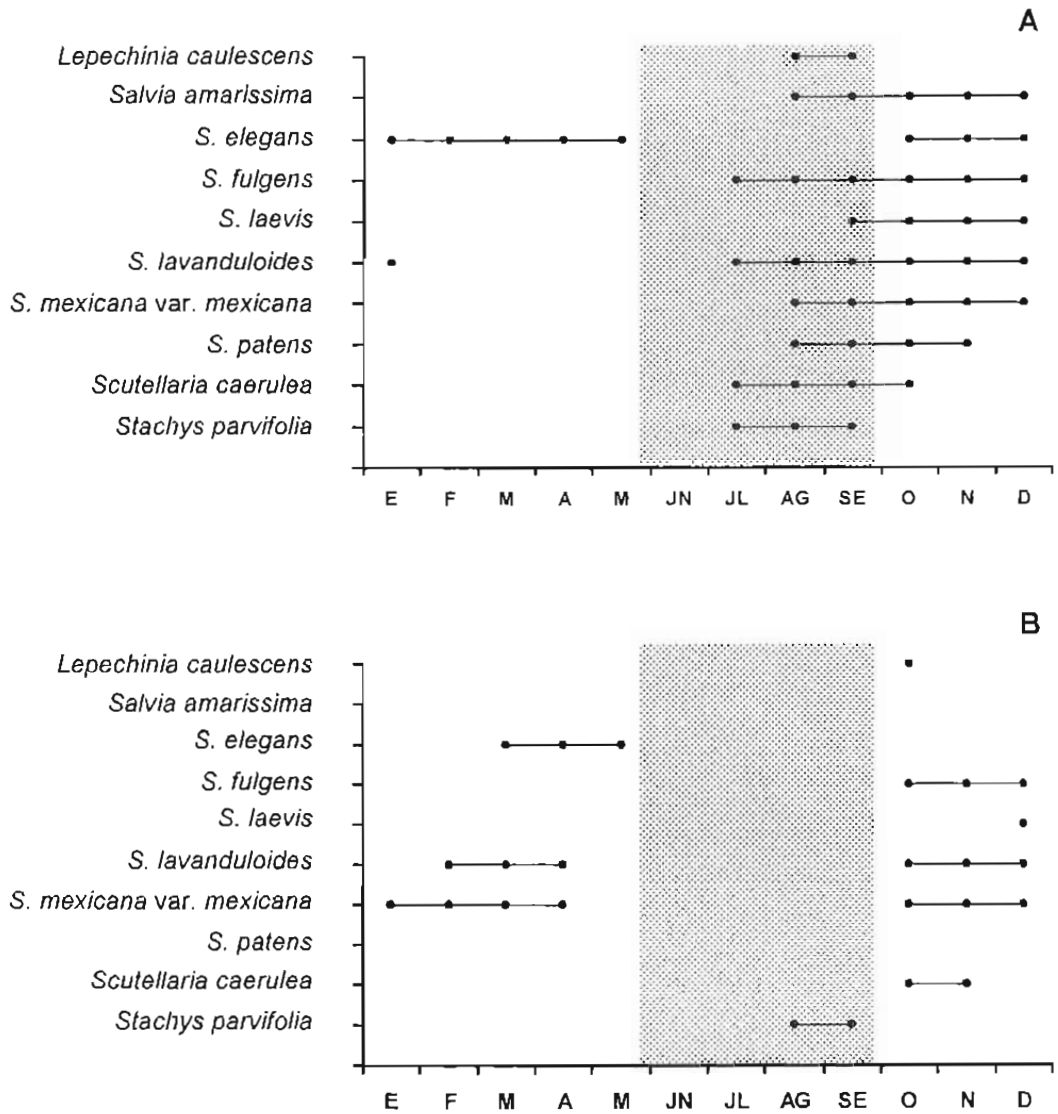


Figura 11. Floración (A) y fructificación (B) de 10 especies de *Lamiaceae*, observadas en la zona núcleo Cerro Altamirano durante 2004. Las abreviaturas de los meses con dos letras indican la estación de lluvias.

4.4 SINCRONIZACIÓN FENOLÓGICA ENTRE INDIVIDUOS

4.4.1 *Abies religiosa* (Pinaceae)

Se observaron conos masculinos en 19 árboles, mientras que en 12 se registraron conos femeninos inmaduros, y la maduración se detectó en 10 individuos; cabe señalar que los conos femeninos maduros fueron parte del ciclo reproductivo anterior (2003). La mayoría de los individuos tuvieron conos masculinos en abril, conos femeninos inmaduros durante los meses de junio a diciembre y conos femeninos maduros de enero a marzo (Figura 12A).

En la temporada seca se presentaron conos masculinos y conos femeninos maduros, en tanto que los conos femeninos inmaduros se observaron durante la temporada de lluvias y la temporada seca (Figura 13A). Las estructuras reproductoras de *Abies religiosa* se observaron una vez al año (2004) (Figura 13B). Los conos masculinos y los femeninos maduros tuvieron una duración intermedia, mientras que el período en que permanecieron los conos femeninos inmaduros fue más extenso (Figura 13C). Entre los individuos que presentaron conos masculinos se detectó alta sincronía; en cambio, en la producción de conos femeninos inmaduros y maduros se observó baja sincronía (Cuadro 4; Figuras 14A-C).

4.4.2 *Arbutus tessellata* (Ericaceae)

En 17 individuos se observaron flores y frutos inmaduros, y en ocho árboles se detectaron frutos maduros. La mayoría de los individuos con flores se presentaron en enero, con frutos inmaduros de marzo a mayo y con frutos maduros en junio (Figura 12B).

Durante la temporada seca 82% de los individuos presentaron flores, los individuos con frutos inmaduros se observaron casi en igual proporción en la temporada seca y en ambas temporadas, mientras que en la estación lluviosa se presentaron la mayoría de individuos con frutos maduros (Figura 13D). La mayoría de los árboles florecieron y fructificaron una vez al año (Figura 13E). La duración de las flores y de los frutos maduros fue intermedia, mientras que los frutos inmaduros tuvieron una duración intermedia y extendida casi en la misma

proporción de individuos (Figura 13F). Los árboles con flores y frutos inmaduros mostraron alta sincronía, mientras que la maduración de frutos exhibió baja sincronía (Cuadro 4; Figuras 14D-F).

Cuadro 4. Índice de actividad (porcentaje de individuos que presentan estructuras reproductoras): < 20% asincrónica, 20-60% sincronía baja y > 60% sincronía alta.

Espece	Flores	Frutos inmaduros	Frutos maduros
<i>Abies religiosa</i>	95	60	50
<i>Arbutus tessellata</i>	85	85	40
<i>Arbutus xalapensis</i>	50	50	20
<i>Arctostaphylos pungens</i>	95	95	95
<i>Clethra mexicana</i>	70	70	70
<i>Quercus castanea</i>	50	90	90
<i>Quercus laurina</i>	60	30	30
<i>Quercus obtusata</i>	55	95	85

4.4.3 *Arbutus xalapensis* (Ericaceae)

La floración y la producción de frutos inmaduros se observaron en 10 individuos, y en cuatro se registraron los frutos maduros. El pico de floración se presentó en abril, el de frutos inmaduros en mayo y el de frutos maduros de julio a septiembre (Figura 12C).

La floración se observó durante la temporada seca; 60% de los individuos con frutos inmaduros se presentó en ambas temporadas y 40% en la estación seca, en tanto que la maduración de los frutos fue detectada en ambas temporadas (Figura 13G). Los eventos reproductivos de *Arbutus xalapensis* se presentaron una vez al año (Figura 13H), con una duración intermedia en la presencia de flores, mientras que la permanencia de los frutos inmaduros y maduros abarcó las categorías intermedia y extendida (Figura 13I). Los individuos con estructuras reproductoras mostraron baja sincronía (Cuadro 4; Figuras 15G-I).

4.4.4 *Arctostaphylos pungens* (Ericaceae)

La presencia de flores, frutos inmaduros y maduros se observó en 19 individuos. La floración mostró dos picos, uno en julio y otro en noviembre. La producción de frutos inmaduros se observó durante todo el año, aunque el máximo se presentó de diciembre a abril, y el mayor número de individuos con frutos maduros se detectó en mayo (Figura 12D).

Las estructuras reproductoras de *Arctostaphylos pungens* se produjeron principalmente en un período que abarca tanto la estación seca como la estación lluviosa (Figura 13J). La mayoría de los individuos tuvieron flores, frutos inmaduros y maduros una vez al año (Figura 13K). La permanencia de las flores mostró una duración intermedia y extendida, mientras que los frutos inmaduros tuvieron una duración extendida y los frutos maduros intermedia (Figura 13L). Los arbustos mostraron alta sincronía en la producción de sus estructuras reproductoras (Cuadro 4; Figuras 14J-L).

4.4.5 *Clethra mexicana* (Clethraceae)

En 14 individuos se presentaron flores, frutos inmaduros y frutos maduros. La floración se observó en los meses de enero y febrero; el pico de producción de frutos inmaduros se detectó en febrero y el de frutos maduros en marzo (Figura 12E). Las estructuras reproductoras se presentaron durante la temporada seca, observándose una vez al año (2004), con una duración intermedia (Figuras 13M-O). Los árboles presentaron alta sincronía en la producción de sus estructuras reproductoras (Cuadro 4; Figuras 14 M-O).

4.4.6 *Quercus castanea* (Fagaceae)

Para esta especie de encino, se observaron flores estaminadas en 10 individuos, mientras que en 16 se observaron frutos inmaduros y frutos maduros. El pico de floración fue en abril; el mayor número de individuos con frutos inmaduros se registró en diciembre y el máximo de frutos maduros se presentó en los meses de enero y febrero (Figura 12F).

En la temporada seca se presentaron la mayoría de individuos con flores y con frutos maduros, mientras que los individuos con frutos inmaduros se detectaron principalmente en el período que abarca ambas temporadas (Figura 13P). Las estructuras reproductoras se observaron una vez al año con una duración principalmente intermedia (Figuras 13Q, R). Los árboles que produjeron flores estaminadas mostraron baja sincronía; en cambio, se observó alta sincronía entre los individuos que tuvieron frutos inmaduros y maduros (Cuadro 4; Figuras 14P-R).

4.4.7 *Quercus laurina* (Fagaceae)

Se observaron flores estaminadas en 12 individuos y en seis se presentaron frutos inmaduros y maduros. El pico de floración se observó en abril; el máximo número de individuos con frutos inmaduros se presentó en los meses de agosto a diciembre y con frutos maduros en diciembre (Figura 12G).

Los individuos produjeron flores y frutos maduros en la temporada seca y frutos inmaduros en ambas temporadas (Figura 13S). Las flores y frutos se observaron una vez al año con una duración principalmente intermedia (Figuras 13T, U). Los individuos mostraron baja sincronía en la producción de estructuras reproductoras (Cuadro 4; Figuras 14S-U).

4.4.8 *Quercus obtusata* (Fagaceae)

En 11 individuos se presentaron flores estaminadas, frutos inmaduros en 19 individuos y frutos maduros en 17. La mayoría de los árboles presentó flores en abril, frutos inmaduros de septiembre a noviembre y frutos maduros en diciembre (Figura 12H).

Durante la estación seca se presentaron flores y frutos maduros, mientras que los frutos inmaduros se observaron en ambas temporadas (Figura 13V). Las estructuras reproductoras se produjeron una vez al año, con una duración intermedia en la mayoría de los individuos (Figuras 13W, X). Los individuos con flores mostraron baja sincronía, mientras que los individuos con frutos inmaduros y maduros presentaron alta sincronía (Cuadro 4; Figuras 14V-X).

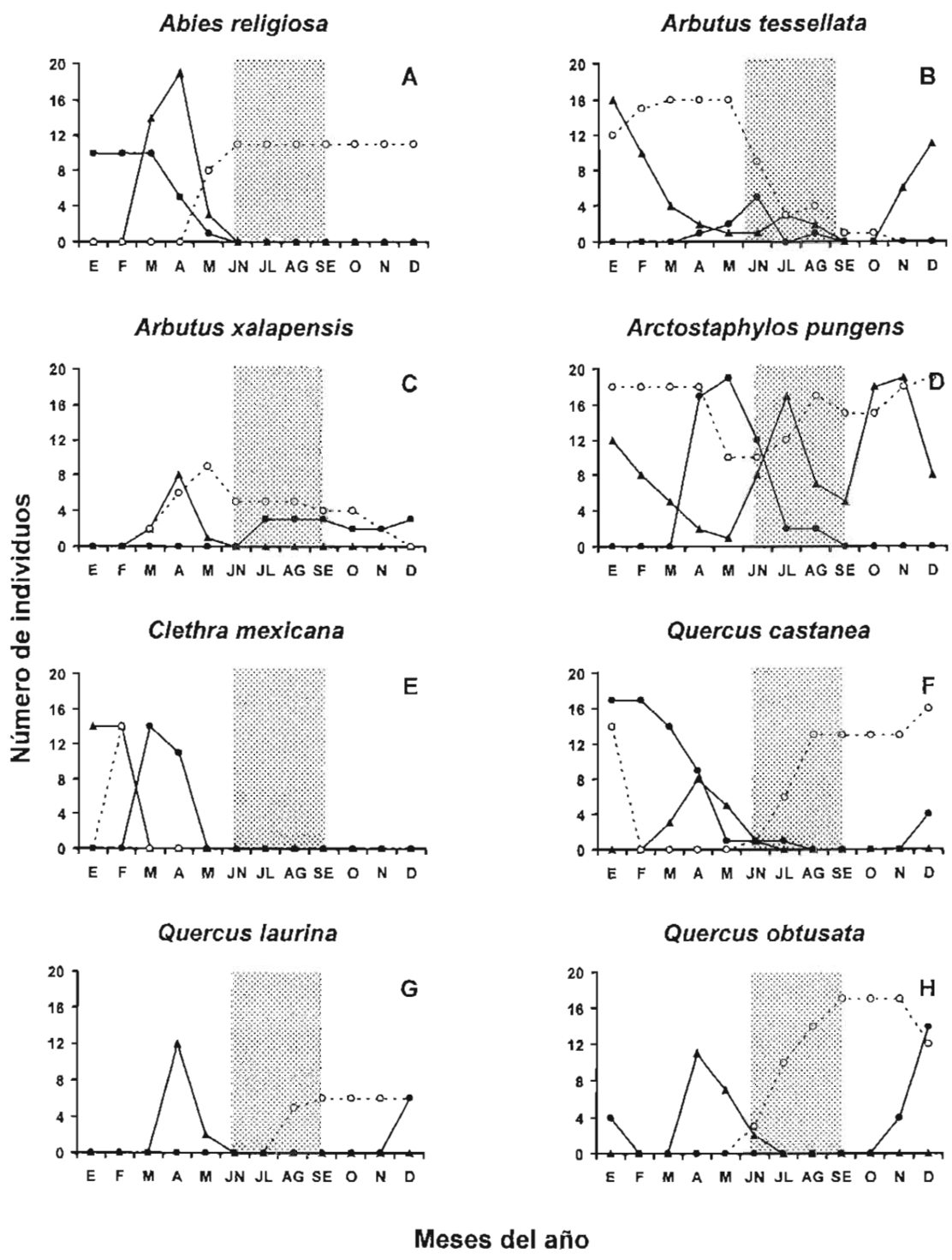


Figura 12. Patrones de floración y fructificación de ocho especies leñosas presentes en la zona núcleo Cerro Altamirano, durante un ciclo anual (2004). Símbolos: flores —▲— flores, —○— frutos inmaduros y —●— frutos maduros. Las abreviaturas de los meses con dos letras indican la estación de lluvias.

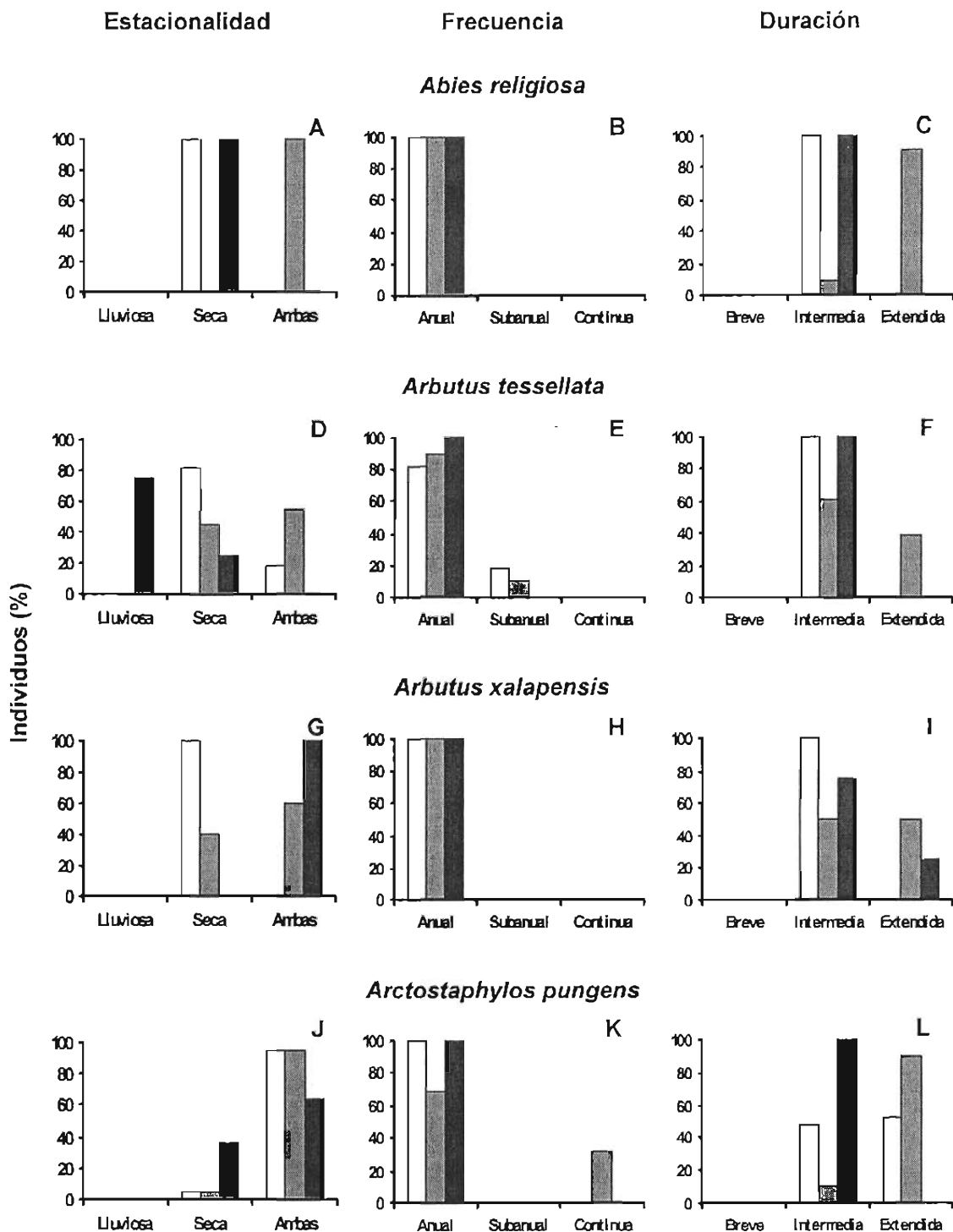


Figura 13. Porcentaje de especies en floración (barras blancas), frutos inmaduros (barras grises) y frutos maduros (barras negras), de ocho especies leñosas presentes en la zona núcleo Cerro Altamirano, de acuerdo a la estacionalidad, la frecuencia y la duración de las estructuras reproductoras.

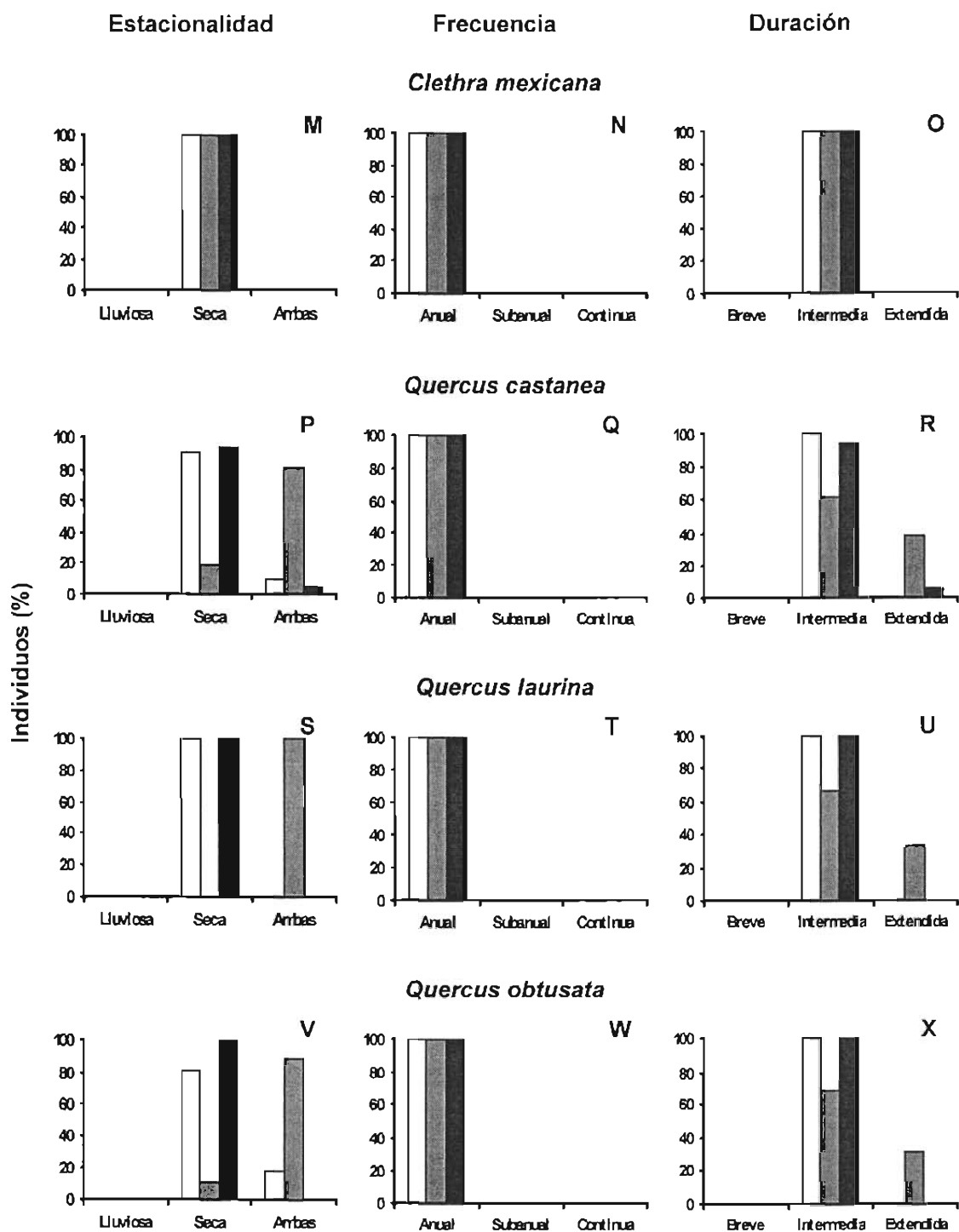


Figura 13. Continuación.

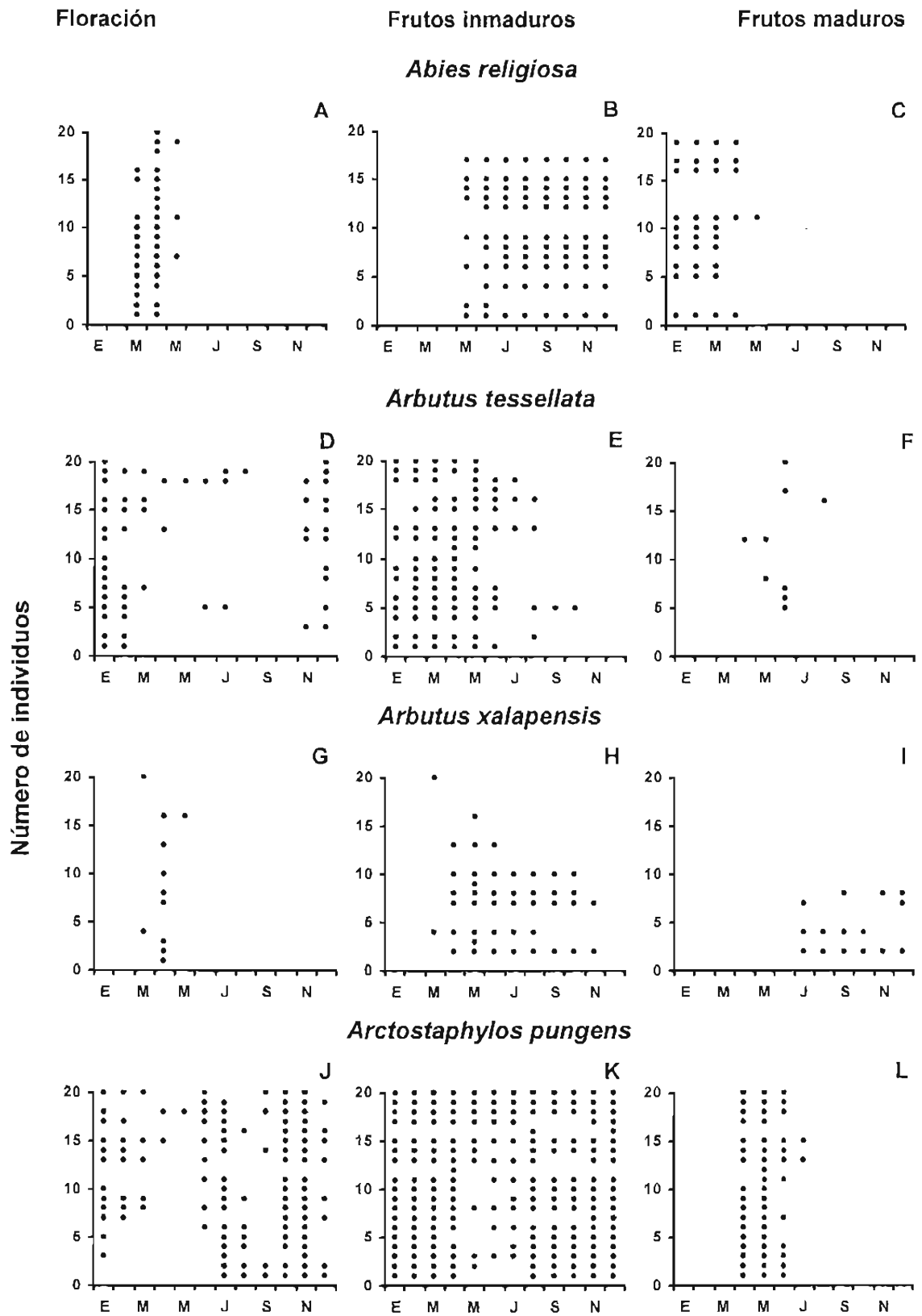


Figura 14. Número de individuos en floración y fructificación de ocho especies leñosas, presentes en la zona núcleo Cerro Altamirano, durante un ciclo anual (2004).

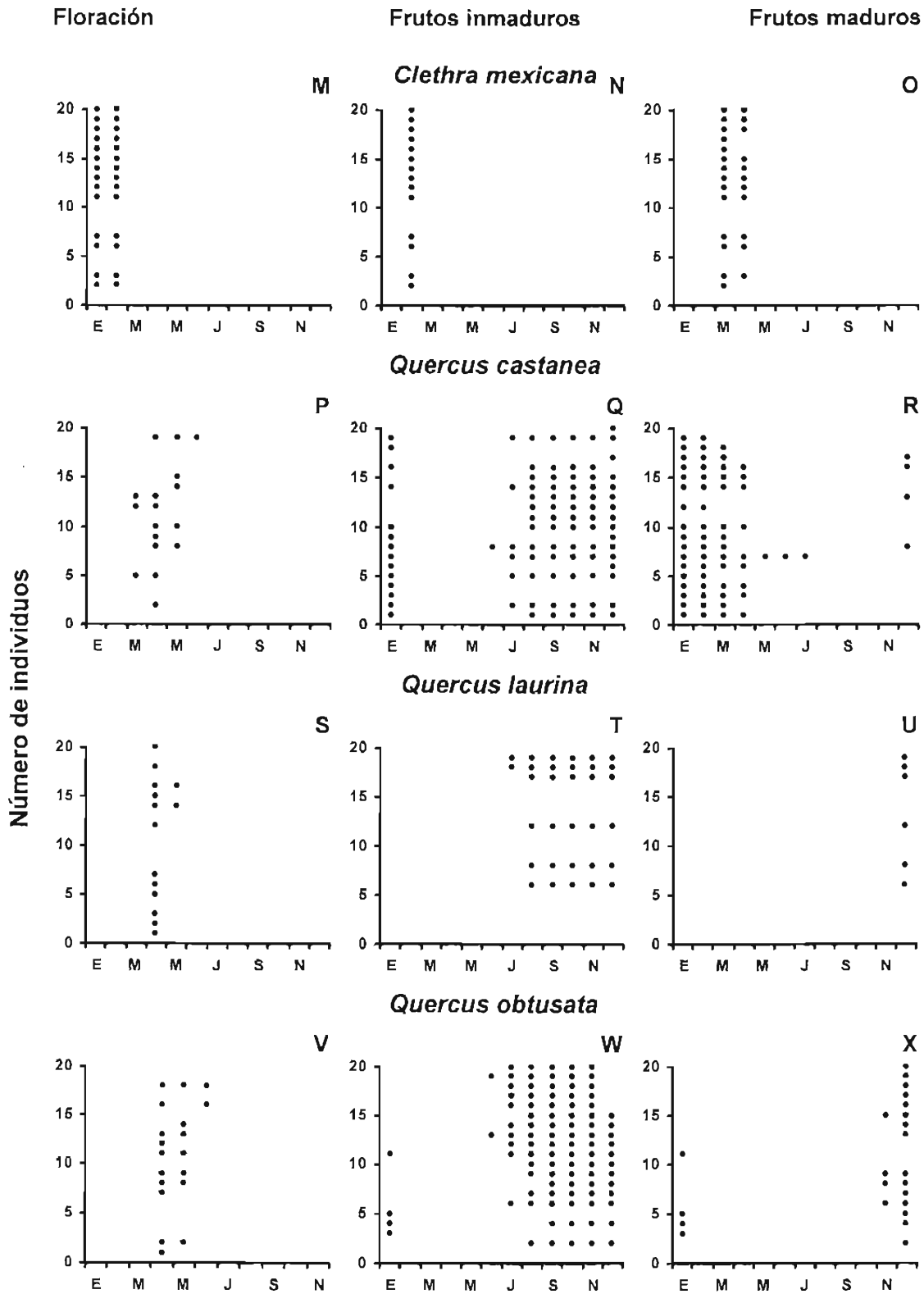


Figura 14. Continuación.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

5.1 FENOLOGÍA REPRODUCTIVA A NIVEL COMUNITARIO

Las especies de la zona de estudio presentan patrones de floración y fructificación con una marcada estacionalidad durante el año. El pico de floración coincidió con el mes más lluvioso (septiembre) y tres meses después se observó el mayor número de especies con frutos (estación seca). Estos patrones reflejan la influencia de la estacionalidad climática que prevalece en los bosques templados subhúmedos del país (Rzedowski, 1978; García, 1981; Challenger, 1998), así como la predominancia del componente herbáceo, el cual presenta su ciclo reproductivo durante la estación lluviosa o húmeda del año (Croat, 1975; Seres y Ramírez, 1993; Batalha y Mantovani, 2000; Spina *et al.*, 2001; Ramírez, 2002; Batalha y Martins, 2004). De igual manera, la fructificación durante la temporada seca es una de las estrategias que exhiben muchas especies que presentan frutos o semillas secas, lo cual está directamente relacionado con una mayor eficiencia de los mecanismos de dispersión (Lieberman, 1982; Batalha y Mantovani, 2000; Justiniano y Fredericksen, 2000; Griz y Machado, 2001; Batalha y Martins, 2004).

Los bosques de encino y de coníferas de México se distribuyen principalmente a lo largo de las cadenas montañosas del país; sin embargo, muchos de éstos se localizan en la zona tropical (Rzedowski, 1978; Nixon, 1998; Styles, 1998), lo que permite la confluencia de elementos florísticos de origen Neotropical y Holártico, donde el estrato arbóreo está conformado principalmente por elementos de origen Holártico y el sotobosque de elementos de origen Neotropical (Rzedowski, 1978). Es probable que debido al mayor número de especies que se comparten con las regiones Neotropicales (Cornejo, 2002), los patrones fenológicos de las especies de la zona de estudio coinciden más con los reportados en comunidades tropicales estacionales (Lieberman, 1982; Meave *et al.* 1994; Ramírez, 2002; Batalha y Martins, 2004), que con los reportados en los bosques templados de mayores latitudes y en comunidades alpinas y subalpinas, donde la floración ha sido observada principalmente durante la primavera (estación seca) (Arroyo, 1981; Johnson, 1993; Kawarasaki y Hori, 2001; Abe y Kamo; 2003).

La mayoría de las especies florecieron en un período que abarca la temporada lluviosa y los primeros meses de la temporada seca (octubre a enero); no obstante, durante estos meses todavía se presentan algunas lluvias ocasionales, además de que se manifiestan neblinas que aportan humedad al ambiente. Las especies que florecieron durante esta época muestran diferentes formas de crecimiento, con una mayor abundancia de hierbas perennes, lo que coincide con lo obtenido por León de la Luz *et al.* (1996). En otros estudios también se ha reportado que la floración de las hierbas se presenta durante la estación de lluvias (Batalha y Mantovani, 2000; Spina *et al.*, 2001; Ramírez, 2002; Batalha y Martins, 2004). En Cerro Altamirano, la mayoría de las especies leñosas y algunas hierbas perennes florecieron durante la temporada seca. En diversos estudios se ha mencionado que las especies leñosas, en especial los árboles, florecen en la estación seca del año, lo cual puede estar relacionado con la disponibilidad o competencia de polinizadores, con la reserva de agua almacenada en la planta o con factores abióticos como la temperatura y el fotoperíodo (Ramírez y Nepamuceno, 1986; Bello, 1994; Murali y Sukumar, 1994; León de la Luz *et al.*, 1996; Olvera *et al.*, 1997; Rivera y Borchert, 2000; Spina *et al.*, 2001; Lemus-Jiménez y Ramírez, 2002; Ramírez, 2002).

La relación que muestran los mecanismos de dispersión con la estacionalidad de la fructificación ha sido abordada en varios estudios, en los que se señala que la mayoría de las especies con frutos secos fructifican durante la temporada seca y las especies con frutos carnosos se presentan en la temporada lluviosa (Lieberman, 1982; Wikander, 1984; Ibarra-Manríquez *et al.*, 1991; Ibarra-Manríquez y Oyama, 1992; Machado *et al.*, 1997; Batalha y Mantovani, 2000; Justiniano y Fredericksen, 2000; Griz y Machado, 2001). En Cerro Altamirano las especies con frutos secos (59) fructificaron preferentemente durante la temporada seca; en cambio, la mayoría de las especies con frutos carnosos (5) se presentaron en ambas temporadas e incluso se observaron más especies con frutos carnosos durante la temporada seca (4) que en la temporada lluviosa (1); estos resultados probablemente se deben a que la fructificación se presentó en los meses de octubre a enero, cuando todavía hay suficiente humedad en el suelo y en el ambiente, o quizás porque los frutos de las especies que se observaron en la temporada seca (*Cladocolea diversifolia*, *Fuchsia thymifolia*,

Monnina ciliolata y *Symphoricarpos microphyllus*) son relativamente pequeños (<1.5 cm) y tal vez no requieren de una gran cantidad de agua y energía para su crecimiento y maduración.

La mayoría de las especies estudiadas presentaron estructuras reproductoras una vez al año (2004). Bawa *et al.* (2003) mostraron que la mayoría de los árboles de un bosque tropical lluvioso presentan flores, casi en la misma proporción, ya sea con una frecuencia anual o de tipo episódica (varios períodos de floración en un año). Estos autores encontraron que 37.3% de las especies de La Selva (Costa Rica) presenta una frecuencia episódica; en cambio, en Cerro Altamirano solamente 5.3% de las especies floreció con esta frecuencia. Por el contrario, Funch *et al.* (2002) indican que la mayoría de los árboles de un bosque de galería y de un bosque montano, florecen y fructifican anualmente, mientras que un bajo porcentaje de especies produjo estructuras reproductoras con una frecuencia subanual ó episódica. Por otro lado, se ha sugerido que la duración de las estructuras reproductoras de las especies subanuales es más corta que en las especies anuales (Rathcke y Lacey, 1985; Bawa *et al.*, 2003). En el presente estudio no se observó este patrón, ya que la floración entre estos grupos tuvo una duración similar.

La floración extendida es la más común en ambientes no estacionales o poco cambiantes y puede reflejar imprevisibilidad de recursos o asincronía entre individuos (Rathcke y Lacey, 1985; Seres y Ramírez, 1993). Esta última aseveración puede estar sucediendo con algunas especies de Cerro Altamirano que mostraron una duración extendida, ya que por ejemplo, a nivel comunitario se observó que *Arbutus tessellata* y *Arctostaphylos pungens* presentaban flores durante 11 y 12 meses, respectivamente; sin embargo, al seguir la floración a nivel de individuos, se encontró que la mayoría florecen un promedio de cuatro meses. Una consecuencia de este comportamiento a nivel poblacional es que la aportación de flores para los polinizadores de estas especies puede presentarse durante todo el año. Respecto a la fructificación extendida, esta se ha relacionado con períodos igualmente largos de floración o con el tiempo requerido para el desarrollo y maduración de los frutos (Rathcke y Lacey, 1985), como acontece en la zona estudiada con *Abies religiosa*, *Arbutus tessellata*,

Arctostaphylos pungens, *Quercus castanea*, *Q. laurina* y *Q. obtusata*, aunque en algunos casos también podría ser resultado de la asincronía entre individuos.

5.2 FENOLOGÍA REPRODUCTIVA ENTRE DISTINTAS FORMAS DE CRECIMIENTO

En general, las formas de crecimiento de las especies en la zona de estudio exhibieron diferentes patrones fenológicos de floración y fructificación, un comportamiento que se ha observado en otros trabajos a nivel comunitario (Croat, 1975; Ibarra-Manríquez *et al.*, 1991; Lemus-Jiménez y Ramírez, 2002; Ramírez, 2002; Batalha y Martins, 2004; Joshi y Janarthanam, 2004).

La floración obtenida para los árboles de Cerro Altamirano es similar al descrito en otros trabajos (Croat, 1975; Fournier, 1976; Ramírez y Nepamuceno, 1986; Ibarra-Manríquez *et al.*, 1991; Ibarra-Manríquez y Oyama, 1992; León de la Luz *et al.*, 1996; Olvera *et al.*, 1997; Williams-Linera, 1997; Justiniano y Fredericksen, 2000; Ramírez, 2002; Lobo *et al.*, 2003; Hamann, 2004; Joshi y Janarthanam, 2004), donde se ha observado que la mayoría de las especies en floración se concentran en la estación seca. Janzen (1967) sugiere que los árboles en los bosques tropicales secos florecen en la estación con menor precipitación, ya que la estación lluviosa es el principal período para el crecimiento vegetativo, lo que podría suceder parcialmente con los árboles incluidos en el presente estudio. La floración de los árboles en la temporada seca también se ha explicado como una estrategia de las especies que son polinizadas por viento (Frankie *et al.*, 1974; Ramírez y Nepamuceno, 1986; Bello, 1994; Olvera *et al.*, 1997; Barnes *et al.*, 1998).

Aunque algunos estudios no muestran una separación entre la presencia de frutos inmaduros y maduros en la fructificación, la información disponible señala que en los árboles este evento se presenta tanto en la estación seca como en la estación lluviosa (Bullock y Solís-Magallanes, 1990; Murali y Sukumar, 1994; Olvera *et al.*, 1997; Chapman *et al.*, 1999; Spina *et al.*, 2001; Lemus-Jiménez y Ramírez, 2002; Hamann, 2004). En Cerro Altamirano los árboles con frutos maduros mostraron dos picos durante la estación seca, uno en abril en el que se presentó *Abies religiosa*, *Arbutus tessellata*, *Clethra mexicana*, *Quercus castanea* y *Salix paradoxa*, y otro en diciembre, donde se observaron

frutos de *Q. laurina*, *Q. obtusata* y *Arbutus xalapensis*. Lo anterior coincide con lo sugerido en la literatura sobre que las especies que fructifican durante la temporada seca son generalmente especies anemócoras, autócoras y en menor proporción zoócoras (Ibarra-Manríquez *et al.*, 1991; Batalha y Mantovani, 2000; Justiniano y Fredericksen, 2000; Ramírez, 2002; Batalha y Martins, 2004; Hamann, 2004),

Los arbustos florecieron y presentaron frutos maduros prácticamente durante todo el año, lo que concuerda con lo encontrado en otros estudios (Bhat y Murali, 2001; Spina *et al.*, 2001; Lemus-Jiménez y Ramírez, 2002; Joshi y Janarthanam, 2004). Al igual que las especies arbóreas, los arbustos tienen un sistema radicular profundo que les permite acceder a sitios donde el agua está disponible; por esta razón, muchas especies arbustivas se reproducen durante la temporada de sequía, sin llegar a presentar estrés hídrico, además de que pueden poseer estructuras de reserva y de protección que les permiten reproducirse durante los períodos más desfavorables del año (Sarmiento y Monasterio, 1983; Batalha y Mantovani, 2000; Ramírez, 2002; Batalha y Martins, 2004).

Las especies herbáceas anuales y perennes exhibieron un patrón de floración muy similar, aunque las últimas alcanzaron su pico de floración dos meses antes que las primeras. Janzen (1967) y Rathcke y Lacey (1985) indican que la mayoría de las hierbas anuales y perennes muestran su crecimiento vegetativo durante la estación lluviosa, seguido por la floración y la fructificación, lo cual explica por qué la floración empieza uno o dos meses después del inicio de la temporada lluviosa, especialmente en las hierbas anuales. El comportamiento mostrado entre las dos categorías de hierbas se acopla con lo enunciado por Ramírez (2002), quien sugiere la posibilidad de que se de un ligero desfase en la floración entre las hierbas anuales y las perennes debido a que éstas presentan estructuras de reserva, tales como tubérculos, raíces un poco más profundas y rizomas, que les permiten iniciar la actividad reproductiva antes que las anuales, casi inmediatamente después del inicio de la temporada de lluvias.

Las diferencias observadas en los patrones de floración entre las especies con diferentes formas de crecimiento, así como la abundancia de algunas especies en floración en los meses más secos, como es el caso de *Ageratina glabrata*, *A. mairetiana*, *Baccharis conferta*, *Arbutus tessellata*, *Salvia elegans* y *Castilleja tenuiflora*, permiten una mejor distribución y disponibilidad de recursos para los polinizadores a lo largo del año. Un fenómeno semejante se observó en el matorral xerófilo de la Reserva Ecológica El Pedregal de San Ángel, donde las pocas especies que florecen en la temporada seca son muy abundantes, lo cual compensa el mayor número de especies que florecen en la temporada de lluvias, y de esta forma hay una mayor disponibilidad de polen y néctar para los polinizadores durante todo el año (Meave *et al.*, 1994).

5.3 FENOLOGÍA REPRODUCTIVA DE GRUPOS TAXONÓMICOS

Varios estudios han mostrado que las especies relacionadas taxonómicamente presentan períodos de floración similares; por ejemplo, Wright y Calderón (1995) reportan que la mayoría de las especies de Piperaceae y Sapindaceae florecen en la estación seca y mientras que Rubiaceae lo hace en la estación de lluvias; sin embargo, estos autores también señalan que en muchas familias la floración no se restringió a una sola estación. Johnson (1993) encontró que la floración de las especies de Iridaceae se presenta durante la primavera, en las Orchidaceae a inicios del verano y en las Amaryllidaceae durante el otoño; asimismo, observó que a nivel de género, las especies florecen durante un mismo período. La relación que existe entre la frecuencia y la duración de los eventos reproductivos y la filogenia ha sido poco examinada. Bawa *et al.*, (2003) encontraron que la estacionalidad y la duración de la floración de siete familias en un bosque tropical lluvioso no mostró relación con la filogenia, mientras que la frecuencia con la que se presentan las flores estuvo fuertemente asociada.

En el presente estudio se observó que la floración de las asteráceas se presenta en dos períodos, de noviembre a junio (estación seca e inicios de la estación de lluvias) y de agosto a enero (estación de lluvias y estación seca), aunque el mayor número de especies se concentró en este último período. Wright y Calderón (1995) muestran que las asteráceas de la Isla Barro Colorado

florece durante la estación seca y la de lluvias casi en igual número de especies. En cambio, Kochmer y Handel (1986) señalan que la mayoría de las Asteraceae de las Carolinas florecen a finales del verano e inicios del otoño (agosto-octubre). De las asteráceas que se incluyen en el trabajo de Benítez (1986), la mayoría florece de septiembre a diciembre (finales de la estación lluviosa e inicios de la estación seca). Un estudio interesante sobre la fenología reproductiva de cinco especies de Asteraceae (Figuroa-Castro *et al.*, 1998) indica que las condiciones lumínicas donde crecen las especies influye en la producción de estructuras reproductoras, en tanto que la estacionalidad de los eventos reproductivos determina su duración.

La mayoría de las especies de Asteraceae que pertenecen a un mismo género coincidieron en sus períodos de floración y fructificación. Las características morfológicas de las estructuras reproductoras de algunas especies congénéricas estuvieron fuertemente asociadas con su fenología; por ejemplo, las especies de *Ageratina* que tienen cabezuelas de tamaños similares y con flores blancas, florecieron en un mismo período, lo que sugiere que sus polinizadores son similares y generalistas; aunque en otros casos, se observó que especies de un mismo género con flores de diferente color también coincidían en sus períodos de floración. En conclusión, dado que la familia Asteraceae es la más rica en número de especies y con una amplia distribución en el país (Villaseñor, 1993; Turner y Nesom, 1998; Villaseñor *et al.*, 1998), es probable que la variación en la estacionalidad de los eventos reproductivos esté influida por varios factores, como la altitud, el tipo de hábitat, las condiciones microambientales o la forma de crecimiento de las especies, entre otros factores.

En otro sentido, las lamiáceas presentaron flores de julio a diciembre, con excepción de *Salvia elegans* que floreció de octubre a mayo, y la fructificación se observó principalmente de octubre a abril. En el estudio de Kochmer y Handel (1986) la floración de las especies de Lamiaceae se concentra de julio a septiembre, al igual que en las especies reportadas por Benítez (1986). Entre las salvias se detectó que las especies con flores azules se presentaron en la misma temporada, algunas de estas especies tienen flores de tamaño similar, lo cual abre la posibilidad de interacciones de competencia por polinizadores. Sin

embargo, su distribución a lo largo del trayecto de observación en Cerro Altamirano fue diferente, por ejemplo, *S. amarissima* sólo se observó al inicio del trayecto (bosque de encino, a 2500 m s.n.m.), *S. laevis* y *S. lavanduloides* se encontraron a mitad del trayecto (bosque de encino, entre 2600 y 2700 m s.n.m.), donde *S. laevis* fue muy escasa y *S. lavanduloides* abundante. Las especies con flores azules pero de mayor tamaño, también difirieron en su distribución y abundancia, siendo *S. mexicana* var. *mexicana* más abundante y con una distribución más amplia que *S. patens*. Con respecto a las salvias con flores de color rojo (*S. elegans* y *S. fulgens*), su floración se observó en períodos diferentes, aunque coincidieron en los meses de octubre a diciembre. En general, *S. elegans* fue muy abundante en el bosque de *Quercus* y *S. fulgens* sólo se observó en el bosque de *Abies*, donde se registró una baja abundancia. En general se puede afirmar que las especies de *Salvia* florecieron en un mismo período y aunque comparten ciertas características morfológicas en sus flores, su distribución y abundancia a nivel local les permite coexistir y probablemente disminuir la competencia por los polinizadores.

5.4 SINCRONIZACIÓN FENOLÓGICA ENTRE INDIVIDUOS

De acuerdo al número de individuos con estructuras reproductoras, se observó que no todas las especies florecen y fructifican de manera sincrónica. En la mayoría de las especies se observó un patrón estacional de floración y fructificación. El pico de floración de las especies que son polinizadas por viento (*Abies religiosa*, *Quercus castanea*, *Q. laurina* y *Q. obtusata*), se presentó en el mes de abril (temporada seca), lo cual favorece la liberación y dispersión de polen (Frankie *et al.*, 1974; Ramírez y Nepamuceno, 1986; Bello, 1994; Olvera *et al.*, 1997; Barnes *et al.*, 1998). Es necesario indicar que aunque se detectó una baja sincronía en la producción de flores estaminadas entre los individuos de las especies de *Quercus*; sin embargo, se observó que entre las especies sus períodos de floración son similares, lo cual probablemente ocasiona la hibridación entre las especies, un fenómeno recurrente dentro de las especies de *Quercus* (Nixon, 1998; Valencia, 2004).

Las especies de *Quercus* presentaron frutos maduros durante la temporada seca (diciembre-abril), una época muy distinta a la que se reporta para el estado de Guerrero, México, donde la fructificación de estas especies se presenta de julio a noviembre (Valencia, 1995).

En *Arbutus tessellata*, *A. xalapensis*, *Arctostaphylos pungens* y *Clethra mexicana* los máximos de floración fueron en diferentes meses. Al analizar la floración entre las especies de Ericaceae, se observó que éstas presentan flores con características morfológicas muy similares entre sí, lo cual sugiere que probablemente comparten los mismos polinizadores. De ser cierto esto, una manera de disminuir o evitar la competencia por éstos sería que su floración aconteciera en diferentes períodos al año. Por otra parte, se observó que en general los individuos de cada una de estas especies producen flores con alta sincronía, este comportamiento reduce la competencia por los polinizadores y aumenta las posibilidades de exocruzamiento (Rathcke y Lacey, 1985).

Es posible que la distribución a nivel local influya en los períodos reproductivos de las especies, ya que en este estudio, *Clethra mexicana* floreció durante dos meses en la temporada seca. En cambio, González-Villarreal (1996) y Bárcena (1981) indican que esta especie se ha colectado con flores y frutos durante casi todo el año en la región del Bajío y en Veracruz. No obstante, es importante considerar que en estas contribuciones el tamaño de las poblaciones censadas es mayor, además que su área de distribución geográfica abarca otros tipos de vegetación, donde otros factores pueden influir positiva o negativamente en la actividad reproductiva de los individuos de la especie.

La presencia de frutos inmaduros en los individuos tuvo una duración variable dependiendo de cada especie, por ejemplo, *Abies religiosa* y *Arctostaphylos pungens* duraron alrededor de nueve meses con los frutos en esta condición, sugiriendo la necesidad de altos requerimientos energéticos para producirlos (*A. religiosa*) o por el contrario, para *A. pungens*, una baja disponibilidad de recursos para producirlos o una interrupción temporal de su desarrollo, lo cual demanda el desarrollo de estudios particulares en el futuro. Otras especies, como son los encinos (*Quercus castanea*, *Q. laurina* y

Q. obtusata) y las especies del género *Arbutus*, duraron entre cuatro y seis meses con sus frutos en estado inmaduro; un ejemplo de la brevedad de esta etapa fueron los frutos de *Clethra mexicana*, que duraron solamente un mes para estar en condiciones de ser dispersados.

Abies religiosa maduró los conos en la temporada seca, lo que favorece la liberación y dispersión de las semillas, ya que al deshidratarse las escamas de los conos, éstas se desprenden con facilidad (Ramírez y Nepamuceno, 1986). La baja sincronía que presentaron los individuos de *Abies religiosa* en la maduración de los conos, se debió en gran parte a que éstos no corresponden al ciclo reproductivo de 2004, sino al año anterior. En *Arbutus tessellata* y *A. xalapensis* también se observó baja sincronía en la maduración de los frutos, en este caso la baja proporción de individuos con frutos maduros podría deberse a la depredación por aves o a que son abortados.

De este estudio se concluye que las especies más conspicuas y abundantes de la zona núcleo Cerro Altamirano mostraron un patrón fenológico estacional, con un mayor número de especies con estructuras reproductoras durante la temporada lluviosa e inicios de la temporada seca. La mayoría de las especies florecieron y fructificaron una vez al año (2004), con una duración de 1 a 5 meses. De acuerdo a su forma de crecimiento las especies mostraron patrones fenológicos distintos en cuanto a su estacionalidad, mientras que la frecuencia y la duración con que presentaron sus estructuras reproductoras fue similar. A nivel de familia, las asteráceas y lamiáceas mostraron patrones fenológicos similares al observado a nivel comunitario. A nivel poblacional, las especies leñosas presentaron también una marcada estacionalidad de floración y fructificación, aunque entre los individuos la producción de estructuras reproductoras se observó con una sincronía baja o alta dependiendo de la especie.

Es importante señalar que aunque los resultados de este trabajo corresponden únicamente a un año de observación (2004) y a las especies encontradas en la parte suroeste del cerro Altamirano, es el primer estudio en tratar de describir los patrones fenológicos de un grupo de plantas de la flora de

la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, a diferentes niveles de análisis. Es necesario que en el futuro se continúen estudios similares en diferentes zonas de la reserva, con la finalidad de ratificar la pertinencia del patrón fenológico encontrado en este estudio. Esta información será indudablemente valiosa para el mantenimiento y recuperación de este bosque, cuya importancia biológica y social es de interés nacional e internacional.

la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, a diferentes niveles de análisis. Es necesario que en el futuro se continúen estudios similares en diferentes zonas de la reserva, con la finalidad de ratificar la pertinencia del patrón fenológico encontrado en este estudio. Esta información será indudablemente valiosa para el mantenimiento y recuperación de este bosque, cuya importancia biológica y social es de interés nacional e internacional.

LITERATURA CITADA

- ABE T. Y KAMO K. 2003. Seasonal changes of floral frequency and composition of flower in two cool temperate secondary forests in Japan. *Forest Ecology and Management* **173**:153-162.
- ALVARADO M.A., FOROUGHBAKHCH R., JURADO E. Y ROCHA A. 2002. El cambio climático y la fenología de las plantas. *Ciencia Universidad Autónoma de Nuevo León* **5**:493-500.
- ARRIAGA M.V. 1991. Fenología de 12 especies de la montaña de Guerrero, México: Elementos para su manejo en una comunidad campesina. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 95 p.
- ARROYO K.M.T., ARMESTO J.J. Y VILLAGRAN C. 1981. Plant phenological patterns in the high Andean Cordillera of central Chile. *Journal of Ecology* **69**:205-223.
- AUGSPURGER C.K. 1985. Flowering synchrony of neotropical plants. En: D'Arcy, W.G. y Correa A.M.D. Eds. *The Botany and Natural History of Panama: La Botánica e Historia Natural de Panamá*, pp. 235-243, Missouri Botanical Garden, Saint Louis, Missouri.
- BANCROFT G.T., BOWMAN R. Y SAWICKI R.J. 2000. Rainfall, fruiting phenology, and the nesting season of white-crowned pigeons in the upper Florida keys. *Auk* **117**:416-426.
- BÁRCENA A. 1981. Clethraceae. *Flora de Veracruz* **15**:1-17.
- BARNES B.V., ZAK D.R., DENTON S.R. Y SPURR S.H. 1998. *Forest Ecology*, pp. 94-121, John Wiley & Sons, Nueva York.
- BATALHA M.A. Y MANTOVANI W. 2000. Reproductive phenological patterns of cerrado plant species at the Pé-de-Gigante reserve (Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brazil): a comparison between the herbaceous and woody floras. *Revista Brasileira de Biologia* **60**:129-145.
- BATALHA M.A. Y MARTINS F.R. 2004. Reproductive phenology of the cerrado plant community in Emas National Park (central Brazil). *Australian Journal of Botany* **52**:149-161.
- BAWA K.S., KANG H. Y GRAYUM M.H. 2003. Relationships among time, frequency, and duration of flowering in tropical rain forest trees. *American Journal of Botany* **90**:877-887.
- BEAUBIEN E.G. Y FREELAND H.J. 2000. Spring phenology trends in Alberta, Canada: links to ocean temperature. *Internacional Journal of Biometeorology* **44**:53-59.

- BELLO G.M.A.** 1994. Fenología y biología del desarrollo de cinco especies de *Quercus*, en Paracho y Uruapan, Michoacán. *Ciencia Forestal* **75**:3-40.
- BENÍTEZ B.G.** 1985. *Árboles y Flores del Ajusco*. Instituto de Ecología, A.C., México, D.F., 183 p.
- BENCKE C.S.C. Y MORELLATO L.P.C.** 2002. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. *Revista Brasileira de Botânica* **25**:269-275.
- BERLIN K.E., PRATT T.K., SIMON J.C. Y KOWALSKY J.R.** 2000. Plant phenology in a cloud forest on the Island of Maui, Hawaii. *Biotropica* **32**:90-99.
- BHAT D.M. Y MURALI K.S.** 2001. Phenology of understory species of tropical moist forest of Western Ghats region of Uttara Kannada district in South India. *Current Science* **81**:799-805.
- BLISS L.C.** 1971. Arctic and alpine plant life cycles. *Annual Review of Ecology and Systematics* **2**:405-438.
- BORCHERT R.** 1994a. Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forest trees. *Ecology* **75**:1437-1449.
- BORCHERT R.** 1994b. Water status and development of tropical trees during seasonal drought. *Trends in Ecology and Evolution* **8**:115-125.
- BORCHERT R., MEYER S.A., FELGER R.S. Y PORTER-BOLLAND L.** 2004. Environmental control of flowering periodicity in Costa Rican and Mexican tropical dry forests. *Global Ecology and Biogeography* **13**:409-425.
- BOSCH J., RETANA J. Y CERDÁ X.** 1997. Flowering phenology, floral traits and pollinator composition in a herbaceous Mediterranean plant community. *Oecologia* **109**:583-591.
- BRADLEY N.L., LEOPOLD A.C., ROSS J. Y HUFFAKER W.** 1999. Phenological changes reflect climate change in Wisconsin. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **96**:9701-9704.
- BRODY A.K.** 1997. Effects of pollinators, herbivores, and seed predators on flowering phenology. *Ecology* **78**:1624-1631.
- BROKER L.P.** 1999. Biological necessities for monarch butterfly overwintering in relation to the oyamel forest ecosystem in Mexico. En: Hoth J., Merino L., Oberhauser K., Pisanty I., Price S. y Wilkinson T. Comps. *Reunión de América del Norte Sobre la Mariposa Monarca, 1997*, pp. 11-28, Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal.
- BROWN J.H. Y KODRIC-BROWN A.** 1979. Convergence, competition, and mimicry in a temperate community of hummingbird-pollinated flowers. *Ecology* **60**:1022-1035.

- BULLOCK S.H. Y SOLÍS-MAGALLANES A.** 1990. Phenology of canopy trees of a tropical deciduous forest in México. *Biotropica* **22**:22-35.
- CALDERÓN DE RZEDOWSKI G. Y RZEDOWSKI J.** Eds. 2001. *Flora Fanerogámica del Valle de México*. 2a ed., Instituto de Ecología, A.C., Centro Regional del Bajío y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro, Michoacán.
- CHALLENGER A.** 1998. *Utilización y Conservación de los Ecosistemas Terrestres de México, Pasado, Presente y Futuro*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México y Agrupación Sierra Madre, S.C., México, D.F., 847 p.
- CHAPMAN C.A., WRANGHAM R.W., CHAPMAN L.J., KENNARD D.K. Y ZANNE A.E.** 1999. Fruit and flower phenology at two sites in Kibale National Park, Uganda. *Journal of Tropical Ecology* **15**:189-211.
- CLARKE C.M.** 1968. Flowering periods of alpine plants at Cupola Basin, Nelson, New Zealand. *New Zealand Journal of Botany* **6**:205-220.
- CNA (COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA).** 2004. Reporte Diario Hidroclimático 2004. Gerencia Estatal de Michoacán.
- CONAP (COMISIÓN NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS).** 2003. Áreas Naturales Protegidas Nacionales – Escala 1:4,000,000. 4ª ed. México, D.F.
- CORNEJO T.M.G.** 2002. Fitogeografía de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, Michoacán, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, 123 p.
- CORNEJO-TENORIO G., CASAS A., FARFÁN B., VILLASEÑOR J.L. Y IBARRA-MANRÍQUEZ G.** 2003. Flora y vegetación de las zonas núcleo de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **73**:43-62.
- CROAT T.B.** 1975. Phenological behavior of habit and habitat classes on Barro Colorado Island (Panama Canal Zone). *Biotropica* **7**:270-277.
- DE VIANA M.L., ORTEGA BAES P., SARAVIA M., BADANO E.I. Y SCHLUMPBERGER B.** 2001. Biología floral y polinizadores de *Trichocereus pasacana* (Cactaceae) en el Parque Nacional Los Cardones, Argentina. *Revista de Biología Tropical* **49**:279-285.
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN.** 2000. Decreto por el que se declara área natural protegida, con el carácter de Reserva de la Biosfera, la región denominada Mariposa Monarca, ubicada en los municipios de Temascalcingo, San Felipe del Progreso, Donato Guerra y Villa de Allende en el Estado de México, así como en los municipios de Contepec, Senguio, Anganguero, Ocampo, Zitácuaro y Aporo en el Estado de

Michoacán, con una superficie total de 56,259-05-07.275 hectáreas. Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México, D.F. 5-28 p.

- FERRUSQUÍA-VILLAFRANCA I.** 1998. Geología de México: una sinopsis. En: Ramamorthy T.P., Bye R., Lot A. y Fa J. Comp. *Diversidad Biológica de México: Orígenes y Distribución*, pp. 53-59, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- FITTER A.H.R., FITTER S.R., HARRIS I.T.B. Y WILLIAMSON M.H.** 1995. Relationship between first flowering date and temperature in the flora of a locality in central England. *Functional Ecology* 9:55-60.
- FIGUEROA-CASTRO D.M., CANO-SANTANA Z. Y CAMACHO-CASTILLO E.** 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.
- FITZPATRICK E.A.** 1980. *Suelos su Formación, Clasificación y Distribución*, pp. 233-234, 289, Continental, México, D.F.
- FOURNIER O.L.A.** 1976. Observaciones fenológicas en el bosque húmedo de premontano de San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. *Turrialba* 26:54-59.
- FRANKIE G.W.** 1975. Tropical forest phenology and pollinator plant coevolution. En: Gilbert L.E. y Raven P.H. *Coevolution of Animals and Plants*, pp. 192-209, University of Texas Press, Texas.
- FRANKIE G.W., BAKER H.G. Y OPLER P.A.** 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology* 62:881-919.
- FUENTES F.V.R., GRANDA M.M., LEMES H.C.M. Y RODRÍGUEZ F.C.A.** 2001. Estudios fenológicos en plantas medicinales XII. *Revista Cubana de Plantas Medicinales* 3:87-92.
- FUNCH L.S., FUNCH R. Y BARROSO G.M.** 2002. Phenology of gallery and montane forest in the Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. *Biotropica* 34:40-50.
- GARCÍA E.** 1981. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köeppen. (Para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana)*. Editado por la autora. 3ª ed. México, D.F. 252 p.
- GENTRY A.H.** 1990. Evolutionary patterns in neotropical Bignoniaceae. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 55:118-129.
- GONZÁLEZ V.L.M.** 1986. *Contribución al conocimiento del género Quercus (Fagaceae) en el estado de Jalisco*. Instituto de Botánica, Universidad de Guadalajara, México, D.F. 240 p.

- GONZÁLEZ V.L.M.** 1990. *Las ericáceas de Jalisco, México*. Instituto de Botánica, Universidad de Guadalajara, México, D.F. 140 p.
- GONZÁLEZ-VILLARREAL L.M.** 1996. Clethraceae. *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes* **47**:1-19.
- GRIZ S.L.M. Y MACHADO S.I.C.** 2001. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in the northeast of Brazil. *Journal of Tropical Ecology* **17**:303-321.
- HAMANN A.** 2004. Flowering and fruiting phenology of a Philippine submontane rain forest: climatic factors as proximate and ultimate causes. *Journal of Ecology* **92**:24-31.
- HEINRICH B.** 1975. Bee flowers: a hypothesis on flower variety and blooming times. *Evolution* **29**:325-334.
- IBARRA-MANRÍQUEZ G.** 1992. Fenología de las palmas de una selva cálida húmeda de México. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines* **21**:669-683.
- IBARRA-MANRÍQUEZ G. Y OYAMA K.** 1992. Ecological correlates of reproductive traits of mexican rain forest trees. *American Journal of Botany* **79**:344-356.
- IBARRA-MANRÍQUEZ G., SÁNCHEZ-GARFIAS B. Y GONZÁLEZ-GARCÍA L.** 1991. Fenología de lianas y árboles anemócoros en una selva cálida húmeda de México. *Biotropica* **23**:242-254.
- IMS R.A.** 1990. The ecology and evolution of reproductive synchrony. *Trends in Ecology and Evolution* **5**:135-140.
- INOUE D.W. Y WIELGOLASKI F.E.** 2003. High altitude climates. En: Schwartz M.D. Ed. *Phenology: An Integrative Environmental Science*, pp. 196-213, Kluwer Academic, Países Bajos.
- Janzen D.H.** 1967. Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in Central America. *Evolution* **21**:620-637.
- JOLLY W.M. Y RUNNING S.W.** 2004. Effects of precipitation and soil water potential on drought deciduous phenology in the Kalahari. *Global Change Biology* **10**:303-308.
- JOHNSON S.D.** 1993. Climatic and phylogenetic determinants of flowering seasonality in the Cape flora. *Journal of Ecology* **81**:567-572.
- JOSHI V.C. Y JANARTHANAM M.K.** 2004. The diversity of life-form type, habitat preference and phenology of the endemics in the Goa region of the Western Ghats, India. *Journal of Biogeography* **31**:1227-1237.
- JUSTINIANO M.J. Y FREDERICKSEN T.S.** 2000. Phenology of tree species in Bolivian dry forests. *Biotropica* **32**:276-281.

- KAWARASAKI S. Y HORI Y. 2001. Flowering phenology of understory herbaceous species in a cool temperate deciduous forest in Ogawa Forest Reserve, Central Japan. *Journal of Plant Research* **114**:19-23.
- KEVAN P.G. 1972. Insect pollination of high arctic flowers. *Journal of Ecology* **60**:831-847.
- KJELLBERG F. Y MAURICE S. 1989. Seasonality in the reproductive phenology of *Ficus*: its evolution and consequences. *Experientia* **45**:653-660.
- KRAMER K., LEINONEN I. Y LOUSTAU D. 2000. The importance of phenology for the evaluation of impact of climate change on growth of boreal, temperate and mediterranean forests ecosystems: an overview. *International Journal of Biometeorology* **44**:67-75.
- KOCHMER J.P. Y HANDEL S.N. 1986. Constraints and competition in the evolution of flowering phenology. *Ecological Monographs* **56**:303-325.
- KUDO G. 1992. Performance and phenology of alpine herbs along a snow-melting gradient. *Ecological Research* **7**:297-304.
- LACK A.J. 1982. The ecology of flowers of chalk grassland and their insect pollinators. *Journal of Ecology* **70**:773-790.
- LANDENBERGER R.E. Y OSTERGREN D.A. 2002. *Eupatorium rugosum* (Asteraceae) flowering as an indicator of edge effect from clearcutting in mixed-mesophytic forest. *Forest Ecology and Management* **155**:55-68.
- LECHOWICZ M.J. 1995. Seasonality of flowering and fruiting in temperate forest trees. *Canadian Journal of Botany* **73**:175-182.
- LEÓN DE LA LUZ J.L., CORIA B.R. Y CRUZ E.M. 1996. Fenología floral de una comunidad árido-tropical de Baja California Sur, México. *Acta Botanica Mexicana* **35**:45-64.
- LEMUS-JIMÉNEZ L.J. Y RAMÍREZ N. 2002. Fenología reproductiva en tres tipos de vegetación de la planicie costera de la península de Paraguana, Venezuela. *Acta Científica Venezolana* **53**:266-278.
- LIEBERMAN D. 1982. Seasonality and phenology in a dry tropical forest in Ghana. *Journal of Ecology* **70**:791-806.
- LOBO J.A., QUESADA M., STONER K.E., FUCHS E.J., HERRERIAS-DIEGO Y., ROJAS J. Y SABORIO G. 2003. Factors affecting phenological patterns of bombacaceous trees in seasonal forests in Costa Rica and Mexico. *American Journal of Botany* **90**:1054-1063.
- MACHADO I.C.S., BARROS L.M. Y SAMPAIO E.V.S.B. 1997. Phenology of *Caatinga* species at Serra Talhada, PE, northeastern Brazil. *Biotropica* **29**:57-68.

- MADRIGAL J.T.A.** 1997. Fenología y ecofisiología del *Quercus oocarpa* (Fagaceae) Cartago, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* **44**:117-123.
- MADRIGAL S.X.** 1967. Contribución al conocimiento de la ecología de los bosques de oyamel (*Abies religiosa* (H.B.K.) Schl. et Cham.) en el Valle de México. Boletín Técnico, No. 18, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, México, D.F. 94 p.
- MARK A.F.** 1970. Floral initiation and development in New Zealand alpine plants. *New Zealand Journal of Botany* **8**:67-75.
- MEAVE J., CARABIAS J., ARRIAGA V. Y VALIENTE-BANUET A.** 1994. Observaciones fenológicas en el Pedregal de San Angel. En: Rojo, A. Ed. *El Pedregal de San Angel: Ecología e Historia Natural*, pp. 91-105, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- MILTON K., WINDSOR D.M., MORRISON D.W. Y ESTRIBI M.A.** 1982. Fruiting phenologies of two neotropical *Ficus* species. *Ecology* **63**:752-762.
- MORELLATO L.P.C. Y LEITÃO-FILHO H.F.** 1990. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta mesófila na Serra do Japi, Jundiá, São Paulo. *Revista Brasileira de Biologia* **50**:163-173.
- MORELLATO L.P.C., LEITÃO-FILHO H.F., RODRIGUEZ R.R. Y JOLY C.A.** 1990. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta de altitude na Serra do Japi, Jundiá, SP. *Revista Brasileira de Biologia* **50**:149-162.
- MORELLATO L.P.C., TALORA D.C., TAKAHASI A., BENCKE C.C., ROMERA E.C. Y ZIPPARRO V.B.** 2000. Phenology of Atlantic rain forest trees: a comparative study. *Biotropica* **32**:811-823.
- MURALI K.S. Y SUKUMAR R.** 1994. Reproductive phenology of a tropical dry forest in Mudumalai, southern India. *Journal of Ecology* **82**:759-767.
- NEWSTROM L.E., FRANKIE G.W., BAKER H.G. Y COLWELL R.K.** 1994. Diversity of long-term flowering patterns. En: McDade L.A., Bawa K.S., Hespeneide H.A. y Hartshorn G.S. Eds. *La Selva. Ecology and Natural History of a Neotropical Rain Forest*, pp. 142-160, The University of Chicago Press, Chicago.
- NIXON K.C.** 1998. El género *Quercus* en México. En: Ramamorthy, T.P., Bye R., Lot A. y Fa J. Comp. *Diversidad Biológica de México: Orígenes y Distribución*, pp. 435-447, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- OCHOA-GAONA S. Y DOMÍNGUEZ-VÁZQUEZ G.** 2000. Distribución y fenología de la flora leñosa de Chajul, Selva Lacandona, Chiapas, México. *Brenesia* **54**:1-24.

- OLVERA V.M., FIGUEROA R.B.L., MORENO G.S. Y SOLÍS-MAGALLANES A. 1997. Resultados preliminares de la fenología de cuatro especies de encino en Cerro Grande, Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán. *Biotam* 9:7-18.
- OPLER P.A., FRANKIE G.W. Y BAKER H.G. 1976. Rainfall as a factor in the release, timing, and synchronization of anthesis by tropical trees and shrubs. *Journal of Biogeography* 3:231-236.
- PALACIO-PRIETO J.L., BOCCO G., VELÁZQUEZ A., MAS J.F., TAKAKI-TAKAKI F., VICTORIA A., LUNA-GONZÁLEZ L., GÓMEZ-RODRÍGUEZ G., LÓPEZ-GARCÍA J., PALMA M.M., TREJO-VÁZQUEZ I., PERALTA A.H., PRADO-MOLINA J., RODRÍGUEZ-AGUILAR A., MAYORGA-SAUCEDO R. Y MEDRANO F.G. 2000. La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del Inventario Forestal Nacional 2000. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México* 43:183-203.
- PERCIVAL M.S. 1965. *Floral biology*. Pergamon Press, Oxford, England, 243 p.
- PINO B.N. Y MOSQUERA M.H.R. 2004. Comportamiento fenológico de tres especies maderables con riesgo de extinción en Colombia y altos índices de explotación en el Choco: *Huberodendron patinoi* "Carrá", *Cariniana pyriformis* Mier "Abarco" y *Humiriastrum procerum* Little "Chanó". *Lyonia* 7:107-114.
- PORTER B.L. 2003. La apicultura y el paisaje maya. Estudio sobre la fenología de la floración de las especies melíferas y su relación con el ciclo apícola en La Montaña, Campeche, México. *Mexican Studies* 19:303-330.
- POULIN B., WRIGHT S.J., LEFEBVRE G. Y CALDERÓN O. 1999. Interspecific synchrony and asynchrony in the fruiting phenologies of congeneric bird-dispersed plants in Panama. *Journal of Tropical Ecology* 15:213-227.
- RAMAMOORTHY T.P. Y ELLIOTT M. 1998. Lamiaceae de México: diversidad, distribución, endemismo y evolución. En: Ramamorthy, T.P., Bye R., Lot A. y Fa J. Comp. *Diversidad Biológica de México: Orígenes y Distribución*, pp. 501-526, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- RAMÍREZ G.J.A. Y NEPAMUCENO M.F.. 1986. Fenología de tres especies de coníferas de la región de los "Altos de Chiapas". *Ciencia Forestal* 60:21-50.
- RAMÍREZ N. 2002. Reproductive phenology, life-forms, and habitats of the Venezuelan Central Plain. *American Journal of Botany* 89:836-842.
- RATHCKE B. Y LACEY E.P. 1985. Phenological patterns of terrestrial plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 16:179-214.
- REICH P.B. Y BORCHERT R. 1982. Phenology and ecophysiology of the tropical tree, *Tabebuia neochrysantha* (Bignoniaceae). *Ecology* 63:294-299.

- RIVERA G. Y BORCHERT R. 2001. Induction of flowering in tropical trees by a 30-min reduction in photoperiod: evidence from field observations and herbarium specimens. *Tree Physiology* **21**:201-212.
- RÖTZER T. Y CHMIELEWSKI F.M. 2001. Phenological maps of Europe. *Climate Research* **18**:249-257.
- RUIZ A., SANTOS M., CAVELIER J. Y SORIANO P.J. 2000. Estudio fenológico de cactáceas en el Enclave Seco de la Tatacoa, Colombia. *Biotropica* **32**:397-407.
- RZEDOWSKI J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa, México, D.F.
- RZEDOWSKI J. 1991. El endemismo en la flora fanerogámica mexicana: una apreciación analítica preliminar. *Acta Botanica Mexicana* **15**: 47-64.
- SAKAI S., MOMOSE K., YUMOTO T., NAGAMITSU T., NAGAMASU H., HAMID A.A. Y NAKASHIZUKA T. 1999. Plant reproductive phenology over four years including an episode of general flowering in a lowland dipterocarp forest, Sarawak, Malaysia. *American Journal of Botany* **86**:1414-1436.
- SAN MARTIN-GAJARDO I. Y MORELLATO L.P.C. 2003. Fenología de Rubiaceae do sub-bosque em floresta Atlântica no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botanica* **26**:299-309.
- SÁNCHEZ-GARFIAS B., IBARRA-MANRÍQUEZ G. Y GONZÁLEZ-GARCÍA L. 1991. *Manual de identificación de frutos y semillas anemócoros de árboles y lianas de la Estación "Los Tuxtlas", Veracruz, México*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- SANTANA-MICHEL F.J., CERVANTES-ACEVES N. Y JIMÉNEZ-REYES N. 1998. Flora melífera del estado de Colima, México. *Boletín del Instituto de Botánica* **2-3**:251-277.
- SARMIENTO G. Y MONASTERIO M. 1983. Life forms and phenology. En: Bourlière F. Ed. *Tropical Savannas*, pp. 79-104, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2001. *Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, SEMARNAT, México, DF, 159 p.
- SERES A. Y RAMÍREZ N. 1993. Floración y fructificación de monocotiledóneas en un bosque nublado venezolano. *Revista de Biología Tropical* **41**:27-36.
- SCHWARTZ M.D. 2003. Introduction. En: Schwartz M.D. Ed. *Phenology: An Integrative Environmental Science*, pp. 3-6, Klumer Academic, Países Bajos.

- SMITH C.M. Y BRONSTEIN J.L.** 1996. Site variation in reproductive synchrony in three neotropical figs. *Journal of Biogeography* **23**:477-486.
- SOLÓRZANO S., CASTILLO S., VALVERDE T. Y ÁVILA L.** 2000. Quetzal abundance in relation to fruit availability in a cloud forest in southeastern Mexico. *Biotropica* **32**:523-532.
- SPANO D., CESARACCIO C., DUCE P. Y SNYDER R.L.** 1999. Phenological stages of natural species and their use as climate indicators. *International Journal of Biometeorology* **42**:124-133.
- SPINA A.P., FERREIRA W.M. Y LEITÃO FILHO H.F.** 2001. Floração e síndromes de dispersão de uma comunidade de floresta de brejo na região de Campinas (SP). *Acta Botânica Brasileira* **15**:349-368.
- SPP** (Secretaría de Programación y Presupuesto). 1978. Carta Geológica El Oro de Hidalgo. Escala 1:50,000. México, D.F.
- SPP** (Secretaría de Programación y Presupuesto). 1979. Carta Edafológica El Oro de Hidalgo. Escala 1:50,000. México, D.F.
- STILES B.T.** 1998. El género *Pinus*: su panorama en México. En: Ramamorthy T.P., Bye R., Lot A. y Fa J. Comps. *Diversidad Biológica de México: Orígenes y Distribución*, pp. 385-408, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- STILES F.G.** 1975. Ecology, flowering phenology, and hummingbird pollination of some Costa Rican *Heliconia* species. *Ecology* **56**:285-301.
- STONER K.E., SALAZAR O.K.A., FERNÁNDEZ R.R.C. Y QUESADA M.** 2003. Population dynamics, reproduction, and diet of the lesser long-nosed bat (*Leptonycteris curasoae*) in Jalisco, Mexico: implications for conservation. *Biodiversity and Conservation* **12**:357-373.
- TALORA D.C. Y MORELLATO P.C.** 2000. Fenología de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* **23**:13-26.
- THIES W. Y KALKO E.K.V.** 2004. Phenology of neotropical pepper plants (Piperaceae) and their association with their main dispersers, two short-tailed fruit bats, *Carollia perspicillata* and *C. castanea* (Phyllostomidae). *Oikos* **104**:362:376.
- TOLEDO V.M.** 1975. La estacionalidad de las flores utilizadas por los colibríes de una selva tropical húmeda en México. *Biotropica* **7**:63-70.
- TURNER B.L. Y NESOM G.L.** 1998. Biogeografía, diversidad y situación de peligro o amenaza de Asteraceae de México. En: Ramamorthy T.P., Bye R., Lot A. y Fa J. Comps. *Diversidad Biológica de México: Orígenes y Distribución*, pp. 545-561, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.

- VALENCIA A.S.** 1995. *Contribución al conocimiento del género Quercus (Fagaceae) en el estado de Guerrero*, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 154 p.
- VALENCIA-A. S.** 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **75**:33-53.
- VAN SCHAIK C.P., TERBORGH J.W. Y WRIGHT S.J.** 1993. The phenology of tropical forests: adaptative significance and consequences for primary consumers. *Annual Review of Ecology and Systematics* **24**:353-377.
- VILLASEÑOR J.L.** 1993. La familia Asteraceae en México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* **44**:117-124.
- VILLASEÑOR J.L., IBARRA-MANRÍQUEZ G. Y OCAÑA D.** 1998. Strategies for the conservation of Asteraceae in Mexico. *Conservation Biology* **12**:1066-1075.
- WALLACE R.B. Y PAINTER R.L.E.** 2002. Phenological patterns in a southern Amazonian tropical forest: implications for sustainable management. *Forest Ecology and Management* **160**:19-33.
- WHITTAKER R.H.** 1975. *Communities and ecosystems*. 2^a ed. Macmillan Publishing, Nueva York.
- WIKANDER T.** 1984. Mecanismos de dispersión de diásporas de una selva decidua en Venezuela. *Biotropica* **16**:276-283.
- WILLIAMS-LINERA G.** 1997. Phenology of deciduous and broadleaved-evergreen tree species in a Mexican tropical lower montane forest. *Global Ecology and Biogeography Letters* **6**:115-127.
- WILLIAMS-LINERA G.** 2003. Temporal and spacial phenological variation of understory shrubs in a tropical montane cloud forest. *Biotropica* **35**:28-36.
- WILLIAMS-LINERA G. Y MEAVE J.** 2002. Patrones fenológicos. En: Gauriguata M.R. y Kattan G.H. Eds. *Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales*, pp. 407-431, Editorial Libro Universitario Regional, Cartago, Costa Rica.
- WRIGHT S.J. Y CALDERÓN O.** 1995. Phylogenetic patterns among tropical flowering phenologies. *Journal of Ecology* **83**:937-948.
- ZAVALA C.F. Y GARCÍA M.E.** 1996. *Frutos y Semillas de Encinos*. Universidad Autónoma Chapingo, México, D.F. 49 p.
- ZAR J.H.** 1999. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall International, Upper Saddle River, Nueva Jersey.

Anexo. Lista de plantas vasculares de la zona núcleo Cerro Altamirano de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, Michoacán, México. Se indican la forma de crecimiento, tipo de vegetación, fenología reproductiva, estacionalidad, frecuencia y duración de las estructuras reproductoras de las especies observadas durante el año 2004.

Abreviaturas: FC (Forma de crecimiento): A (Árbol), Ar (Arbusto), Arh (Arbusto hemiparásito), Art (Arbusto trepador), Ep (Epífita), Ha (Hierba anual), Hp (Hierba perenne). TF (Tipo de fruto): A (Aguenio), B (Baya), C (Cono), CA (Cápsula), D (Drupa), E (Esquizocarpo), L (Legumbre), LO (Lomento), N (Nuez). TV (Tipo de vegetación): BA (Bosque de *Abies*), BQ (Bosque de *Quercus*). NC (Número de colecta): números de colecta de Ma. Guadalupe Comejo Tenorio. Fenología: FL (Floración), FR (Fructificación). Los meses del año se indican con un número progresivo: (1, enero – 12, diciembre), el guión (-) indica continuidad entre los meses y la coma (,) interrupción. Estacionalidad: A (Ambas temporadas), LL (Temporada lluviosa) y S (Temporada seca). Frecuencia: A (Anual), C (Continua) y S (Subanual). Duración: B (Breve), E (Extendida) e I (Intermedia). * Los meses entre paréntesis indican la presencia de frutos inmaduros.

Especie	FC	TF	TV	NC	Fenología		Estacionalidad		Frecuencia		Duración	
					FL	FR*	Fl	Fr	Fl	Fr	Fl	Fr
DIVISIÓN CONIFEROPHYTA												
PINACEAE												
<i>Abies religiosa</i> (Kunth) Schltdl. & Cham.	A	C	BA	981	3,5	(6-12) 1-4	S	S	A	A	I	I
DIVISIÓN MAGNOLIOPHYTA												
CLASE MAGNOLIOPSIDA												
APIACEAE												
<i>Donnellsmithia juncea</i> (Humb. et Bonpl.) Math. et Const.	Hp	E	BQ	941	9-10	11	A	S	A	A	I	I
<i>Tauschia alpina</i> (Coults. & Rose) Math.	Hp	E	BA	569, 698	5-8, 10	8-9	A	LL	A	A	I	I
ASTERACEAE												
<i>Acourtia turbinata</i> (Lex.) Reveal & King	Hp	A	BQ	518, 531	1-3	3	S	S	A	A	I	I
<i>Ageratina areolaris</i> (DC.) Gage	Ar	A	BQ	953	1, 10-12	1, 11-12	S	S	A	A	I	I
<i>A. glabrata</i> (Kunth) R.M. King et H. Rob.	Ar	A	BQ	522	2-4	4-5	S	S	A	A	I	I

Anexo. Continuación

Especie	FC	TF	TV	NC	Fenología		Estacionalidad		Frecuencia		Duración	
					FL	FR	Fl	Fr	Fl	Fr	Fl	Fr
<i>A. mairetiana</i> (DC.) R.M. King et H. Rob. var. <i>mairetiana</i>	Ar	A	BA	516, 529	1-5, 12	2-6	S	A	A	A	E	I
<i>A. pazcuarensis</i> (Kunth) R.M.King. et H.Rob.	Hp	A	BQ	921	10-12		S		A		I	
<i>A. petiolaris</i> (Moc. ex DC.) R.M. King et H.Rob.	Ar	A	BQ	530	2-4	3-6	S	A	A	A	I	I
<i>Archibaccharis hirtella</i> (DC.) Heering	Art	A	BQ	523	1-3, 11-12	3-5	S	S	A	A	I	I
<i>A. serratifolia</i> (Kunth) S.F. Blake	Hp	A	BQ	517, 978	1-4, 11-12	3-5, 12	S	S	A	A	E	I
<i>Artemisia ludoviciana</i> Nutt.	Hp	A	BQ	949	10-12	12	S	S	A	A	I	I
<i>Baccharis conferta</i> Kunth	Ar	A	BQ	538, 557	3-6	4-7	A	A	A	A	I	I
<i>B. macrocephala</i> Sch. Bip.	Hp	A	BQ	565	5	5-6	S	A	A	A	I	I
<i>B. pteronioides</i> DC.	Hp	A	BQ	564	5-6	7	A	LL	A	A	I	I
<i>Bidens odorata</i> Cav.	Ha	A	BQ	959	10-12	10-12	S	S	A	A	I	I
<i>Cosmos parviflorus</i> (Jacq.) Kunth	Ha	A	BQ	929	9	10-11	LL	S	A	A	I	I
<i>C. scabiosoides</i> Kunth	Hp	A	BQ	632	8-10		A		A		I	
<i>Dahlia coccinea</i> Cav.	Hp	A	BQ	681	8-9	10-11	LL	S	A	A	I	I
<i>D. scapigera</i> (A. Dietr.) Knowles & Westc.	Hp	A	BQ	682	8-9	10-11	LL	S	A	A	I	I
<i>Dyssodia papposa</i> (Vent.) Hitchc.	Ha	A	BQ	914	9-10	12	A	S	A	A	I	I
<i>D. pinnata</i> (Cav.) B.L. Rob. var. <i>pinnata</i>	Ha	A	BQ	396	10	10-12	S	S	A	A	I	I
<i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pavón	Ha	A	BQ	913	10	10-12	S	S	A	A	I	I

Anexo. Continuación

Especie	FC	TF	TV	NC	Fenología		Estacionalidad		Frecuencia		Duración	
					FL	FR	FI	Fr	FI	Fr	FI	Fr
<i>Hieracium dysonymum</i> Blake	Hp	A	BQ	545	3-5	5-6	S	A	A	A	I	I
<i>Jaegeria hirta</i> (Lag.) Less.	Hp	A	BQ	918	10-11	10-12	S	S	A	A	I	I
<i>Laennecia schiedeana</i> (Less.) G.L.Nesom	Ha	A	BQ	974	10-11	12	S	S	A	A	I	I
<i>Montanoa grandiflora</i> DC.	Ar	A	BQ	348	9-10	1, 12	A	S	A	A	I	I
<i>Packera sanguisorbae</i> (DC.) C. Jeffrey	Hp	A	BA	559	2-6	5-7	A	A	A	A	I	I
<i>Piqueria trinervia</i> Cav.	Hp	A	BQ	955	8-12	10-12	A	S	A	A	I	I
<i>Roldana barba-johannis</i> (DC.) H.Rob. et Brettell	Ar	A	BA	524, 950	1-2, 12	3-4	S	S	A	A	I	I
<i>Stevia elatior</i> Kunth	Hp	A	BQ	672	8-9	9-12	LL	A	A	A	I	I
<i>S. monardifolia</i> Kunth	Hp	A	BQ	965	1, 8-12	10-12	A	S	A	A	E	I
<i>S. ovata</i> Willd. var. <i>reglensis</i> (Benth.) Grashoff	Hp	A	BQ	965	10-11	11-12	S	S	A	A	I	I
<i>S. salicifolia</i> Cav. var. <i>salicifolia</i>	Ar	A	BQ	515, 960	1, 10-12	1-4, 12	S	S	A	A	I	I
<i>S. serrata</i> Cav. var. <i>serrata</i>	Hp	A	BQ	671, 966	8-12	10-12	A	S	A	A	I	I
<i>Tagetes lucida</i> Cav.	Hp	A	BQ	385	8-12	12	A	S	A	A	I	I
<i>T. lunulata</i> Ortega	Ha	A	BQ	957	9-12	10-12	A	S	A	A	I	I
<i>T. micrantha</i> Cav.	Ha	A	BQ	337	8-9	10-12	LL	S	A	A	I	I
<i>Verbesina oncophora</i> B.L. Rob. et Greenm.	Ar	A	BA, BQ	S/C	1, 12		S		A		I	
<i>Viguiera</i> sp.	Hp	A	BQ	931	9-10	10-11	A	S	A	A	I	I
<i>Viguiera</i> sp.	Hp	A	BQ	925	9-10	11-12	A	S	A	A	I	I

Anexo. Continuación

Especie	FC	TF	TV	NC	Fenología		Estacionalidad		Frecuencia		Duración	
					FL	FR	Fl	Fr	Fl	Fr	Fl	Fr
BORAGINACEAE												
<i>Lithospermum distichum</i> Ortega	Hp	N	BQ	509, 606	6-8	8-9	LL	LL	A	A	I	I
CAMPANULACEAE												
<i>Diastatea micrantha</i> (Kunth) McVaugh	Ha	CA	BQ	958	10-12		S		A		I	
<i>Lobelia gruina</i> Cav.	Hp	CA	BQ	927	1, 9-12		A		A		I	
CAPRIFOLIACEAE												
<i>Symphoricarpos microphyllus</i> Kunth	Ar	D	BQ	594, 626	7-9	10-12	LL	S	A	A	I	I
CARYOPHYLLACEAE												
<i>Arenaria bourgaei</i> Hemsl.	Hp	CA	BA, BQ	665, 706	5-10	5-12	A	A	A	A	E	E
CISTACEAE												
<i>Helianthemum glomeratum</i> Lag. ex DC.	Hp	CA	BQ	532, 667	1-4, 8-12	2-5, 8-12	A	A	A	A	E	E
CLETHRACEAE												
<i>Clethra mexicana</i> DC.	A	CA	BA	526	1-2	(2-3) 3-4	S	S	A	A	I	I
CLUSIACEAE												
<i>Hypericum silenoides</i> Juss. var. <i>silenoides</i>	Hp	CA	BQ	643	8-12	9-12	A	A	A	A	I	I
ERICACEAE												
<i>Arbutus tessellata</i> Sorensen	A	B	BQ	544, 562	1-9, 11-12	(1-11) 5-6	A	A	A	A	E	I
<i>A. xalapensis</i> Kunth	A	B	BQ	543, 558	3-6	(3-11) 7-12	A	A	A	A	I	E

Anexo. Continuación

Especie	FC	TF	TV	NC	Fenología		Estacionalidad		Frecuencia		Duración	
					FL	FR	FI	Fr	FI	Fr	FI	Fr
<i>Arcostaphylos pungens</i> Kunth	Ar	D	BQ	537, 945	1-12	(1-12) 4-10	A	A	C	A	E	E
<i>Comarostaphylis discolor</i> (Hooker) Diggs subsp. <i>rupestris</i> (Robinson & Seaton) Diggs	Ar	D	BQ	541, 570	2, 4-9	1-2, 5-6, 11-12	A	A	S	S	E	E
FABACEAE												
<i>Cologania biloba</i> (Lindl.) G. Nicholson	Hp	L	BQ	655	8-10		A		A		I	
<i>Desmodium neo-mexicanum</i> A. Gray	Hp	LO	BQ	928	9-10		A		A		I	
<i>Lathyrus parviflorus</i> S. Wats.	Hp	L	BQ	583	7-9		LL		A		I	
<i>Lupinus montanus</i> Kunth	Hp	L	BA	560	1-3, 10-12	1-5	S	S	A	A	E	I
<i>Phaseolus pluriflorus</i> Maréchal & Maréchal, Mascherpa & Stainier	Hp	L	BQ	622	8-9		LL		A		I	
FAGACEAE												
<i>Quercus castanea</i> Née	A	N	BQ	550, 556	3-5	(1, 6-12) 1-4, 12	S	S	A	A	I	I
<i>Q. laurina</i> Humb. & Bonpl.	A	N	BA	533, 613	4-5	(6-12) 12	S	S	A	A	I	I
<i>Q. obtusata</i> Humb. & Bonpl.	A	N	BA, BQ	548, 555	3-5	(6-12) 11-12	S	S	A	A	I	I
GENTIANACEAE												
<i>Gentiana spathacea</i> Kunth	Hp	CA	BQ	482	1-2, 12	2-3	S	S	A	A	I	I
<i>Halenia brevicornis</i> (Kunth) G. Don	Hp	CA	BQ	934	11		S		A		B	
<i>H. plantaginea</i> (Kunth) Griseb.	Hp	CA	BQ	935	11		S		A		B	
GERANIACEAE												

Anexo. Continuación

<i>Especie</i>	FC	TF	TV	NC	Fenología		Estacionalidad		Frecuencia		Duración	
					FL	FR	Fl	Fr	Fl	Fr	Fl	Fr
<i>Geranium potentillaefolium</i> DC.	Hp	E	BQ	585	6-8	9	LL	LL	A	A	I	I
<i>G. seemanni</i> Peyr.	Hp	E	BQ	511	7-8	9	LL	LL	A	A	I	I
LAMIACEAE												
<i>Lepechinia caulescens</i> (Ortega) Epling	Hp	E	BQ	503	8-9	10	LL	S	A	A	I	I
<i>Salvia amarissima</i> Ort.	Hp	E	BQ	970	8-12		A		A		I	
<i>S. elegans</i> Vahl	Hp	E	BA, BQ	521	1-5,10-12	3-5	S	S	A	A	E	I
<i>S. fulgens</i> Cav.	Hp	E	BA	700, 924	7-12	10-12	A	S	A	A	E	I
<i>S. laevis</i> Benth	Hp	E	BQ	940	9-12	12	A	S	A	A	I	I
<i>S. lavanduloides</i> Benth	Hp	E	BQ	954	1, 7-12	2-4, 10-12	A	S	A	A	E	E
<i>S. mexicana</i> L. var. <i>mexicana</i>	Hp	E	BQ	663, 968	8-12	1-4, 10-12	A	S	A	A	I	E
<i>S. patens</i> Cav.	Hp	E	BQ	937	8-11		A		A		I	
<i>Scutellaria caerulea</i> Sessé & Moc.	Hp	E	BQ	587, 633	7-10	10-11	A	S	A	A	I	I
<i>Stachys parvifolia</i> M.Martens et Galeotti	Hp	E	BQ	589	7-9	8-9	LL	LL	A	A	I	I
LENTIBURALIACEAE												
<i>Pinguicula moranensis</i> Kunth	Hp	CA	BQ	370	5-9	10	A	S	A	A	I	I
LYTHRACEAE												
<i>Cuphea aequipetala</i> Cav.	Hp	CA	BQ	592, 652	7-10	8-11	A	A	A	A	I	I

Anexo. Continuación

Especie	FC	TF	TV	NC	Fenología		Estacionalidad		Frecuencia		Duración	
					FL	FR	FI	Fr	FI	Fr	FI	Fr
ONAGRACEAE												
<i>Fuchsia thymifolia</i> Kunth	Ar	B	BA	568, 595	5-9	10-12	A	S	A	A	I	I
<i>Lopezia racemosa</i> Cav.	Ha	CA	BA, BQ	932	1, 9-12	2	A	S	A	A	I	I
OROBANCHACEAE												
<i>Conopholis alpina</i> Liebm.	Hp	CA	BQ	552	4-5	5-7	S	A	A	A	I	I
POLEMONIACEAE												
<i>Loeselia mexicana</i> (Lam.) Brand	Hp	CA	BQ	519, 912	1-2, 10-12		S		A		I	
POLYGALACEAE												
<i>Monnina ciliolata</i> DC.	Ar	D	BQ	676	1, 8-9	11-12	A	S	S	A	I	I
RANUNCULACEAE												
<i>Clematis dioica</i> L.	Art	A	BQ	563, 677	5-10	1	A	S	A	A	E	I
<i>Ranunculus petiolaris</i> Kunth ex DC. var. <i>arsenei</i> (Benson) Duncan	Hp	A	BQ	596, 972	6-10	9-11	A	A	A	A	I	I
RHAMNACEAE												
<i>Ceanothus coeruleus</i> Lag.	Ar	CA	BQ	584, 615	1, 4-8, 10-12	1	A	S	S	A	E	I
ROSACEAE												
<i>Alchemilla procumbens</i> Rose	Hp	A	BA, BQ	699	7-12		A		A		E	

Anexo. Continuación

Especie	FC	TF	TV	NC	Fenología		Estacionalidad		Frecuencia		Duración	
					FL	FR	Fl	Fr	Fl	Fr	Fl	Fr
RUBIACEAE												
<i>Bouvardia longiflora</i> (Cav.) Kunth	Ar	CA	BQ	536, 612	4-10	12	A	S	A	A	E	I
<i>B. temifolia</i> (Cav.) Schldl.	Hp	CA	BQ	534, 601	4-10	1, 10-12	A	S	A	A	E	I
<i>Crusea longiflora</i> (Willd. ex Roem. & Schult.) W.R. Anderson	Ha	E	BQ	939	8-10		A		A		I	
<i>Galium aschenbornii</i> Nees & N. Schauer	Hp	E	BQ	593, 624	7-9	1-2, 10-12	LL	S	A	A	I	I
SALICACEAE												
<i>Salix paradoxa</i> Kunth	A	CA	BA	539	3	5	S	S	A	A	I	I
SCROPHULARIACEAE												
<i>Castilleja tenuiflora</i> Benth.	Hp	CA	BA, BQ	528, 535	1-12	2-3, 10	A	S	C	S	E	I
<i>Lamourouxia dasyantha</i> (Cham. & Schldl.) Ernst.	Hp	CA	BQ	915	11-12	12	S		A		I	
<i>L. multifida</i> Kunth	Hp	CA	BQ	926	9-12	10-12	A	S	A	A	I	I
<i>Mecardonia procumbens</i> (Mill.) Small	Hp	CA	BQ	628, 946	8-10	10-12	A	S	A	A	I	I
<i>Penstemon roseus</i> (Cerv. ex Sweet) G. Don	Hp	CA	BQ	520, 602	7-12	1-2, 10-12	A	S	A	A	E	I
SOLANACEAE												
<i>Cestrum thyrsoides</i> Kunth	Ar	B	BA, BQ	561, 971	1-2, 9-11		A		A		I	
<i>Physalis orizabae</i> Don	Hp	B	BQ	603	7-9	9	LL	LL	A	A	I	I
<i>Solanum demissum</i> Lindl.	Hp	B	BQ	608	7-8		LL		A		I	

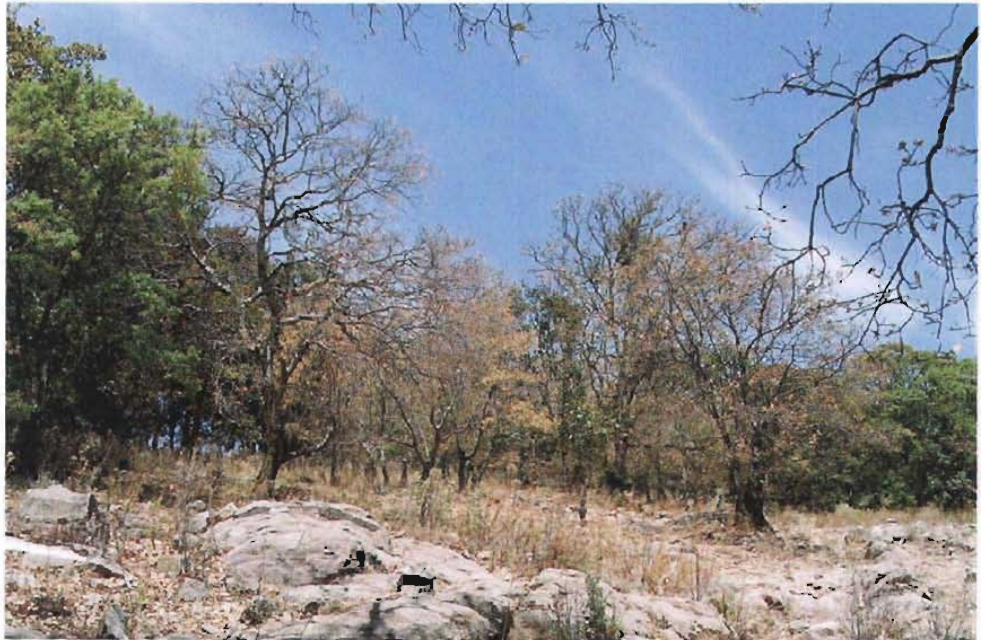
Anexo. Continuación

<i>Especie</i>	FC	TF	TV	NC	Fenología		Estacionalidad		Frecuencia		Duración	
					FL	FR	Fl	Fr	Fl	Fr	Fl	Fr
VALERIANACEAE												
<i>Valeriana barbareaifolia</i> M. Martens & Galeotti	Hp	A	BQ	590, 625	7-10	10-12	A	S	A	A	I	I
VERBENACEAE												
<i>Verbena bipinnatifida</i> Nutt.	Hp	E	BQ	614	6-9	8-9	LL	LL	A	A	I	I
<i>V. recta</i> Kunth	Hp	E	BQ	661	8-10	10	A	S	A	A	I	I
VIOLACEAE												
<i>Viola humilis</i> Kunth	Hp	CA	BQ	599	6-9	10	LL	S	A	A	I	I
<i>V. painteri</i> Rouse & House	Hp	CA	BA	574, 607	5-9	9	A	LL	A	A	I	I
VISCACEAE												
<i>Cladocolea diversifolia</i> (Benth.) Kuij	Arh	D	BQ	605	4-5	3-4	S	S	A	A	I	I
<i>Phoradendron schumannii</i> Treli.	Arh	B	BQ	571	5	5-10	S	A	A	A	I	E
CLASE LILIOPSIDA												
BROMELIACEAE												
<i>Tillandsia andrieuxii</i> (Mez) L.B. Sm.	Ep	CA	BQ	573	5-7	5, 8-12	A	A	A	A	I	E
COMMELINACEAE												
<i>Commelina coelestis</i> Willd.	Hp	CA	BQ	641, 686	8-9	10	LL	S	A	A	I	I
HYPOXIDACEAE												
<i>Hypoxis mexicana</i> Schult. et Schult.f.	Hp	CA	BQ	630, 653	8-9	9	LL	LL	A	A	I	I

Anexo. Continuación

Especie	FC	TF	TV	NC	Fenología		Estacionalidad		Frecuencia		Duración	
					FL	FR	Fl	Fr	Fl	Fr	Fl	Fr
IRIDACEAE												
<i>Sisyrinchium convolutum</i> Nocca	Hp	CA	BQ	586, 629	7-9	10	LL	S	A	A	I	I
ORCHIDACEAE												
<i>Corallorhiza odontorhiza</i> (Willd.) Nutt.	Hp	CA	BA	610, 696	7-8		LL		A		I	
<i>Goveria liliacea</i> (Lex.) Lindl.	Hp	CA	BA	609, 683	6-9	11-12	LL	S	A	A	I	I

Bosque de *Quercus* durante la estación seca. Cerro Altamirano, Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.



Especies que habitan en el bosque de *Quercus*.



Gentiana spathacea Kunth



Loeselia mexicana (Lam.)
Brand



Helianthemum glomeratum
Lag. ex DC.



Cladocolea diversifolia (Benth.) Kuij



Galium aschenbornii Nees & N.
Schauer

Bosque de *Abies* durante la estación de lluvias. Cerro Altamirano, Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.



Especies que habitan en el bosque de *Abies*.



Lupinus montanus Kunth



Salix paradoxa Kunth



Govenia liliacea (Lex.)
Lindl.



Roldana barba-johannis
(DC.) H. Rob. et Brettell



Lopezia racemosa Cav.

Especies de Asteraceae presentes en la zona núcleo Cerro Altamirano.



Dahlia coccinea Cav.



Archibaccharis hirtella (DC.)
Heering



Stevia salicifolia Cav. var. *salicifolia*



Acourtia turbinata (Lex.) Reveal
& King

Especies de Lamiaceae presentes en la zona núcleo Cerro Altamirano.



Salvia amarissima Ort.



Salvia elegans Vahl



Salvia fulgens Cav.



Salvia mexicana L. var. *mexicana*

Especies leñosas de la zona núcleo Cerro Altamirano.



Clethra mexicana DC.



Arbutus tessellata Sorensen



Quercus laurina Née



Arbutus xalapensis Kunth



Arctostaphylos pungens Kunth



Abies religiosa (Kunth) Schtdl. & Cham.