



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**FENOLOGÍA REPRODUCTIVA  
DEL BOSQUE DE *Abies religiosa*  
EN LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA D.F.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**BIÓLOGO**

**P R E S E N T A:**

**EDGAR TONATHIU DÍAZ LÓPEZ**



**DIRECTORA DE TESIS:  
DRA. SILVIA CASTILLO ARGÜERO  
México D.F. 2015**



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.

**1. Datos del alumno**

Apellido paterno: Díaz  
Apellido materno: López  
Nombre(s): Edgar Tonathiu  
Teléfono: 5529055282  
  
Universidad: Universidad Nacional  
Autónoma de México  
Facultad: Ciencias  
Carrera: Biología  
Número de cuenta: 30525264-3

**2. Datos del tutor**

Grado: Doctora  
Nombre(s): Silvia  
Apellido paterno: Castillo  
Apellido materno: Argüero

**3. Datos del sinodal 1**

Grado: Doctora  
Nombre(s): María Guadalupe  
Apellido paterno: Barajas  
Apellido materno: Guzmán

**4. Datos del sinodal 2**

Grado: Doctora  
Nombre(s): Lucía Oralia  
Apellido paterno: Almeida  
Apellido materno: Leñero

**5. Datos del sinodal 3**

Grado: Doctora  
Nombre(s): María Cecilia del Carmen  
Apellido paterno: Nieto  
Apellido materno: De Pascual Pola

**6. Datos del sinodal 4**

Grado: Maestra en Ciencias  
Nombre(s): Yuriana  
Apellido paterno: Martínez  
Apellido materno: Orea

**7. Datos del trabajo escrito**

Título: Fenología reproductiva del bosque de  
*Abies religiosa* en la cuenca del río  
Magdalena D.F.

Número de páginas: 81 p  
Año: 2015

## DEDICATORIA

Con profundo agradecimiento a mis padres Jerónimo Díaz y Josefina López, por ser un pilar fundamental en todo lo que soy...en toda mi educación, tanto académica, como emocional, muchas gracias por brindarme todo su apoyo para alcanzar mis metas y sobre todo por creer en mí.

A mi herma Brenda...tú eres una persona muy especial que llegó a mi vida cuando yo tenía 10 años, desde ese momento entendí que tengo que ser un ejemplo para ti. Y la culminación de éste trabajo es uno de ellos, Brenda espero ver reflejado tu esfuerzo y dedicación académica en un trabajo de tesis. Te quiero hermana.

A Karen, quien me ha motivado día con día a crecer personalmente y creer en mí, gracias por compartir este tiempo a mi lado, pero sobre todo gracias por tu apoyo y compañía para seguir adelante...te amo.

A mi ahijada Julieta López y sobrina María José, ustedes tienen que destacar en todo lo que hagan. A mis compadres Carlos y Anahí, gracias por todo su apoyo incondicional.

Con especial cariño a mis abuelos José López y Nestora Sánchez.

A mis tíos y tías: Ricardo, Martha, Guadalupe (tía Lupe), Annel, Amalia, Martha, Miguel, Malena, Paty (a mis padrinos Joaquín y Lourdes), Armando "Gallo", Rita, Rosa y Malú; a mis primos más cercanos José Ricardo (Pepito), Anayantzi y Leslie, muchas gracias por su apoyo familiar.

A mi zoológico particular: Dolly, Toño y los peces.

## AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Silvia Castillo Argüero, mi directora de tesis y madre académica. Por su esfuerzo, dedicación dentro y fuera del laboratorio, pero sobre todo por su inagotable paciencia y motivación para lograr uno de los objetivos más importantes de mi vida...culminar el desarrollo de mi tesis con éxito y obtener un título profesional; de todo corazón muchas gracias Dra. Silvia Castillo Argüero.

A los integrantes de mi honorable jurado, la Dra. María Guadalupe Barajas Guzmán, la Dra. Lucia Oralia Almeida Leñero, la Dra. María Cecilia del Carmen Nieto de Pascual Pola y la M. en C. Yuriana Martínez Orea gracias por todas sus aportaciones que indudablemente enriquecieron este trabajo.

A los proyectos PAPIIT IN202210-3, IN216014 y PAPIIME PE204413: "Determinación de las malezas y especies introducidas en el bosque templado de la cuenca del río Magdalena".

A la M. en C. Yuriana Martínez Orea, por el apoyo indiscutible en campo, en la organización de las salidas, así como en la revisión de mi trabajo. Gracias por todo tu apoyo.

A las compañeras del laboratorio de Dinámica de comunidades: Lety, Chris, Yuri, Gaby, Ileana, Ceci. Gracias por las horas de convivencia y trabajo a su lado.

A mis amigos: Daniel Nava, Juan Galicia, Gustavo Sánchez, Rubén Hurtado, Luishino, Rodrigo, Rafael, Osmán, Oscar (es), Jorge, Leopoldo, Cesar, a todos los "Parrilleros F.C." y "Tapatio F.C."

Al laboratorio de Ecología del suelo: el Dr. Javier Álvarez, la Dra. Irene Sánchez, la Dra. Guadalupe Barajas y sus estudiantes que en algún momento convivieron conmigo, gracias por esos buenos momentos.

A Tere Robles por darme una oportunidad de trabajo, pero sobre todo por depositar su confianza en mí, gracias por creer en la juventud y desarrollar proyectos altruistas en las comunidades más vulnerables de nuestra demarcación.

Al Lic. Izcoatl Télles, gracias por compartir tu experiencia, potencializar mi capacidad, liderazgo y sobre todo por el coaching que me sirvió de guía y motivación para conseguir mis logros. Espero que algún día podamos ejecutar todos los proyectos que están en papel.

Un agradecimiento a mis compañeros de TPA: Juan, Miguel, Irazy, Antolín, Carmen, Anita, Reme, Gil, Eduardo, Israel, Ángel, Tomás, Edith, Don Miguel, Lulú, Angy, Sra. Lilia y Sra. Reyna; muchas gracias las horas de convivencia dentro y fuera del trabajo.

# ÍNDICE

## RESUMEN

## INTRODUCCIÓN

1.1 Fenología: historia, conceptos y terminología	3
1.2 Importancia del conocimiento fenológico	4
1.3 Factores que intervienen en la fenología reproductiva	5
1.3.1 Factores bióticos	6
1.3.2 Factores abióticos	8
1.4 Patrones fenológicos	10
1.5 El cambio climático y efectos en la fenología	12

<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>14</b>
----------------------	-----------

<b>OBJETIVOS</b>	<b>15</b>
------------------	-----------

## ÁREA DE ESTUDIO

2.1 Ubicación	16
2.2 Clima	17
2.3 Topografía	19
2.4 Suelo	19
2.5 Hidrología	19
2.6 Vegetación	20
2.7 Servicios ecosistémicos	21

## MÉTODO

3.1 Sitios de observación	22
3.2 Registro fenológico	22
3.3 Análisis de datos	24

## **RESULTADOS**

4.1 Fenología reproductiva a nivel comunitario	25
4.2 Patrones de floración	28
4.2.1 Patrón de floración: “durante las secas”	29
4.2.2 Patrón de floración: “antes de las lluvias”	30
4.2.3 Patrón de floración: “durante las lluvias”	31
4.2.4 Patrón de floración: “después de las lluvias”	33
4.2.5 Patrón de floración: “secas y lluvias”	34
4.2.6 Patrón de floración: “todo el año”	36
4.3 Patrones de fructificación	38
4.3.1 Patrón de fructificación: “durante las secas”	38
4.3.2 Patrón de fructificación: “antes de las lluvias”	40
4.3.3. Patrón de fructificación: “durante las lluvias”	41
4.3.4 Patrón de fructificación: “después de las lluvias”	43
4.3.5 Patrón de fructificación: “secas y lluvias”	44
4.3.6 Patrón de fructificación: “todo el año”	45
4.4 Fenología de especies nativas, introducidas y malezas	47

## **DISCUSIÓN**

5.1 Fenología reproductiva a nivel comunitario	50
5.2 Fenología reproductiva entre distintas formas de crecimiento	52
5.3 Fenología reproductiva de grupos taxonómicos	54
5.4 Fenología reproductiva de especies nativas (o comunes de bosque templado), introducidas y malezas	55

<b>CONCLUSIONES</b>	58
---------------------	----

<b>LITERATURA CITADA</b>	59
--------------------------	----

## RESUMEN

Uno de los atributos más importantes dentro de la dinámica de las comunidades, es la fenología, esta propiedad hace referencia al cambio estacional en la estructura y composición de la misma. Por ello, durante un periodo anual, muchas comunidades están formadas de distintas especies, de las cuales hay grupos de especies que están restringidas temporalmente, principalmente por las condiciones climáticas, disponibilidad de recursos y sus atributos de historia de vida. El estudio fenológico de las especies forestales es calificado esencial para el entendimiento de la ecología y evolución de la diversidad de la vegetación, principalmente en zonas templadas y cálidas. Este trabajo se realizó con el objetivo de determinar los patrones fenológicos del bosque de *Abies religiosa* en la cuenca del río Magdalena, México, Distrito Federal.

Durante 13 meses (de noviembre del 2010 a noviembre del 2011) se realizaron observaciones fenológicas de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas; se monitorearon 21 familias, 44 géneros y 62 especies. De manera mensual se registró la presencia de estructuras reproductivas (flores y frutos).

Se observaron 2 picos de alta producción de flores (antes y después de la temporada de lluvias). La mayoría de las especies con frutos maduros se registraron después de la temporada de lluvias, presentando diásporas balócoras-barócoras (dispersión mecánica) y sarcócoras (dispersión por animales). En cuanto a los síndromes de dispersión, la más dominante fue la mecánica con un 55%, le siguió la zoocoria con 27% y por último, con menor presencia la anemocoría con un 18%.

PALABRAS CLAVE: fenología, bosque de *Abies religiosa*, comunidad vegetal, precipitación, temperatura, síndromes de polinización y dispersión.

# INTRODUCCIÓN

## 1.1 Fenología: historia, conceptos y terminología

El término fenología deriva del griego *phaino* que significa “manifestar”, y *logos* “tratado” (Azkue, M., 2002). Se considera la fenología como el estudio de los fenómenos biológicos acomodados a cierto ritmo periódico. Estos fenómenos se relacionan con el clima de la localidad en que ocurren (Font Quer, 1975). El término fenología fue propuesto por el botánico belga Charles Morren en 1958 por lo que se le conoce como el “Padre de la fenología”. Sin embargo, los primeros trabajos de observación fenológica data de varios siglos atrás en la antigua China, quienes desarrollaron calendarios fenológicos para la recolección de semillas (Azkue, M., 2002).

La fenología se define como el estudio de la duración y temporalidad de los eventos o fases (fenofases) del ciclo de vida de los organismos y su relación con los factores bióticos y abióticos (Lieth, 1974; Ewusie, 1980, Carabias-Lillo y Guevara-Sada, 1985; Rathcke y Lacey, 1985, Newstrom *et al.*, 1994), evolutivos y genéticos (Millar-Rushing y Primack, 2008; Rich, *et al.*, 2008).

Los estudios de fenología muestran los diferentes cambios que atraviesan los seres vivos a través del tiempo, se pueden representar a través de la identificación de los patrones fenológicos considerando los factores bióticos y/o abióticos que intervienen en la dinámica de las comunidades (De Cara, 2006). El ciclo de vida de una planta se puede dividir, entre otras, en las siguientes fenofases: germinación, actividad vegetativa, floración, fructificación, y la dispersión de sus semillas (Rathcke y Lacey, 1985). Los datos obtenidos en estudios de fenología a corto plazo (de uno a tres años) reflejan la dinámica de las interacciones bióticas y abióticas en los ciclos anuales (Forrest y Miller-Rushing, 2010).

## **1.2 Importancia del conocimiento fenológico**

El conocimiento fenológico proporciona información para entender algunos procesos ecológicos que ocurren a diferentes escalas espacio-temporal en la dinámica de comunidades, como son la regeneración, reproducción de las plantas y su distribución espacial y temporal (Rathcke y Lacey, 1985; Barnes *et al.*, 1998; Chmielewski F. M. y Rötzer T., 2001).

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, R. y D. Ostergren, 2002). Una estimación sistemática de eventos fenológicos a largo plazo puede aportar información relevante para calcular los avances del cambio climático y su efecto sobre la fenología de las especies (Bradley *et al.*, 1999; Spano *et al.*, 1999; Beaubien y Freeland, 2000; Kramer *et al.*, 2000).

Los estudios fenológicos son útiles para monitorear la disponibilidad de recursos vegetales (Santana-Michel *et al.*, 1998; Bancroft *et al.*, 2000; Fuentes *et al.*, 2001, Thies y Kalko 2004), permitiendo examinar las complejas relaciones ecológicas entre plantas, polinizadores, dispersores y depredadores (Fournier, 1976; Ramírez y Nepomuceno, 1986; Arriaga, 1991; Ochoa-Gaona y Domínguez-Vázquez, 2000; Wallace y Painter, 2002; Joshi y Janarthanam, 2004; Pino y Mosquera, 2004).

## **1.3 Factores que intervienen en la fenología reproductiva**

En distintos trabajos se ha propuesto que el inicio, la duración, la frecuencia de la floración, la fructificación y la foliación de las especies de una comunidad vegetal; dependen de ciertos factores ecológicos, biológicos y climáticos; tales como: el fotoperiodo (Kudo *et al.*, 2008), la temperatura (Vasek y Sauer, 1971; Lieth, 1974; Smith-Ramírez y Armesto, 1994; César-García, 2002; Inouye, 2008) y la precipitación (Vasek y Sauer, 1971; Opler *et al.*, 1976; Smith-Ramírez y Armesto, 1994; Martínez-Romero, 1997; César-García, 2002; Miller-Rushing, *et al.*, 2008).

Al mismo tiempo la fenología reproductiva se puede ver afectada por procesos ecológicos tales como la competencia entre polinizadores (Rathcke y Lacey, 1985; Martínez-Romero, 1997; César-García, 2002; Izco *et al.*, 2004) y herbívoros (Martínez-Romero, 1997; Galindo-Uribe y Hoyos-Hoyos, 2007; Post *et al.*, 2008).

Castillo y Carabias-Lillo (1982) sugieren que en ambientes extremos, tales como las zonas áridas y frías, los principales factores que moldean el comportamiento fenológico pueden ser las condiciones físicas (factores abióticos) como la precipitación y temperatura. Sin embargo, en ambientes más cálidos y húmedos se puede encontrar una fuerte correlación de polinizadores y dispersores con los eventos fenológicos (Newstrom *et al.*, 1994).

El tamaño del fruto es otro factor que interviene en la fenología reproductiva, cuando llega el momento de su dispersión, éste requiere de un mecanismo adecuado en relación a su peso y tamaño (Primack, 1987). Asimismo, intervienen en ella los procesos biológicos propios de la planta como son: la forma de vida (Frankie *et al.*, 1974; Liberman, 1982; Smith-Ramírez y Armesto, 1994; Martínez-Romero, 1997), la longevidad, la morfología, la biomasa, el sistema de reproducción, los nutrientes, el estrés hídrico y las hormonas (Martínez-Romero, 1997; Damascos *et al.*, 2005).

Dansereau y Lems (1957) clasifican los diferentes tipos de diásporas en base a sus estructuras especializadas. **Pogonocoria:** diásporas con estructuras pilosas o plumosas como un vilano (por ejemplo, en *Asteraceae* y *Asclepiadaceae*, respectivamente); **Sarcocoria:** diásporas que presentan una cubierta (como en algunas especies de *Poaceae*); **Pterocoria:** diásporas aladas (algunas especies de *Bignoniaceae*); **Esporocoria:** diásporas que son diminutas (como *Orchidiaceae*); **Acantocoria:** diásporas que presentan ganchos rígidos (algunas especies de *Asteraceae*); **Sarcocoria:** diásporas con cubiertas carnosas (como algunas *Solanaceae*); **Barocoria:** diásporas pesadas y grandes (por ejemplo, las bellotas de especies de *Fagaceae*); **Esclerocoria:** diásporas sin estructuras especializadas para

la dispersión; y **Ascocoria**: diásporas de baja densidad (como algunas especies de *Agavaceae*).

Por otro lado, Van der Pijil (1972) propuso la definición de anemocoría, hidrocoria, zoocoria y autocoria para referirse a los principales agentes de dispersión, tanto abióticos (viento o agua) como bióticos (animales o la misma planta) que intervienen en la dispersión de las diásporas.

### **1.3.1. Factores bióticos**

Los factores bióticos representados por las interacciones ecológicas como la competencia, la herbívora, la polinización y la dispersión, han ejercido presiones de selección en los tiempos de floración y fructificación (Kochmer y Handel, 1986; Van Schaik *et al.*, 1993; Morín, 1999). 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 producir grandes cantidades de flores con tamaño muy pequeño y con una enorme producción de polen (especies de *Quercus*), las cuales florecen generalmente en la temporada seca del año; muchas especies arbóreas caducifolias pierden sus hojas, lo que facilita que el polen sea transportado a lugares lejanos (Frankie *et al.*, 1974; Ramírez y Nepomuceno, 1986; Bello, 1994; Barnes *et al.*, 1998). En las especies que presentan otros síndromes de polinización, no se ha detectado un patrón que describa la temporalidad de la floración; las especies polinizadas por insectos tienen flores con una variedad de formas, tamaños, colores, aromas y alimento (polen y néctar) que atrae a los polinizadores (Percival, 1965); este grupo de especies han mostrado períodos de floración en diferentes temporadas del año (Kevan, 1972; Heinrich, 1975; Lack, 1982; Bosch *et al.*, 1997; Abe y Kamo, 2003). Las especies polinizadas por aves presentan flores vistosas de color rojo o naranja predominante, de forma tubular y con una considerable cantidad de néctar (Percival, 1965; Stiles, 1975; Gentry, 1990); se ha documentado que su floración puede llevarse a cabo 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 tener flores grandes con estructuras resistentes de color blanco, con grandes cantidades de polen en sus anteras y una elevada producción de néctar, debido a 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 (Lobo *et al.*, 2003) o en cualquier temporada del año, dependiendo de su hábitat (Stoner *et al.*, 2003). Los frutos han sido descritos principalmente a partir de las características morfológicas de sus diásporas y sus mecanismos de dispersión (Wikander, 1984; Griz y Machado, 2001; Spina *et al.*, 2001). Por ejemplo, los frutos carnosos, dispersados por animales (zoócoros) se presentan generalmente durante la temporada de lluvias, lo que coincide con la llegada de numerosas aves locales y migratorias a la localidad, además de que muchas poblaciones de animales terrestres manifiestan una mayor actividad durante esta temporada, lo que favorece a la dispersión de diásporas (Wikander, 1984; Van Schaik *et al.*, 1993; Solórzano *et al.*, 2000; Griz y Machado, 2001; Batalha y Martins, 2004).

Asimismo, las especies zoócoras requieren de cantidades suficientes de agua y energía para producir frutos grandes o succulentos; lo que incluso puede permitir que los frutos puedan desarrollarse y mantenerse por largos periodos 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 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, en su mayoría con estructuras tipo alas, plumas o pelos, lo que facilita su dispersión por medio del viento (especies anemócoras) (Sánchez-Garfias *et al.*, 1991; Griz y Machado, 2001). Fructifican preferentemente durante la temporada seca, este patrón que se ha relacionado con 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 Leitao-Filho, 1990; Ibarra-Manríquez *et al.*, 1991; Batalha y Montovani, 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 localizan en el suelo cuando empieza la temporada de lluvias, incrementando las posibilidades de un establecimiento exitoso (Wikander, 1984; Van Schaik *et al.*, 1993).

### **1.3.2. Factores abióticos**

Los factores abióticos comprenden los elementos físicos más relevantes para los individuos como son: la precipitación, los cambios en la temperatura, el fotoperiodo, la humedad y las características físicas del suelo; estos pueden estimular procesos fisiológicos en las plantas que desencadenan la formación de flores y frutos (Rathcke y Lacey, 1985; Van Schaik *et al.*, 1993; Borchert, 1994, De Cara, 2006; Valdez-Hernández *et al.*, 2010). La fenología reproductiva de las plantas tiende a acoplarse a la variabilidad de la precipitación local y otros factores ambientales (Reich y Borchert, 1984; Valdez-Hernández *et al.*, 2010). Las especies aumentan el número de flores con el incremento de la precipitación (Borchert, 1994). En los bosques templados y tropicales, a nivel comunidades, la mayoría de las especies florecen durante la temporada de lluvias y muy pocas en la temporada de secas (Frankie *et al.*, 1974; Bullock y Solís-Magallanes, 1990).

La formación-caída de hojas y la producción de flores y frutos, es de manera sincronizada, es decir, ocurre en la mayoría de las plantas durante la misma temporada del año. Por esta razón, la apariencia o el aspecto de las comunidades vegetales en zonas templadas son heterogéneas en diferentes temporadas del año (Carabias-Lillo y Guevara-Sada, 1985; Bullock y Solís-Magallanes, 1990; León de la Luz *et al.*, 1996).

De acuerdo con los autores arriba citados, la precipitación influye de forma directa en la floración (afecta la humedad de suelo, la maduración de los frutos y la dispersión de los frutos y/o semillas) e indirecta al influir en la actividad forrajera de los polinizadores. Rathcke y Lacey (1985) y León de la Luz *et al.*, (1996), sugieren que el principal factor que interviene en la floración de las especies herbáceas y arbustivas es la precipitación. (Opler, *et al.*, 1976; Alvim y Alvim, 1978; Bullock y Solís Magallanes, 1990).

La fenología reproductiva de las plantas que viven en los bosques templados y fríos, se relaciona directamente con los cambios de temperatura (Smtih-Ramírez y Armesto, 1994; Fitter *et al.*, 1995; Lechowicz, 1995; Dose y Menzel, 2006). Estas especies necesitan estímulos de frío, ya que requieren de la influencia de días cortos y temperaturas regularmente inferiores a 10 °C, hasta un momento determinado en donde la planta puede iniciar un periodo vegetativo o reproductivo. Por ello las modificaciones del frío invernal, pueden ocasionar un retraso de la apertura de yemas florales y retrasar la maduración de los frutos y posteriormente su dispersión (De Cara, 2006).

La temperatura es un factor determinante que influye en la fenología de las especies, principalmente en aquellas que habitan en comunidades alpinas y en bosques templados (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 y encontraron que el máximo de floración de las especies que crecen por debajo de los 3200 m s.n.m. coincide con el periodo de máxima temperatura (Bliss, 1971; Arroyo *et al.*, 1981). Otro factor estrechamente relacionado con los eventos fenológicos es la disponibilidad de agua en el suelo, depende de las características físicas del mismo y de los mecanismos de las plantas para obtenerla y almacenarla (Bullock y Solís-Magallanes, 1990; Borchert, 1994; Joshi y Janarthaman 2004).

Por otro lado, los eventos fenológicos también responden a la cantidad de luz (Wright y Van Schaik, 1994) y al fotoperiodo, que se define como la duración relativa del día y la noche. En la mayoría de las plantas, los periodos máximos de floración se presentan en temporadas de mayor irradiación solar (Van Schaik *et al.*, 1993; Günter *et al.*, 2008). Por ejemplo en los bosques templados, donde la luz es un recurso limitante, la apertura de claros en el dosel permite la entrada de luz y favorece la aparición de estructuras reproductivas en especies del sotobosque (Denslow, 1987; Valverde y Silvertow, 1997; Galloway y Burgess, 2012).

#### **1.4 Patrones fenológicos**

Se define a los patrones fenológicos como el periodo de tiempo en que ocurren los eventos biológicos (Lieth, 1974). Estos pueden estar determinados por ciertas condiciones ambientales y su disponibilidad de recursos, por ejemplo: bajas precipitaciones, altas radiaciones, fotoperiodo, temperaturas extremas, humedad, altas tasas de evaporación y herbívora (Arroyo *et al.*, 1981; Mc Farland, 1985; Montenegro, 1987; Rozzi *et al.*, 1989; Jones, 1992; Squeo *et al.*, 1994; Rivero y Smith-Ramírez, 1997).

Newstrom, *et al.*, 1994, consideran cuatro criterios de clasificación de los patrones fenológicos: la frecuencia, la regularidad, la duración y la amplitud de las fenofases. De acuerdo con Martínez-Romero (1997) y César-García (2002), a partir de la duración de las fenofases reproductivas se clasifican los patrones en:

- i. Corto, cuando la floración o fructificación ocurre en un periodo de tiempo menor a cinco meses.
- ii. Largo, cuando el periodo de tiempo ocurre de entre cinco a diez meses.
- iii. Todo el año, cuando la floración o fructificación se lleva a cabo en un periodo de tiempo de once a doce meses.

Además de los patrones ya mencionados, César-García (2002), propone otros patrones fenológicos basados en la temporalidad de las fenofases para un matorral xerófilo:

- i. Lluvias, se presentan entre mayo y noviembre.
- ii. Secas, ocurren entre noviembre y mayo del siguiente año.
- iii. Intermedio, se registran a finales de la temporada de lluvia y a principios de las secas o viceversa.

Los patrones fenológico de las plantas representan una gran diversidad de estrategias para el establecimiento de las plantas en el medio (Smythe, 1970; Herrera, 1986 y Smith-Ramírez y Armesto, 1994), en la actividad de los polinizadores y depredadores de flores y frutos, la dispersión de semillas y los periodos de reproducción de muchos animales dependen directa o indirectamente de la fenología reproductiva de las especies. Cabe señalar que son muchas las restricciones ecológicas y climáticas que influyen en el inicio, duración, frecuencia e intensidad de la floración y fructificación en las comunidades de las plantas (Smith-Ramírez y Armesto, 1994).

Estos mismos autores, realizaron un estudio en relación a los patrones fenológicos de floración y fructificación en 61 especies leñosas nativas en el bosque templado lluvioso de la isla de Chiloé en Chile. Las observaciones las efectuaron durante dos años, evaluando los efectos climáticos (temperatura y precipitación) y ecológicos (polinización y modo de dispersión) para predecir la tendencia fenológica de dicho bosque. Ellos demostraron que encontraron patrones unimodales que se establecieron para floración y fructificación entre las especies de dicha comunidad; solo algunas de estas especies tuvieron tendencias bimodales.

Opler *et al.* (1980) reportaron en un estudio comparativo de la estructura arbórea en un bosque tropical de Costa Rica, que los periodos de fructificación de las especies estudiadas tuvieron una distribución menos estacional en comparación con la reportada para la floración, Rivero (1991) obtuvo resultados similares en un bosque

andino con clima estacional templado, en donde la fructificación fue menos sincrónica que la floración.

De esta manera la importancia y uso práctico de la fenología reproductiva ha sido discutida por diferentes autores (Alencar *et al.*, 1979; Hilty, 1980; Mooney *et al.*, 1980; Huxley, 1983; Morellato y Leitaó, 1990; Kannan y James, 1999; Kollmann, 2000; Cornejo-Tenorio, 2005; Bonilla-Valencia, 2014) quienes coinciden en afirmar que el conocimiento y comprensión de los patrones fenológicos en las comunidades vegetales son de interés básico en los estudios de ecología. Ya que proporcionan información que servirá como indicador de respuestas sobre la cantidad de recursos disponibles en las comunidades que pueden tener influencia directa o indirecta sobre la dinámica poblacional de los polinizadores, frugívoros, dispersores de semillas (Castillo y Carabias-Lillo, 1982; Smith-Ramírez y Armesto, 1994), sobre las poblaciones de animales y sus periodos reproductivos, (Smith-Ramírez y Armesto, 1994) y sobre la estructura de la comunidad vegetal (Smythe, 1970; Stiles, 1975; Bawa, 1983; Herrera, 1986). Además, permite evaluar las respuestas de las plantas a los cambios en el ambiente en determinada temporada del año, lo que convierte al conocimiento de la fenología reproductiva en una herramienta de gran utilidad en la elaboración de planes de protección de fauna y flora.

### **1.5 El cambio climático y efectos la fenología**

El cambio climático se entiende como una modificación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana (Sánchez *et al.*, 2011). Sus efectos son irreversibles en diversos sistemas naturales y sugieren que a finales del siglo XXI el incremento en la temperatura del planeta probablemente será de entre 2 a 5 °C; el nivel del mar podría registrar un aumento de 28 a 43 centímetros y posiblemente se observarán cambios importantes en los patrones de precipitación y en los eventos climáticos extremos; el cambio climático está teniendo una influencia indiscutible sobre muchos de los sistemas biológicos (Peñuelas y Filella, 2001; Villers *et al.*, 2009; Sánchez *et al.*, 2011).

En términos generales el cambio climático es un tema que causa gran preocupación; algunas evaluaciones de los posibles efectos, particularmente en las fases fenológicas han sido subrayadas por: Conde *et al.*, 1997; Ruiz *et al.*, 2000; Alvarado *et al.*, 2002; Conde *et al.*, 2007.

Investigaciones realizadas a nivel nacional concluyen que una gran extensión del territorio mexicano se está calentando, siendo en mayor escala en el noreste de México; sin embargo, pequeñas porciones del territorio nacional ligeramente se están enfriando (Gay *et al.*, 2010). En los estudios realizados de impactos en la agricultura por el cambio climático, Conde *et al.* (1997) y Flores *et al.* (2000) sugirieron que existe mayor vulnerabilidad en la agricultura de temporal, decrementos en las superficies aptas y reducciones en rendimientos. En tanto Monterroso *et al.* (2011) al comparar diversos modelos sugieren que a nivel nacional se estima que la temperatura y la precipitación aumentará en su mayor parte del año.

Durante las últimas décadas, los estudios fenológicos han recibido mucha atención debido a que muchos organismos están cambiando sus ciclos de vida en respuesta al cambio climático actual (Parmesan y Yohe, 2003; Menzel *et al.*, 2006; Rosenzweig *et al.*, 2008).

Abu-Asab *et al.* (2001) observaron la ampliación del periodo de floración en 89 especies de la zona de Washington D.C., analizando registros de 30 años, la primera floración mostro un avance de 3 a 46 días en tanto que la última se ha retardado de 3 a 10 días, correlacionándose directamente estas observaciones con el incremento local de las temperaturas mínimas. Menzel y Fabian (1999) reportan una ampliación en la estación de crecimiento en especies europeas, 6 días en primavera y 5 en otoño teniendo como base un registro de 30 años a partir de 1960; estas observaciones nos llevan a la necesidad de ajustar los programas de manejo forestal periódicamente, tanto para la producción maderera como para los programas de restauración, reforestación y conservación.

## JUSTIFICACIÓN

A pesar de la gran importancia de los estudios fenológicos en las especies vegetales para consolidar programas de conservación a nivel de: recursos genéticos, planeación de reservas silvestres, reforestación, colecta de semillas; estos aún son muy escasos y fragmentarios (Mantovani *et al.*, 2003). Hasta el momento solo las especies de mayor valor comercial han sido estudiadas detalladamente para su manejo, por ello resulta de particular importancia profundizar en el conocimiento fenológico de las especies de los bosques templados de nuestro país, ya que estos forman parte de un ecosistema de gran importancia biológica, biogeográfica y económica que se distribuyen principalmente sobre las grandes cadenas montañosas de México (Ávila-Akerberg, 2002).

Sin embargo, los bosques templados se encuentran bajo un proceso de degradación continuo, provocado en gran parte por actividades antropogénicas (Challenger, 1998). Particularmente en la cuenca del río Magdalena (CRM) en el Distrito Federal, se observa un deterioro marcado a lo largo de su gradiente altitudinal, debido a la acción continua de disturbios antropogénicos por los asentamientos humanos, la tala ilegal y el pastoreo (PUEC, 2008; SMA D.F., 2009).

Ante esta situación resulta urgente manejar y restaurar el hábitat para conservar los recursos naturales, así como para mantener e incrementar la productividad del suelo. Los resultados generados en este trabajo contribuirán al conocimiento de los periodos reproductivos de las especies en el bosque de *Abies religiosa* en la CRM, mismos que se incorporaron al proyecto “Apoyo a la difusión del conocimiento de los procesos ecológicos de la cuenca del río Magdalena”.

# **OBJETIVOS**

## **OBJETIVO GENERAL**

- Determinar los patrones de la fenología reproductiva de la comunidad vegetal del sotobosque del bosque de *Abies religiosa* de la cuenca del río Magdalena D.F. durante un ciclo anual.

## **OBJETIVOS PARTICULARES**

- Describir la fenología de la floración y fructificación de las especies a nivel de la comunidad.
- Determinar si existe relación entre los patrones fenológicos con la temperatura y precipitación.
- Evaluar la similitud de los patrones fenológicos entre distintas formas de crecimiento vegetal.

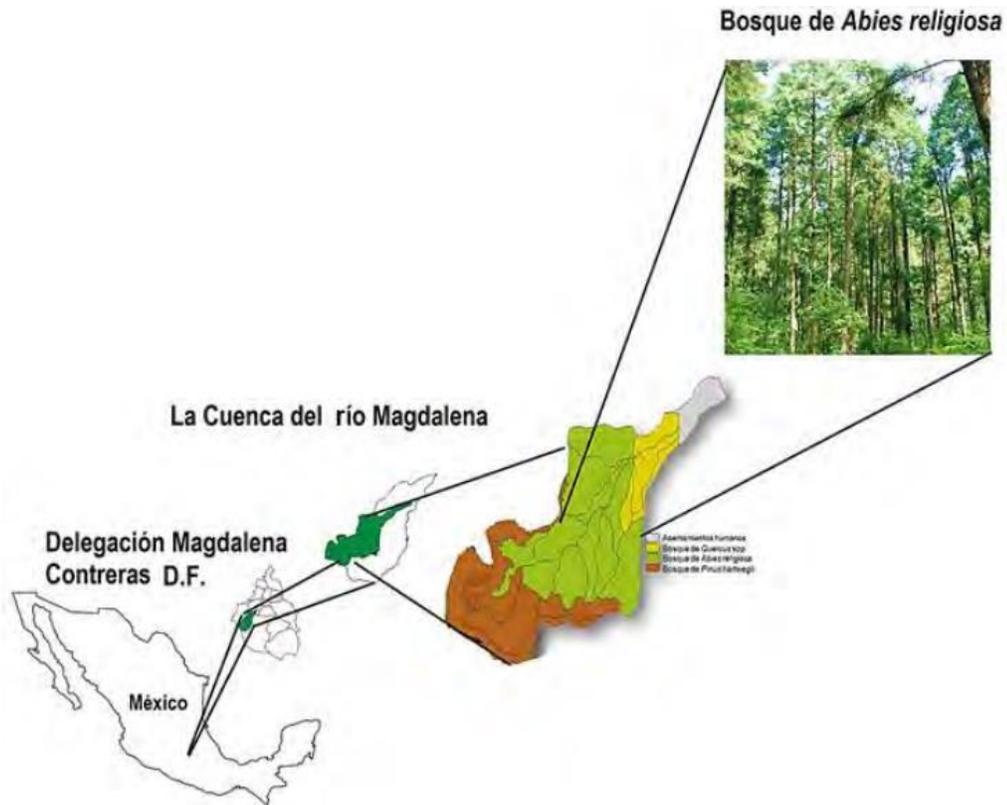
## ÁREA DE ESTUDIO

### 2.1 Localización

El bosque de *Abies religiosa* se localiza dentro de la CRM, conocida de manera popular como “Los Dinamos”, ocupa parte del territorio de las delegaciones políticas Cuajimalpa, Álvaro Obregón y Magdalena Contreras, se encuentra al SO del valle de México en el Distrito Federal sobre la Sierra de las Cruces, sus coordenadas extremas son: 19° 17' 52" y 19°14'35" N y 99°15'06" oeste (Almeida-Leñero, *et al.*, 2007).

La zona natural de la CRM ha sido clasificada como “Zona protectora forestal cañada de Contreras” decretada desde 1932 (S.M.A., D.F., 2009). Cuenta con 3, 100 ha dentro de un gradiente altitudinal que va desde los 2,480 a 3,860 m snm, colindante con el Estado de México (S.M.A., D.F., 2009).

El bosque de *Abies religiosa* es el más extenso dentro de la CRM con aproximadamente 1,900 ha. Se localiza entre los 2,750 y los 3,500 m snm; se distribuye en la parte media y sur, colinda con el bosque de *Quercus* spp. y bosque mixto entre los 2,600 y 2,700 m snm; y en su límite altitudinal superior a 3,650 m, con el bosque de *Pinus hartwegii* (Figura 1).

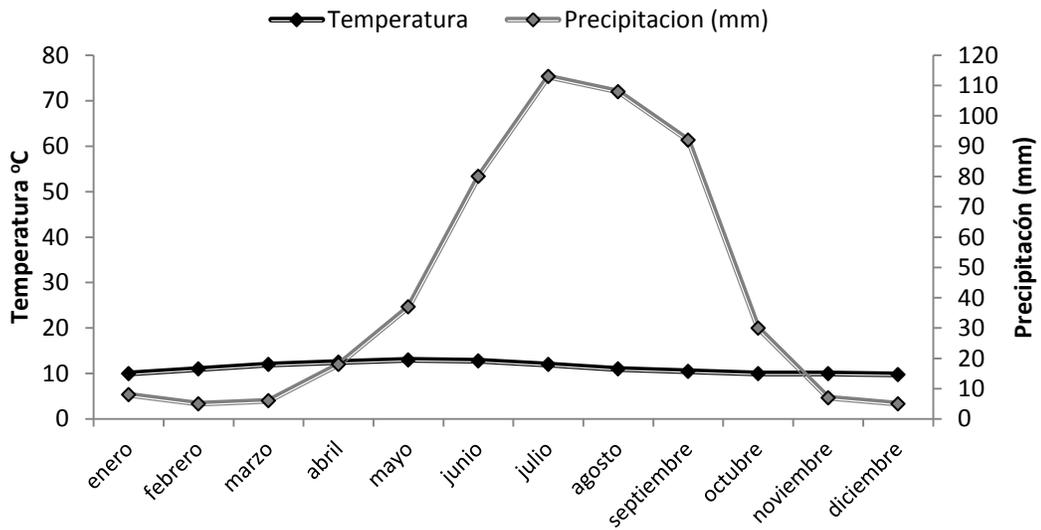


**Figura 1.** Localización del bosque de *Abies religiosa* en la cuenca del río Magdalena en el Distrito Federal, México (Tomado de Galeana-Pizaña *et al.*, 2009 y Santibáñez-Andrade, 2009).

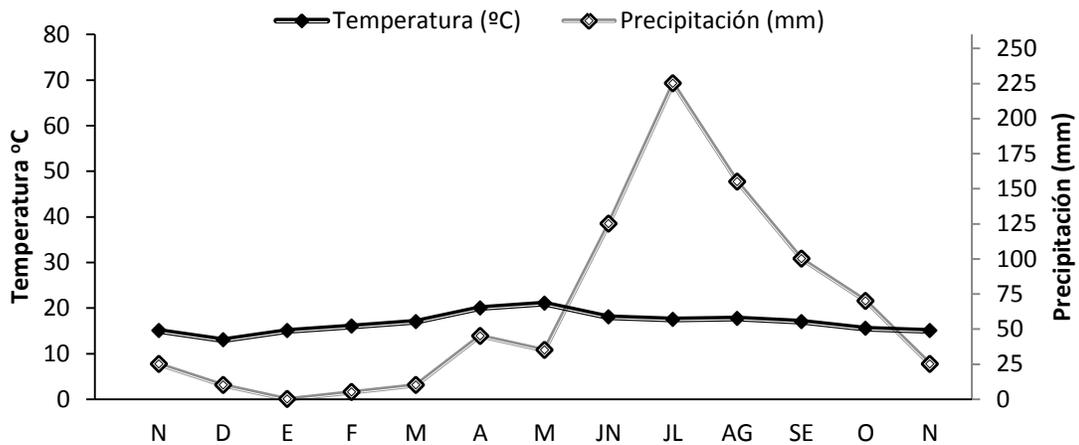
## 2.2 Clima

El gradiente altitudinal de la cuenca conlleva a la existencia de dos tipos de clima. En la parte urbana y hasta los 3,050 m snm se presenta el clima templado subhúmedo y en la parte más alta entre los 3,100 a los 3,800 m snm el clima es semifrío (García, 1981; Álvarez, 2000).

La precipitación en la cuenca es cercana a los 1,000 mm en la parte baja y hasta 1,500 mm en la zona más alta (Dobler-Morales, 2010; Delgadillo-Durán, 2011). La temporada de lluvias va de mayo a octubre y en estos meses la precipitación siempre es mayor a la evapotranspiración. El verano es fresco y largo y hay poca oscilación térmica. La temperatura media anual oscila entre 10 a 14 °C, siendo los meses más calientes abril, mayo y junio; mientras que el periodo más frío es de noviembre a diciembre (Dobler-Morales, 2010; Delgadillo-Durán, 2011) (Figura 2).



**Figura 2.** Climograma a partir de los **datos de la estación meteorológica “Desviación Alta al Pedregal”** (19° 18’ 00” N – 99° 14’ 00” O, a una altitud de 2740 m snm), **en el periodo 1967-2000; y de la estación meteorológica “Monte Alegre”** (19° 13’ 00” N – 99° 17’ 00” O, a una altitud de 3450 m snm), **en el periodo 1967-1987.** Ambas estaciones se localizan dentro de la delegación Magdalena Contreras (Delgadillo-Durán, 2011).



**Figura 3.** Climograma a partir de los **datos promedio de todas las estaciones meteorológicas del D.F. en el año de estudio de noviembre del 2010 a noviembre del 2011.** (S.M.N., 2012).

### **2.3 Topografía**

El bosque de *Abies religiosa* se establece sobre material de origen ígneo extrusivo intermedio; el sustrato rocoso está conformado por rocas como la andesita, dacitas, tobas andesíticas y brechas entre las que predominan las dos primeras como resultados de la actividad volcánica del Terciario Medio hasta el Plioceno en el Cuaternario (Lugo-Hubp, 1989; Álvarez-Román, 2000). Este bosque se desarrolla en un relieve montañoso con un ascenso continuo en altitud. Las condiciones de pendiente varían, ya que presenta pendientes planas desde (2°) hasta muy inclinadas (50°) y laderas agudas de más de 45° de inclinación (Ávila-Akerberg, 2002; Jujnovsky, 2003).

### **2.4 Suelo**

Los suelos son en su mayoría son de tipo Andosol húmico, aunque también hay presencia de Andosoles mólico y ócrico, y mezclas con Litosoles, de textura franco, migajón arcilloso y arenoso (Jujnovsky, 2003). Este suelo tiene su origen en cenizas volcánicas producto de reciente actividad que es rico en vidrios volcánicos y ácidos por lo general. Contiene una capa superficial oscura de textura esponjosa, que retiene altas cantidades de fósforo, lo que lo hace potencialmente útil para los recursos forestales, sin embargo, es susceptible a la erosión hídrica y eólica (Álvarez-Román, 2000).

### **2.5 Hidrología**

El río Magdalena nace en la Sierra de las Cruces dentro de la “Zona protectora forestal cañada de Contreras” (Ávila-Akerberg, 2002), se localiza al suroeste del Distrito Federal, y se encuentra ubicado la mayor parte en la delegación Magdalena Contreras (78%) y en las partes más altas abarca porciones de las delegaciones Álvaro Obregón (5%) y Cuajimalpa (17%).

Tiene una longitud desde su nacimiento hasta su incorporación al drenaje de 22 km, de los cuales entre 10 y 11 se encuentran en el suelo urbano y el resto en el suelo de conservación (Almeida-Leñero, 2007).

El bosque de *Abies religiosa* genera el 52% del agua disponible en toda la cuenca, presenta un escurrimiento anual de 742 mm y un escurrimiento en aguas subterráneas de 300 mm (Jujnovsky, 2006; 2012). El agua del río en su parte alta es de buena calidad, motivo por el cual es de primordial importancia en el abastecimiento de agua para el uso y consumo humano en la zona sur del Distrito Federal (Jujnovsky, 2003; Bojorge-García, 2006).

## 2.6 Vegetación

Es un bosque perennifolio, denso y alto, ya que el dosel alcanza entre 20 y 40 m, donde la especie dominante y con frecuencia exclusiva del estrato arbóreo es *Abies religiosa*, y en menor proporción se asocia con: *Alnus jorullensis* H.B.K., *Cupressus lusitanica* Mill., *Quercus laurina* Humb. & Bonpl., *Salix paradoxa* H.B.K., *Pseudotsuga macrolepis* Flous, *Garrya laurifolia* Benth., *Prunus serotina* Ehrh., *Pinus hartwegii* Lindl. y *P. montezumae* Lamb. (Santibáñez-Andrade, 2009).

El estrato arbustivo y herbáceo presenta una cobertura menor con una altura de 2 a 3 m, compuesto por especies como: *Symphoricarpos microphyllus* H.B.K., *Ageratina glabrata* (H.B.K) King & Rob., *Senecio angulifolius* DC., *S. platanifolius* Benth., *S. barba-johannis* DC., *S. sanguisorbae* DC., *Brachypodium mexicanum* (Roem. & Schult) Link, *Sigesbeckia jorullensis* Kunth, *Alchemilla procumbens* Rose, *Salvia elegans* Vahl, de las cuales la especie dominante es *Acaena elongata* L., que funge como indicadora de perturbación (Ávila-Akerberg *et al.*, 2008). Es importante mencionar que la densidad de la cubierta arbustiva-herbácea en condiciones naturales es escasa, pero aumenta considerablemente bajo condiciones de disturbio (Rzedowski y Rzedowski 2001).

## 2.7 Servicios ecosistémicos en la CRM

En la CRM se generan diferentes servicios ecosistémicos valiosos para la calidad de vida de los habitantes de la Ciudad de México. El Millennium Ecosystem Assessment (MA), define los beneficios que la humanidad obtiene de los ecosistemas como “servicios ecosistémicos” es decir, las condiciones y procesos en donde los ecosistemas y las especies que habitan en ellos satisfacen las necesidades de la gente. Se clasifican según la forma en cómo son provistos y en cómo se relacionan con el ser humano en provisión, regulación, culturales y de soporte (Millennium Ecosystem Assesment, 2003). El diagnóstico ambiental y social ha permitido reconocer, cuatro servicios ecosistémicos de provisión, nueve de regulación y cuatro culturales (cuadro 1).

**Cuadro 1.** Servicios Ecosistémicos que proveen los bosques de la cuenca del río Magdalena, D.F. (Almeida-Leñero, *et al.*, 2007).

PROVISIÓN	REGULACIÓN	CULTURALES
Agua dulce	Control de erosión y mantenimiento del suelo	Belleza escénica
Madera	Almacenamiento de nutrientes	Ecoturismo
Alimento	Control de plagas y enfermedades	Educación
Productos no maderables	Control de sequías	Herencia cultural
	Control de inundaciones y remoción en masa	
	Regulación de lluvia y efecto albedo	
	Mantenimiento de la productividad de los ecosistemas acuáticos controlando la concentración de limo y nutrientes, la temperatura del agua y turbidez.	
	Purificación del aire a través de la captura y almacenamiento de carbono atmosférico	
	Calidad del agua	
	Regulación del agua superficial, subterránea, y basal	

## MÉTODO

### 3.1 Sitios de observación

Los trabajos iniciaron con salidas de reconocimiento del área. Los registros fenológicos se realizaron de manera mensual a través de recorridos dentro del bosque de *Abies religiosa* durante 13 meses (de noviembre del 2010 a noviembre del 2011).

### 3.2 Registro fenológico

Los datos sobre los estadios fenológicos fueron tomados bajo el criterio de presencia-ausencia de flores y/o frutos jóvenes-maduros, los censos incluyeron de cinco a diez individuos, reproductivamente maduros, de cada especie que se hallaran en el lugar, en cada recorrido se registró la proporción de flores y/o frutos maduros con observaciones de forma directa o por medio de binoculares.

La floración fue considerada como la presencia de flores abiertas; mientras que la condición de frutos maduros fue establecida cuando éstos se encontraban completamente desarrollados. Un individuo podía presentar más de un estado fenológico en un determinado tiempo, dependiendo del grado de sincronización de la actividad reproductiva.

La fenología reproductiva se registró utilizando la escala porcentual propuesta por Fournier y Charpantier (1975), modificada por Carabias-Lillo y Guevara-Sada (1985) y utilizada por Bonilla-Valencia (2014) (Cuadro 2). Dicha escala se aplicó, con relación a la cantidad de estructuras reproductivas en las ramas observadas en cada individuo. Por ejemplo, 1 significa que del total de las ramas del árbol el rango de presencia de estructuras reproductivas va de 1 a 10%; mientras que el 5 representa presencia de estructuras reproductivas del 76 a 100% en las ramas del individuo.

**Cuadro 2.** Escala fenológica utilizada por Fournier y Charpantier (1975), Carabias-Lillo y Guevara-Sada (1985) y Bonilla-Valencia (2014).

	Intervalo	Cantidad de Estructuras
Presencia de estructuras reproductivas	<b>0=</b>	Ausencia de estructuras reproductivas
	<b>1=</b>	Presencia desde 1 a 10%
	<b>2=</b>	Presencia desde 11 a 25%
	<b>3=</b>	Presencia desde 26 a 50%
	<b>4=</b>	Presencia desde 51 a 75%
	<b>5=</b>	Presencia desde 76 a 100%

Durante las salidas mensuales al sitio de estudio, se colectaron y herborizaron los ejemplares de las diferentes especies cuya determinación se efectuó mediante claves y cotejo con el herbario de la Facultad de Ciencias, UNAM. Los ejemplares colectados fueron depositados en el micro-herbario del laboratorio “Dinámica de Comunidades”, en la F.C. UNAM.

Con la información obtenida se generó una base de datos, en la cual se clasificaron las especies de acuerdo a su taxonomía (familia, género, y especie), forma de crecimiento, forma de vida, ciclo de vida, estatus migratorio, síndrome de dispersión, tipo de fruto y por último, con base en los datos de malezas de México publicados por CONABIO se determinó su estatus de maleza; además, se organizaron las especies de acuerdo a su periodo de floración y fructificación, y fueron clasificadas acorde al mes cuando registraron floración y/o fructificación, lo que dio como resultado patrones de comportamiento fenológicos.

### 3.3 Análisis de datos

Para conocer el patrón de la fenología reproductiva de las especies, se promedió la cantidad de flores y frutos jóvenes y maduros producidos cada mes y se determinó el porcentaje de individuos que presentaban estructuras reproductivas cada mes; para este trabajo se determinaron seis patrones de comportamiento fenológico. Respecto a la temporalidad, se definieron tres categorías para clasificar los eventos reproductivos de las especies:

- a) Especies con eventos reproductivos en la temporada seca, (diciembre a marzo).
- b) Especies con eventos reproductivos en la temporada de lluvias (julio a octubre).
- c) Especies con eventos reproductivos en ambas temporadas.

Las categorías utilizadas fueron las siguientes: a) continuas (se refiere a las especies que presentan estructuras reproductoras a lo largo de todo el año), b) subanuales (especies con varios ciclos cortos de reproducción a lo largo del año), y c) anuales (especies con un ciclo de producción de estructuras reproductoras al año).

Respecto a la duración de los eventos fenológicos, se refiere al tiempo en que permanecen las estructuras reproductoras, donde se incluyeron las siguientes categorías: a) breve (igual a un mes), b) intermedia (de uno a cuatro meses), y c) extendida (mayor de cuatro meses). La descripción de los patrones fenológicos se efectuó en dos niveles de análisis: 1) nivel comunitario, en la cual se consideró el número total de especies y su forma de crecimiento. 2) a nivel taxonómico, para lo cual se seleccionaron las especies de las familias que presentan el mayor número de especies.

## RESULTADOS

### 4.1 Fenología reproductiva a nivel comunidad

En los 13 meses de estudio se registró un total de 62 especies, 22 familias y 44 géneros con gran diversidad de formas de crecimiento: arbustos, árboles, hierbas perennes y hierbas anuales.

Las familias mejor representadas fueron Asteraceae (23 especies), Solanaceae (6 especies), Rosáceae (6 especies), Lamiaceae (5 especies), Poaceae (3 especies), Apiaceae (2 especies), Caprifoliaceae (2 especies), Ericaceae (2 especies); mientras que Apocynaceae, Boraginaceae, Brassicaceae, Fabaceae, Garryaceae, Geraniaceae, Grossulariaceae, Onagraceae, Oxalidaceae, Plantaginaceae, Rubiaceae, Urticaceae y Verbenaceae registraron una especie.

Con relación a la temporalidad de las 62 especies monitoreadas, **se observó floración en 58 especies** (*Ageratina glabrata*, *Acaena elongata*, *Ageratina asperiflora*, *Ageratina pazcuaneensis*, *Ageratina rivalis*, *Alchemilla procumbens*, *Archibaccharis hieracioides*, *Archibaccharis serratifolia*, *Arenaria lanuginosa*, *Baccharis cunferta*, *Bidens ostruthioides*, *Bromus carinatus*, *Cestrum anagyris*, *Cestrum nitidum*, *Cinna poiformis*, *Cirsium ehrenbergii*, *Dahlia coccinea*, *Descurainia impatiens*, *Duchesnea indica*, *Erigeron galeotti*, *Eupatorium glabratum*, *Fragaria mexicana*, *Fuchsia microphylla*, *Galium aschenbonii*, *Garrya laurifolia*, *Geranium seemannii*, *Hackelia mexicana*, *Lantana velutina*, *Lupinus campestris*, *Monotropa uniflora*, *Osmorhiza mexicana*, *Oxalis corniculata*, *Physalis glutinosa*, *Physalis orizabae*, *Pimpinella anisum* L., *Plantago australis*, *Ribes ciliatum*, *Rubus liebmanni*, *Rubus pumilus*, *Salvia elegans*, *Salvia fulgens*, *Salvia mexicana*, *Salvia microphylla*, *Salvia quesneniflora*, *Sambucus nigra*, *Senecio angulifolius*, *Senecio barbajohannis*, *Senecio callosus*, *Senecio sanguisorbae*, *Sigesbeckia jorullensis*, *Solanum*

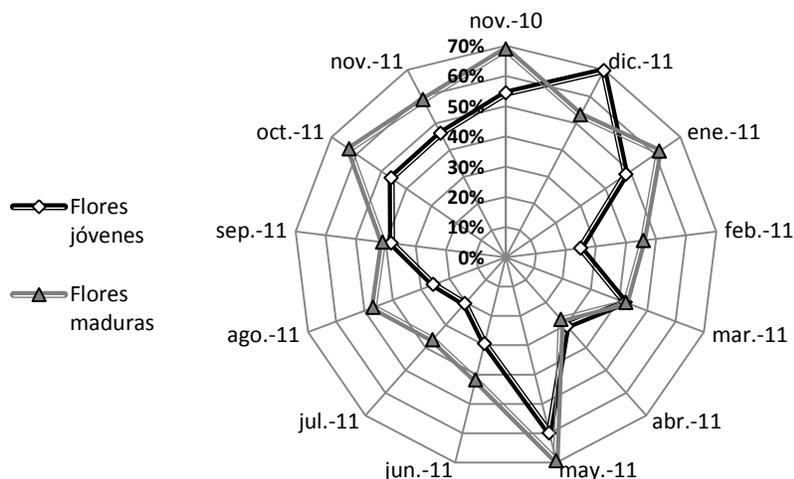
*cervantesii*, *Solanum nigrescens*, *Stevia monardifolia*, *Symphoricarpos microphyllus*, *Taraxacum officinale*, *Trisetum virletii*, *Urtica urens* y *Vinca major*).

Por su parte, **se describió la fructificación de 35 especies** (*Acaena elongata*, *Ageratina asperiflora*, *Ageratina pazcuaneensis*, *Alchemilla procumbens*, *Archibaccharis asperifolia*, *Archibaccharis hieracioides*, *Baccharis multiflora*, *Bidens triplinervia*, *Bromus carinatus*, *Cestrum anagyris*, *Cestrum nitidum*, *Chimaphila umbellata*, *Cinna poiformis*, *Dahlia coccinea*, *Eupatorium glabratum*, *Fuchsia microphylla*, *Geranium seemannii*, *Hackelia mexicana*, *Physalis glutinosa*, *Physalis orizabae*, *Plantago australis*, *Ribes ciliatum*, *Salvia fulgens*, *Salvia mexicana*, *Salvia microphylla*, *Salvia quesneniflora*, *Sambucus nigra*, *Senecio angulifolius*, *Senecio barbajohannis*, *Senecio sanguisorbae*, *Solanum cervantesii*, *Solanum nigrescens*, *Stevia monardifolia*, *Symphoricarpos microphyllus* y *Trisetum virletii*. Se registraron tres picos de alta productividad en ambos casos, donde se concentró un número mayor de especies específicamente en 3 meses, noviembre 2010 (temporada de secas), mayo 2010 (antes de la temporada de lluvias) y octubre 2010 (temporada de lluvias).

### **Periodo de floración**

El análisis de las 62 especies permitió observar alta producción en tres ocasiones durante el año de estudio para las flores jóvenes, específicamente en el mes de noviembre de 2010 (34 especies), diciembre 2011 (46 especies) y mayo 2011 (45 especies); mientras que las flores maduras sólo presentaron dos picos de alta producción noviembre 2010 (45 especies) y mayo 2011 (44 especies), en promedio la floración duró cuatro meses y se verifica preferentemente al inicio de la temporada seca pudiendo extenderse en algunos casos hasta la temporada lluviosa (Figura 4).

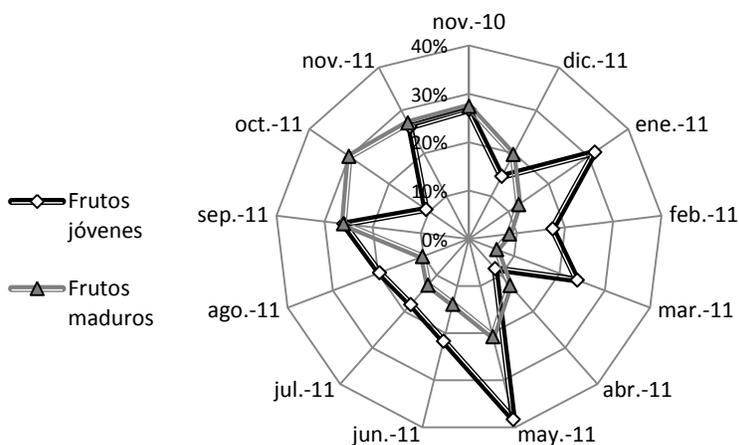
Con relación a los patrones de floración, 18 especies (31%) florecieron en un periodo de tiempo que abarca las lluvias hasta la temporada seca, mientras que 19 (33%) presentaron flores exclusivamente en la temporada seca y 21 (36%) en la temporada de lluvias (Figura 6).



**Figura 4.** Porcentaje de presencia de flores jóvenes (línea negra) y flores maduras (línea gris) para cada mes durante el tiempo de estudio en el bosque de *A. religiosa* en la cuenca del río Magdalena, México. D.F.

### Periodo de fructificación

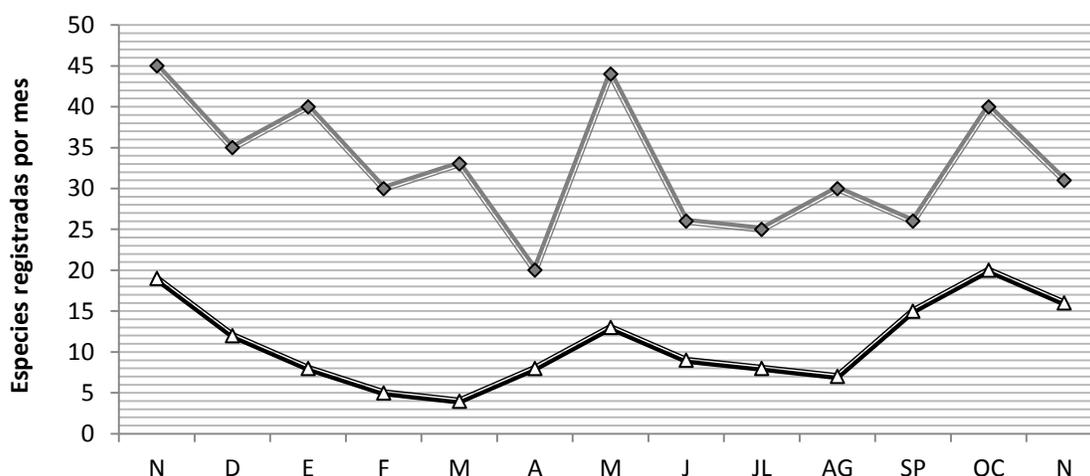
En promedio la fructificación varió entre uno a tres meses y sus picos de alta actividad estuvieron ubicados después de la temporada de lluvias, específicamente durante los meses de noviembre 2010 (19 especies), octubre 2011 (20 especies) y noviembre 2011 (16 especies).



**Figura 5.** Porcentaje de presencia de frutos jóvenes (línea negra) y frutos maduros (línea gris) para cada mes durante el tiempo de estudio en el bosque de *A. religiosa* en la cuenca del río Magdalena, México. D.F.

La proporción de flores y frutos maduros en relación a la precipitación promedio durante los 13 meses del estudio se presenta en la figura 6. Se observa que hay disponibilidad de estructuras reproductivas todo el tiempo, registrando picos en la presencia de especies con estructuras reproductivas.

Los patrones de fructificación registraron presencia de especies con frutos durante todo el año y semejante a la floración se registró un pico en mayo y otro en octubre, presentándose en 10 especies (28%) durante la temporada seca, en 15 especies (44%) durante la temporada lluviosa y en 10 especies (28%) en ambas temporadas.



**Figura 6. Especies de plantas vasculares registradas cada mes durante el año de estudio, patrón de floración (línea gris), patrón fructificación (línea negra) y meses del año (N= noviembre 2010 a N= noviembre 2011).**

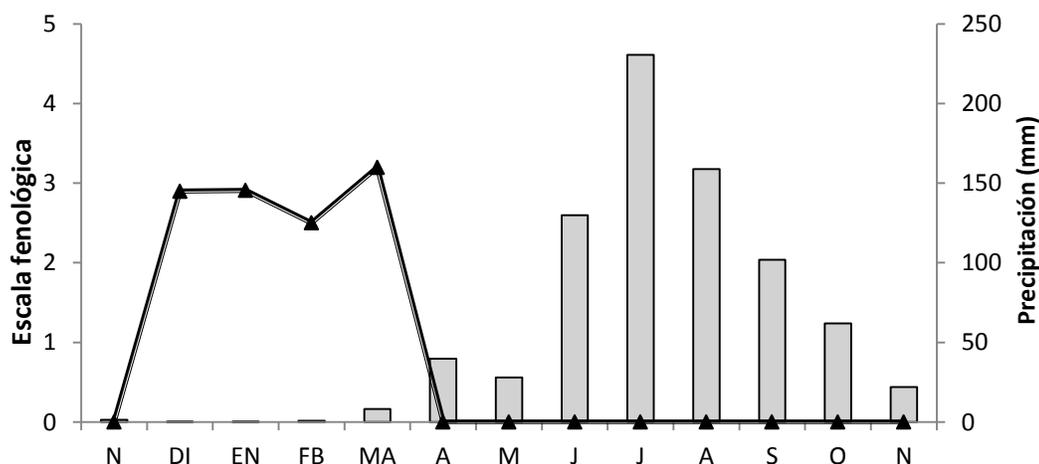
## 4.2 Patrones de floración

Las especies estudiadas mostraron patrones reproductivos que varían considerablemente a través del año de estudio, de las 62 especies, cuatro de ellas no registraron etapa de floración: (*Archibaccharis asperifolia*, *Baccharis multiflora*, *Bidens triplinervia* y *Chimaphila umbellata*). Por su parte 58 especies, lucieron estructuras florales (jóvenes y/o maduras), las cuales se agrupan en seis patrones de floración.

#### 4.2.1 Patrón de floración: “durante las secas”

Este patrón se conforma por un total de 16 especies, las cuales se dividen en 7 familias y 13 géneros; presentó flores maduras durante la temporada seca del año, específicamente en un periodo continuo regular que abarca de diciembre a marzo, se presentan temperaturas (15.4 °C) y niveles de precipitación bajos (2.25 mm).

La familia Asteraceae fue la mejor representada con un total de 8 especies, distribuidas en siete géneros, seguida de la familia Lamiaceae con dos especies, distribuidas en dos géneros; las familias restantes exhibieron sólo una especie. Las formas de crecimiento dominantes en este patrón fueron las herbáceas de las cuales 13 especies de este grupo presentan una distribución nativa para México, *Archibaccharis serratifolia* y *Bidens anthemoides* se comporta como maleza nativa, mientras que *Plantago major* y *Sigesbeckia jorullensis* poseen un estatus de malezas introducidas. En este patrón también se mostraron especies características de la estructura arbustiva del bosque de *Abies religiosa* como son *Ageratina rivalis*, *A. pazcuarnsis* y *Sigesbeckia jorullensis* (Figura 7-A, Cuadro 3).



**Figura 7-A.** Patrón “durante las secas” (línea negra), de las 62 especies que presentaron floración, éste patrón registró 16 especies de plantas vasculares durante cuatro meses (diciembre 2010 a marzo 2011). Las barras azules representan el **promedio de precipitación a partir de los datos de la estación meteorológica “Desviación Alta al Pedregal” y del Servicio Meteorológico Nacional para el D.F.** de noviembre del 2010 a noviembre del 2011.

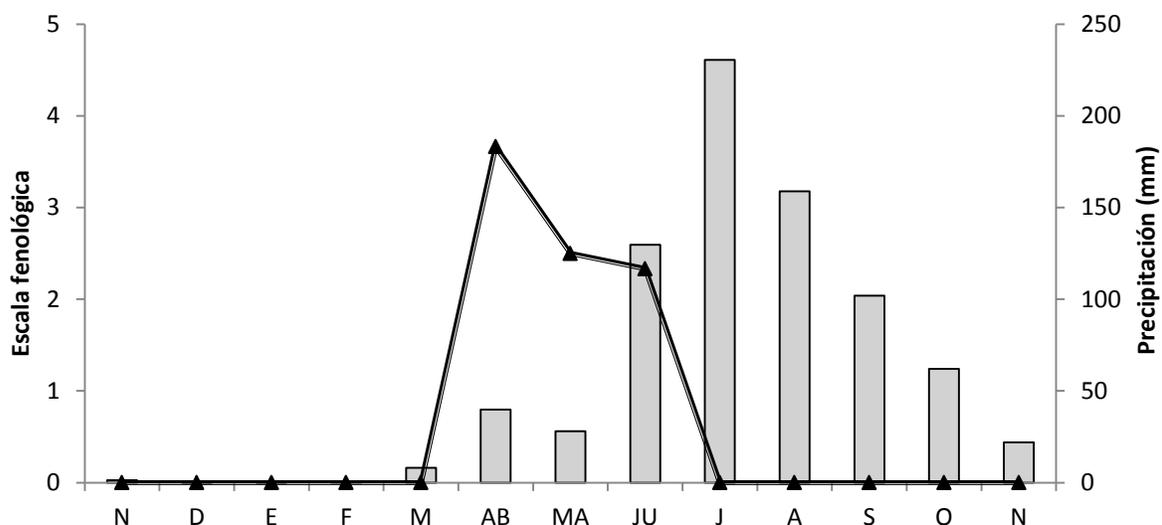
**Cuadro 3.** Lista de plantas vasculares del bosque de *Abies religiosa* de la cuenca del río Magdalena, D.F. registradas en el patrón de floración “*durante las secas*”. Se indica la forma de crecimiento, síndrome de dispersión, los meses del año (con letras mayúsculas, D= diciembre – M= marzo) y la fenología reproductiva representada en la escala porcentual de 5 puntos, propuesta por Fournier y Charpentier (1975), modificada por Carabias-Lillo y Guevara-Sada (1985).

Familia	Género	Especie	Forma de crecimiento	Síndrome de dispersión	D	E	F	M
Asteraceae	<i>Ageratina</i>	<i>Ageratina glabrata</i>	Arbusto (A)	pogonocoria	3			
Apocynaceae	<i>Vinca</i>	<i>Vinca major</i>	Herbácea (H)	pogonocoria			2	
Asteraceae	<i>Ageratina</i>	<i>Ageratina pazcuanesis</i>	Hierba erecta (He)	pogonocoria	3	3	2	3
Asteraceae	<i>Ageratina</i>	<i>Ageratina rivalis</i>	Arbusto (A)	pogonocoria		5	3	
Asteraceae	<i>Archibaccharis</i>	<i>Archibaccharis serratifolia</i>	Arbusto (A)	pogonocoria		2		
Asteraceae	<i>Baccharis</i>	<i>Baccharis cunferta</i>	Arbusto (A)	pogonocoria				4
Asteraceae	<i>Bidens</i>	<i>Bidens ostruthioides</i>	Herbácea (H)	esclerocoria	3			
Asteraceae	<i>Sigesbeckia</i>	<i>Sigesbeckia jorullensis</i>	Hierba erecta (He)	ixocoria	2	4	2	3
Asteraceae	<i>Stevia</i>	<i>Stevia monardifolia</i>	Hierba erecta (He)	pogonocoria	4		3	4
Lamiaceae	<i>Salvia</i>	<i>Salvia elegans</i>	Hierba erecta (He)	barocoria	2	3		2
Lamiaceae	<i>Salvia</i>	<i>Salvia fulgens</i>	Arbusto (A)	sarcocoria	3	2	2	
Poaceae	<i>Cinna</i>	<i>Cinna poiformis</i>	Hierba perenne (Hp)	esclerocoria	3			
Rosáceae	<i>Rubus</i>	<i>Rubus liebmanni</i>	Arbusto (A)	sarcocoria			3	
Solanaceae	<i>Cestrum</i>	<i>Cestrum anagyris</i>	Arbusto (A)	sarcocoria		2	2	
Solanaceae	<i>Physalis</i>	<i>Physalis glutinosa</i>	Hierba erecta (He)	sarcocoria	3	2	3	
Verbenaceae	<i>Lantana</i>	<i>Lantana velutina</i>	Hierba erecta (He)	esclerocoria	3			

#### 4.2.2 Patrón de floración: “*antes de las lluvias*”

Este patrón se conforma por seis especies, se observaron flores maduras en un periodo establecido antes de la temporada de lluvias, específicamente en los meses de abril a junio. Se presentan temperaturas de 20.06 °C y niveles de precipitación medianos en comparación del mayor registrado 65.86 mm. El pico de floración se observó en abril. Para este patrón no se registró familia o género dominante, sin embargo todas las especies mostraron una forma de crecimiento herbáceo.

Las seis especies presentan un estatus de origen nativo para México siendo *Descurainia impatiens* y *Oenothera rosea* malezas nativas y *Urtica urens* maleza introducida (Figura 7-B, Cuadro 4).



**Figura 7-B.** Patrón de floración “antes de las lluvias” (línea negra), de las 62 especies que presentaron floración, éste patrón registró 6 especies de plantas vasculares durante tres meses (de abril a junio del 2011). Las barras azules representan el **promedio de precipitación a partir de los datos de la estación meteorológica “Desviación Alta al Pedregal” y del Servicio Meteorológico Nacional para el D.F.** de noviembre del 2010 a noviembre del 2011.

**Cuadro 4.** Lista de plantas vasculares del bosque de *Abies religiosa* de la cuenca del río Magdalena, D.F. registradas en el patrón de floración “antes de las lluvias”. Se indica la forma de crecimiento, síndrome de dispersión, los meses del año (con letras mayúsculas, A= abril – J= junio) y la fenología reproductiva representada en la escala porcentual de 5 puntos, propuesta por Fournier y Charpentier (1975), modificada por Carabias-Lillo y Guevara-Sada (1985).

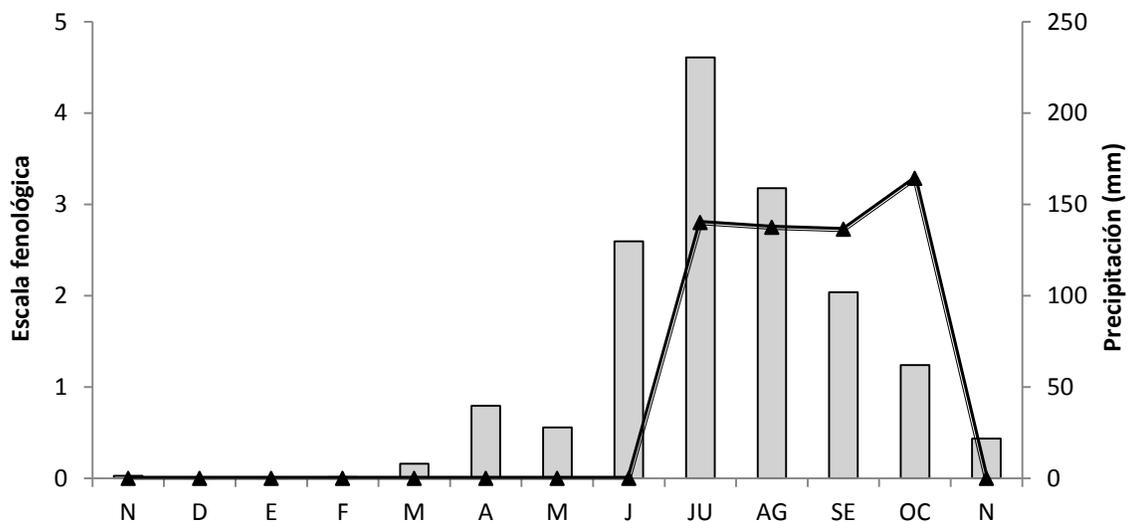
Familia	Género	Especie	Forma de crecimiento	Síndrome de dispersión	A	M	J
Asteraceae	<i>Cirsium</i>	<i>Cirsium ehrenbergii</i>	Hierba erecta (He)	pogonocoria	4	2	
Asteraceae	<i>Dahlia</i>	<i>Dahlia coccinea</i>	Hierba erecta (He)	barocoria	4	2	
Fabaceae	<i>Lupinus</i>	<i>Lupinus campestris</i>	Hierba erecta (He)	barocoria	3	3	2
Rosaceae	<i>Duchesnea</i>	<i>Duchesnea indica</i>	Hierba erecta (He)	sarcocoria		3	
Rosaceae	<i>Rubus</i>	<i>Rubus pumilus Focke</i>	Hierba erecta (He)	sarcocoria		3	3
Urticaceae	<i>Urtica</i>	<i>Urtica urens</i>	Hierba erecta (He)	esporocoria		2	2

#### 4.2.3 Patrón de floración: “durante las lluvias”

Este patrón se conforma por un total de 15 especies, se definió por la presencia de flores maduras durante la temporada de lluvias, específicamente en los meses de julio a octubre cuando se registran temperaturas más bajas al patrón anterior (17.6 °C) y los niveles de precipitación son los mayores alcanzados durante el estudio (138.32 mm).

El pico de floración se registró en octubre. Del total de especies de este patrón 13 familias se distribuyen en 14 géneros; mientras que la forma de crecimiento en once especies herbáceas, tres arbustivas y un árbol (*Garrya laurifolia*).

Las 15 especies de este patrón son nativas, de las cuales *Arenaria lanuginosa*, *Erigeron pubescens*, *Oxalis corniculata*, *Descurainia impatiens* y *Salvia mexicana* son malezas nativas para México. La especie que mayor porcentaje de flores presentó en la escala fenológica fue *Monotropa uniflora* con el 100% de flores maduras durante todos los meses de este patrón, (Figura 7-C, Cuadro 5).



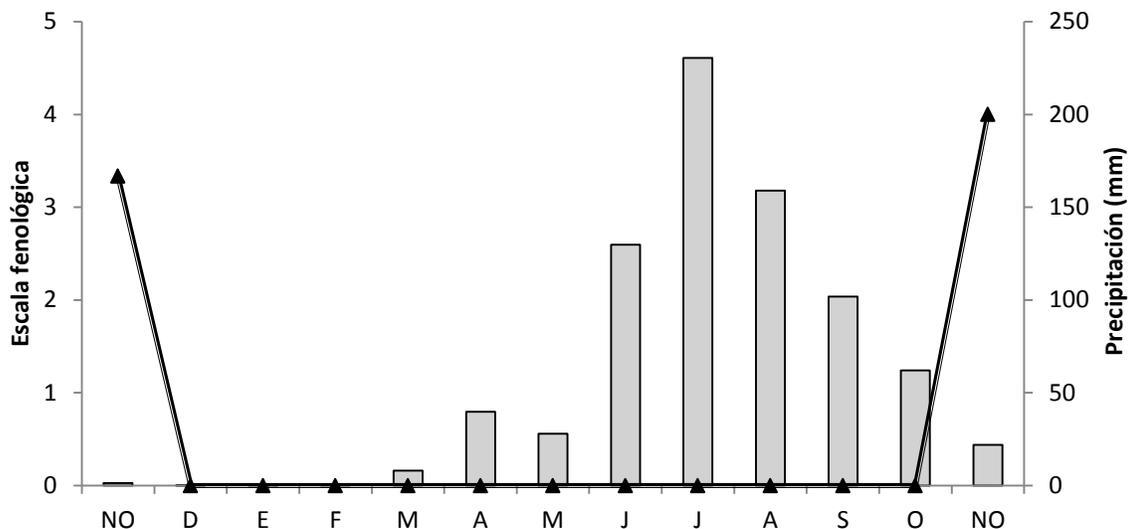
**Figura 7-C.** Patrón de floración “durante de las lluvias” (línea negra), de las 62 especies que presentaron floración, éste patrón registró 15 especies de plantas vasculares durante cuatro meses (julio a octubre del 2011). Las barras azules representan el **promedio de precipitación a partir de los datos de la estación meteorológica “Desviación Alta al Pedregal” y del Servicio Meteorológico Nacional para el D.F.** de noviembre del 2010 a noviembre del 2011.

**Cuadro 5.** Lista de plantas vasculares del bosque de *Abies religiosa* de la cuenca del río Magdalena, D.F. registradas en el patrón de floración “durante las lluvias”. Se indica la forma de crecimiento, síndrome de dispersión, los meses del año (con letras mayúsculas, JL= julio – O= octubre) y la fenología reproductiva representada en la escala porcentual de 5 puntos, propuesta por Fournier y Charpantier (1975), modificada por Carabias-Lillo y Guevara-Sada (1985).

Familia	Género	Especie	Forma de crecimiento	Síndrome de dispersión	JL	A	S	O
Apiaceae	<i>Pimpinella</i>	<i>Pimpinella anisum</i> L.	Hierba erecta (He)	esporocoria	3	2		
Asteraceae	<i>Ageratina</i>	<i>Ageratina asperiflora</i>	Arbusto (A)	pogonocoria		2	4	3
Asteraceae	<i>Ageratina</i>	<i>Arenaria lanuginosa</i>	Hierba erecta (He)	esporocoria	2		2	
Asteraceae	<i>Erigeron</i>	<i>Erigeron galeottii</i>	Hierba erecta (He)	esclerocoria	3			
Boraginaceae	<i>Hackelia</i>	<i>Hackelia mexicana</i>	Hierba erecta (He)	acantocoria			3	
Brassicaceae	<i>Descurainia</i>	<i>Descurainia impatiens</i>	Hierba erecta (He)	esporocoria	3	2	3	2
Caprifoliaceae	<i>Symphoricarpos</i>	<i>Symphoricarpos microphyllus</i>	Arbusto (A)	sarcocoria	2	3	2	
Ericaceae	<i>Monotropa</i>	<i>Monotropa uniflora</i>	Hierba erecta (He)	esporocoria	5	5	5	5
Garryaceae	<i>Garrya</i>	<i>Garrya laurifolia</i>	Árbol (Ar)	sarcocoria				2
Grossulariaceae	<i>Ribes</i>	<i>Ribes ciliatum</i>	Arbusto (A)	sarcocoria	3		3	
Lamiaceae	<i>Salvia</i>	<i>Salvia mexicana</i>	Hierba erecta (He)	esclerocoria	2	3	2	3
Oxalidaceae	<i>Oxalis</i>	<i>Oxalis corniculata</i>	Hierba erecta (He)	esporocoria	2	2	2	
Poaceae	<i>Bromus</i>	<i>Bromus carinatus</i>	Hierba erecta (He)	esclerocoria		3	2	5
Rosaceae	<i>Fragaria</i>	<i>Fragaria mexicana</i>	Hierba erecta (He)	sarcocoria				3
Rubiaceae	<i>Galium</i>	<i>Galium aschenbonii</i>	Hierba erecta (He)	sarcocoria		2	2	

#### 4.2.4 Patrón de floración: “después de las lluvias”

Este patrón se caracteriza por la presencia de flores maduras en un periodo de tiempo corto después de la temporada de lluvias (únicamente en el mes de noviembre 2010 y 2011), se expresaron durante las temperaturas más bajas (15.1 °C) y los niveles de precipitación bajos a comparación del mayor (11.65 mm), conformado únicamente por tres especies; todas herbáceas de origen nativo para México: *Trisetum virletii* presentan forma de vida hemicriptófito y es la especie con mayor porcentaje de flores maduras en la escala fenológica dentro de este patrón, (Figura 7-D, Cuadro 6).



**Figura 7-D.** Patrón de floración “después de las lluvias” (línea negra), de las 62 especies que presentaron floración, éste patrón registró 3 especies de plantas vasculares durante dos meses en diferentes temporadas (noviembre 2010 y noviembre 2011). Las barras azules representan el promedio de precipitación a partir de los datos de la estación meteorológica “Desviación Alta al Pedregal” y del Servicio Meteorológico Nacional para el D.F. de noviembre del 2010 a noviembre del 2011.

**Cuadro 6.** Lista de plantas vasculares del bosque de *Abies religiosa* de la cuenca del río Magdalena D.F. registradas en el patrón de floración “después de las lluvias”. Se indica la forma de crecimiento, síndrome de dispersión, los meses del año (con letras mayúsculas, N10= noviembre 2010 – N11= noviembre 2011) y la fenología reproductiva representada en la escala porcentual de 5 puntos, propuesta por Fournier y Charpentier (1975), modificada por Carabias-Lillo y Guevara-Sada (1985).

Familia	Género	Especie	Forma de crecimiento	Síndrome de dispersión	N10	N11
Apiaceae	<i>Osmorhiza</i>	<i>Osmorhiza mexicana</i>	Semi arbustiva (Sa)	esclerocoria	3	3
Asteraceae	<i>Archibaccharis</i>	<i>Archibaccharis hieracioides</i>	Hierba erecta (He)	esclerocoria	3	4
Poaceae	<i>Trisetum</i>	<i>Trisetum virletii</i>	Hierba erecta (He)	pogonocoria	4	5

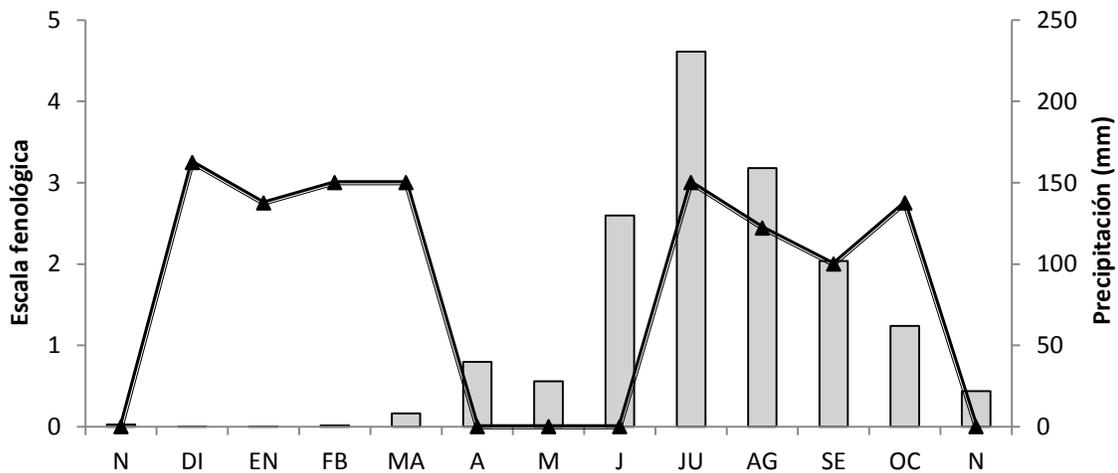
#### 4.2.5 Patrón de floración: “secas y lluvias”

Este patrón se caracterizó por la presencia de especies floreciendo en dos temporadas, la primera durante la temporada de secas (diciembre a marzo) y la segunda durante la temporada de las lluvias (julio a octubre), se conforma por un total de nueve especies, las familias mejor representadas son: *Asteraceae* y *Solanaceae* con un total de tres especies cada una, son representadas por tres y dos géneros respectivamente, mientras que el resto de las familias sólo una especie.

Todas las especies registradas en este patrón son contempladas con un estatus migratorio nativo (CONABIO, 2013); sin embargo *Sambucus nigra* (única especie arbórea en este patrón). Es catalogada por Hultén y Fries (1986) como especie introducida en América del norte. No obstante CONABIO (2013) la cataloga como especie nativa de México.

Por su parte, *Solanum nigrescens* presenta un estatus migratorio en México de nativa, con una distribución que abarca los estados de Baja California Norte, Campeche, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luís Potosí, Sinaloa, Tamaulipas, Tlaxcala y Veracruz (Villaseñor y Espinosa, 1998).

Cabe mencionar que *Baccharis conferta* es la especie con los valores más altos de presencia de flores maduras alcanzando en promedio el 75% en la escala fenológica, (Figura 7-E, Cuadro 7).



**Figura 7-E.** Patrón de floración “secas y lluvias” (línea negra), de las 62 especies que presentaron floración, éste patrón registró en 9 especies de plantas vasculares durante dos temporadas, ambas de cuatro meses (1<sup>era</sup> temporada: diciembre 2010 a marzo 2011; 2<sup>da</sup> temporada: julio 2011 a octubre 2011). Las barras azules representan el **promedio de precipitación a partir de los datos de la estación meteorológica “Desviación Alta al Pedregal” y del Servicio Meteorológico Nacional para el D.F. de noviembre del 2010 a noviembre del 2011.**

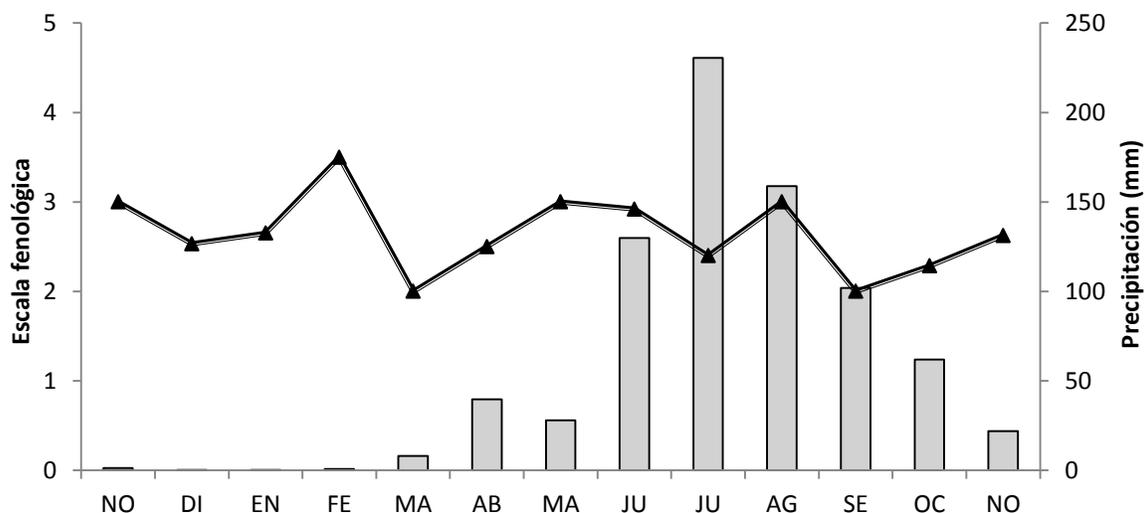
**Cuadro 7.** Lista de plantas vasculares del bosque de *Abies religiosa* de la cuenca del río Magdalena D.F. registradas en el patrón de floración “secas y lluvias”. Se indica la forma de crecimiento, síndrome de dispersión, los meses del año (con letras mayúsculas, D= diciembre – O= octubre) y la fenología reproductiva representada en la escala porcentual de 5 puntos, propuesta por Fournier y Charpentier (1975), modificada por Carabias-Lillo y Guevara-Sada (1985).

Familia	Género	Especie	Forma de crecimiento	Síndrome de dispersión	D	E	F	M	JL	A	S	O
Asteraceae	<i>Eupatorium</i>	<i>Eupatorium glabratum</i>	Hierba erecta (He)	sarcocoria		3			5			
Asteraceae	<i>Senecio</i>	<i>Senecio callosus</i>	Arbusto (A)	pogonocoria	3	2				2	2	3
Caprifoliaceae	<i>Sambucus</i>	<i>Sambucus nigra</i>	Hierba erecta (He)	esclerocoria		2	3	3	3	3		
Lamiaceae	<i>Salvia</i>	<i>Salvia microphylla</i>	Arbusto (A)	sarcocoria	3			3		2	2	2
Plantaginaceae	<i>Plantago</i>	<i>Plantago australis</i>	Hierba erecta (He)	pogonocoria	4				2			
Rosaceae	<i>Alchemilla</i>	<i>Alchemilla procumbens</i>	Arbusto (A)	sarcocoria		5		3	2	3		2
Solanaceae	<i>Cestrum</i>	<i>Cestrum nitidum</i>	Hierba erecta (He)	esclerocoria		2			3			
Solanaceae	<i>Solanum</i>	<i>Solanum cervantesii</i>	Hierba rastrera	sarcocoria	3	2	4		4	2		
Solanaceae	<i>Solanum</i>	<i>Solanum nigrescens</i>	Árbol (Ar)	sarcocoria	3			3	2			4

#### 4.2.6 Patrón de floración: “todo el año”

Este patrón está conformado por nueve especies que se caracterizaron por la presencia de flores maduras todo el año, se observó que la mayoría de las especies exhibieron periodos de floración continuos. La familia Asteraceae fue la mejor representada con un total de cuatro especies, distribuidas en dos géneros, las familias Lamiaceae, Onagraceae, Geraniaceae, Rosaceae y Solanaceae solo mostraron una especie. Las formas de crecimiento dominantes en este patrón fueron los arbustos con cinco especies. Este patrón se definió por la presencia de ocho especies con un estatus migratorio en México nativo, de las cuales *Acaena elongata*, *Geranium seemannii* y *Physalis chenopodifolia* son malezas nativas y sólo *Taraxacum officinale* es considerada maleza introducida.

Cabe resaltar que las otras cuatro especies que conforman este patrón son características de los bosques templados como *Salvia gesneraeflora*, *Senecio barbajohannis*, *S. cinerarioides* y *S. sanguisorbae*, para el año de este estudio se encontró que su disponibilidad de flores es considerable durante todo el año (Figura 7-F, Cuadro 8).



**Figura 7-F.** Patrón de floración “*todo el año*” (línea negra), de las 62 especies que presentaron floración, éste patrón registró 9 especies de plantas vasculares durante todo el año de estudio. Las barras azules representan el **promedio de precipitación a partir de los datos de la estación meteorológica “Desviación Alta al Pedregal” y del Servicio Meteorológico Nacional para el D.F. de noviembre del 2010 a noviembre del 2011.**

**Cuadro 8.** Lista de plantas vasculares del bosque de *Abies religiosa* de la cuenca del río Magdalena D.F. registradas en el patrón de floración “*todo el año*”. Se indica la forma de crecimiento, síndrome de dispersión, los meses del año, con letras mayúsculas, N10 (noviembre 2010) y N11 (noviembre 2011) y la fenología reproductiva representada en la escala porcentual de 5 puntos, propuesta por Fournier y Charpentier (1975), modificada por Carabias-Lillo y Guevara-Sada (1985).

Familia	Género	Especie	Forma de crecimiento	Síndrome de dispersión	N10	D	E	F	M	A	M	J	JL	A	S	O	N11	
Asteraceae	Senecio	<i>Senecio angulifolius</i>	Herbácea (H)	pogonocoria		2		4		3		2	2				2	
Asteraceae	Senecio	<i>Senecio barbajohannis</i>	Arbusto (A)	sarcocoria		3	3		2		3	3					2	4
Asteraceae	Senecio	<i>Senecio sanguisorbae</i>	Hierba erecta (He)	pogonocoria	3	2		3	2		3	2					2	4
Asteraceae	Taraxacum	<i>Taraxacum officinale</i>	Hierba erecta (He)	sarcocoria	3	4				3	3						4	2
Geraniaceae	Geranium	<i>Geranium seemannii</i>	Hierba erecta (He)	esclerocoria	2	3	3			2		5		5	2	2	2	
Lamiaceae	Salvia	<i>Salvia quesneniflora</i>	Arbusto (A)	acantocoria		2	3	4	2		2			2	2	2	2	
Onagraceae	Fuchsia	<i>Fuchsia microphylla</i>	Arbusto (A)	sarcocoria		2				2	2		3				2	2
Rosaceae	Acaena	<i>Acaena elongata</i>	Hierba erecta (He)	pogonocoria	2	2	2	3	2		3	2	2					
Solanaceae	Physalis	<i>Physalis orizabae</i>	Arbusto (A)	pogonocoria	4	2	2				4			2		2	3	

**Cuadro 9.** Resumen de los diferentes patrones de fructificación; se incluye los intervalos de precipitación y temperatura, la forma de crecimiento y los síndromes de dispersión más abundantes de cada patrón.

Patrón de floración	Periodo de actividad	No. de especies	Intervalo de temperatura (°C)	Intervalo de precipitación (mm)	Forma de crecimiento	Síndrome de dispersión
Durante las secas	De diciembre a marzo	16	13 – 17.4	0.1 - 8.1	Herbácea y arbustiva	Pogonocoria y sarcocoria
Antes de las lluvias	De abril a junio	6	18.8 – 20.1	39.8 – 129.8	Herbácea	Barocoria y esporocoria
Durante las lluvias	De julio a octubre	15	16.2 – 17.8	62 – 230.5	Arbórea, herbácea y arbustiva	Esporocoria y sarcocoria
Después de las lluvias	noviembre 2010 y noviembre 2011	3	14.9 – 15.3	1.4 – 21.9	Herbácea	Esclerócoria y pogonocoria
Secas y lluvias	diciembre-marzo y julio-octubre	9	Secas: 13 – 17.4 Lluvias: 16.2 – 17.8	Secas: 0.1 – 8.1 Lluvias: 62 – 230.5	Arbórea, herbácea y arbustiva	Pogonocoria y sarcocoria
Todo el año	De noviembre 2010 a noviembre 2011	9	Promedio: 17.12	Promedio: 60.24	Herbácea y arbustiva	Pogonocoria y sarcocoria

### 4.3 Patrones de fructificación

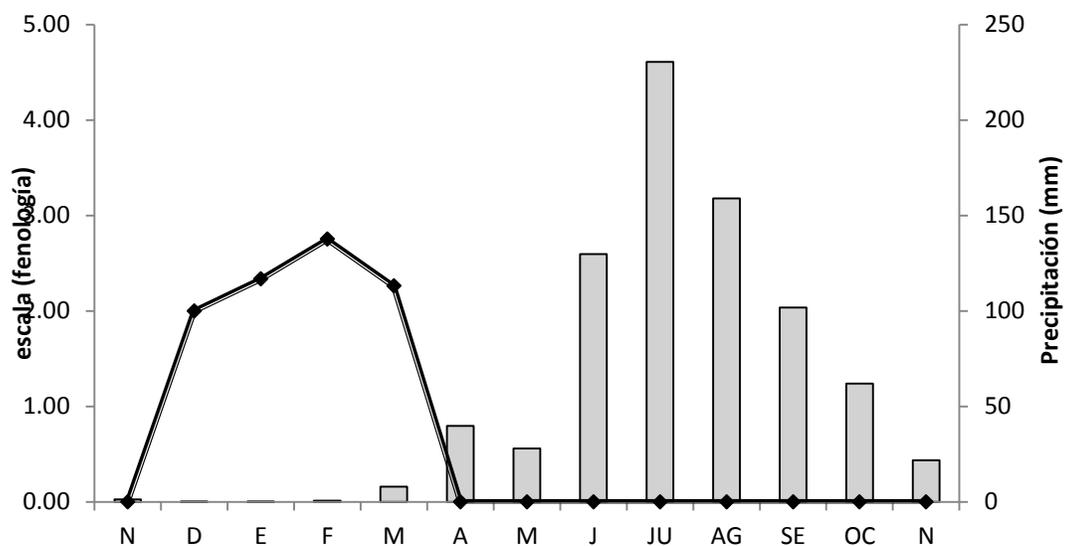
Posterior a la floración, se da el paso a la formación de frutos; los patrones de fructificación suelen estar desfasados a los de floración. La mayoría de las especies con frutos maduros se observaron después de la temporada de lluvias, presentando diásporas balócoras-barócoras (dispersión mecánica) y sarcócoras (dispersión por animales). En cuanto a los síndromes de dispersión, la dominante fue la mecánica con un 55%, le siguió la zoocoria con 27% y por último, con menor presencia la anemocoria con un 18%. Al igual que la floración, para este estudio la fructificación se agrupó en seis patrones de acuerdo a la presencia de frutos maduros en determinada temporada del año.

#### 4.3.1 Patrón de fructificación: “durante las secas”

Se conforma por un total de 4 especies, se definió por la presencia de frutos maduros durante la temporada seca (de diciembre del 2010 a marzo del 2011) específicamente en un periodo que abarca de diciembre a marzo, se presentan

temperaturas 15.4 °C y niveles de precipitación bajos 2.25 mm (Figura 8-A y Cuadro 10). Las formas de crecimiento que se presentaron en este patrón fueron las herbáceas con tres especies y una especie arbustiva, de las cuales cabe resaltar que 3 especies son contempladas con un estatus migratorio, mientras que *Urtica urens* se comportan como maleza introducida.

Con relación a los síndromes de dispersión *Bromus carinatus* y *Cinna poiformis* y *Urtica urens* ostentaron el síndrome esclerocoro, caracterizado por poseer diásporas sin estructuras especializadas aparentes para la dispersión. Por su parte *Cestrus anagyris* presenta el síndrome de dispersión sarcócoro con frutos tipo baya, característico del estrato arbustivo de este tipo de vegetación.



**Figura 8-A.** Patrón de fructificación “durante las secas” (línea negra), de las 35 especies que presentaron fructificación, éste patrón registró 4 especies de plantas vasculares, durante cuatro meses (diciembre 2010 a marzo 2011). Las barras azules representan el **promedio de precipitación a partir de los datos de la estación meteorológica “Desviación Alta al Pedregal” y del Servicio Meteorológico Nacional para el D.F.** de noviembre del 2010 a noviembre del 2011.

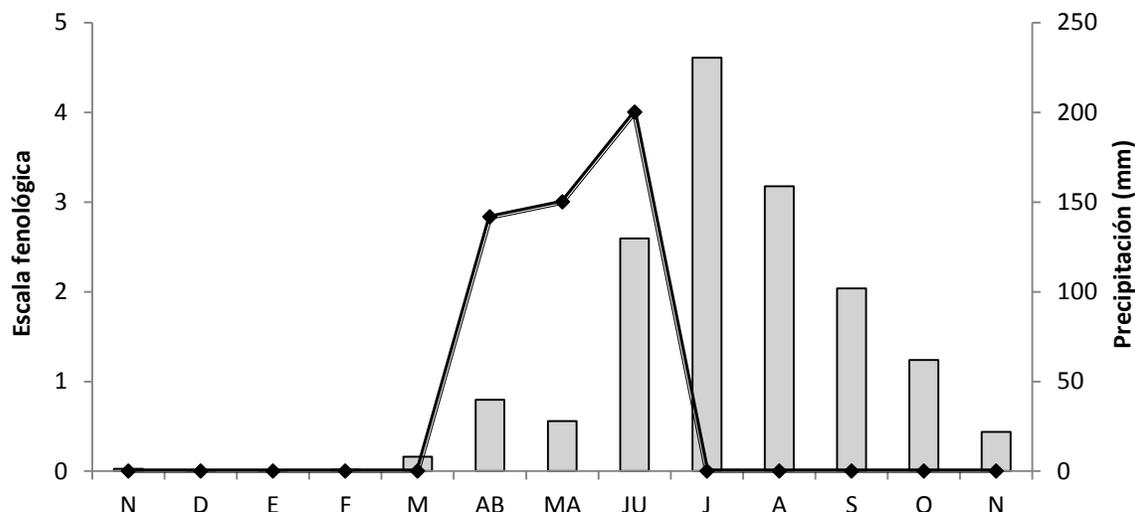
**Cuadro 10.** Lista de plantas vasculares del bosque de *Abies religiosa* de la cuenca del río Magdalena D.F. registradas en el patrón de fructificación “durante las secas”. Se indica la forma de crecimiento, síndrome de dispersión, los meses del año (con letras mayúsculas, D= diciembre – M= marzo) y la fenología reproductiva representada en la escala porcentual de 5 puntos, propuesta por Fournier y Charpantier (1975), modificada por Carabias-Lillo y Guevara-Sada (1985).

Familia	Género	Especie	Forma de crecimiento	Síndrome de dispersión	D	E	F	M
Poaceae	<i>Bromus</i>	<i>Bromus carinatus</i>	Hierba erecta (He)	Esclerocoria		2	2	
Solanaceae	<i>Cestrum</i>	<i>Cestrum anagyris</i>	Arbusto (A)	Esclerocoria	2		3	
Poaceae	<i>Cinna</i>	<i>Cinna poiformis</i>	Hierba perenne (Hp)	Esclerocoria		2	4	2
Asteraceae	<i>Dahlia</i>	<i>Dahlia coccinea</i>	Hierba erecta (He)	Barocoria		3	2	2

#### 4.3.2 Patrón de fructificación: “antes de las lluvias”

Este patrón se conforma por un total de siete especies, se caracteriza por la presencia de especies con frutos maduros antes de la temporada de lluvias (de abril a junio). Presenta un dominio de especies arbustivas (seis) y todas las especies que lo conforman poseen un estatus migratorio, aunque solo *Alchemilla procumbens* es una maleza nativa y la que presentó mayor porcentaje de frutos (Figura 8-B y Cuadro 11).

En este patrón se presenta un síndrome de dispersión conocido como sarcocoria, el cual aplica para *Cestrum nitidum*, *Fuchsia microphylla* y *Symphoricarpos microphyllus*; la dispersión de estas semillas es llevada a cabo por coyotes, venados, y diferentes especies de aves como los cuervos, los cuales se alimentan de estos frutos y defecan las semillas en diferentes sitios alejados de la planta progenitora, esta dispersión es propia de las diásporas con cubiertas carnosas. *Alchemilla procumbens*, *Baccharis multiflora*, *Senecio barba-johannis* presentan diásporas pequeñas y ligeras que son típicamente dispersadas por el viento y se les denomina anemocoria.



**Figura 8-B.** Patrón de fructificación “antes de las lluvias” (línea negra), de las 35 especies que presentaron fructificación, éste patrón registró 7 especies de plantas vasculares, durante tres meses (abril 2011 a junio 2011). Las barras azules representan el promedio de precipitación a partir de los datos de la estación meteorológica “Desviación Alta al Pedregal” y del Servicio Meteorológico Nacional para el D.F. de noviembre del 2010 a noviembre del 2011.

**Cuadro 11.** Lista de plantas vasculares del bosque de *Abies religiosa* de la cuenca del río Magdalena D.F. registradas en el patrón de fructificación “durante las secas”. Se indica la forma de crecimiento, síndrome de dispersión, los meses del año (con letras mayúsculas, A= abril – J= junio) y la fenología reproductiva representada en la escala porcentual de 5 puntos, propuesta por Fournier y Charpantier (1975), modificada por Carabias-Lillo y Guevara-Sada (1985).

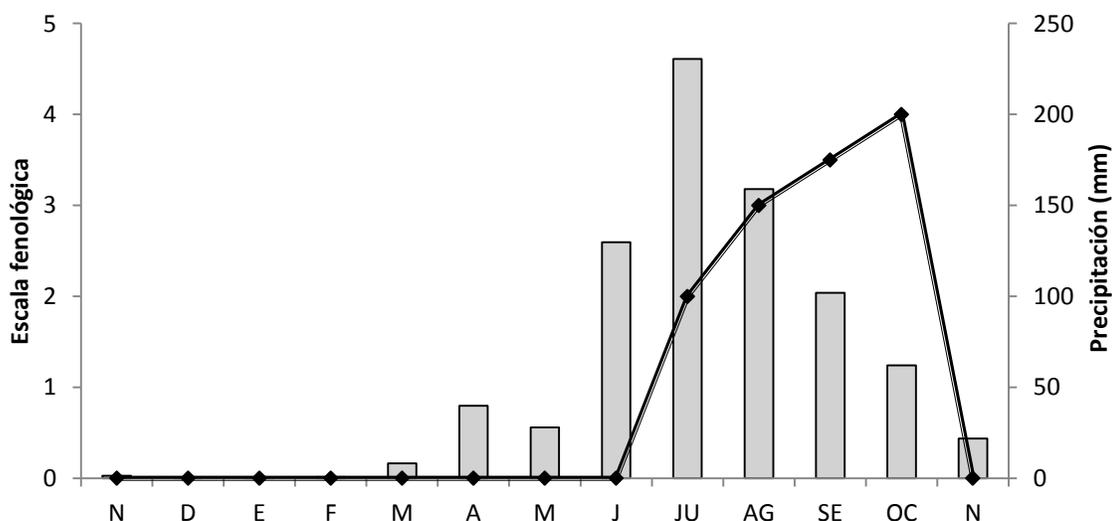
Familia	Género	Especie	Forma de crecimiento	Síndrome de dispersión	A	M	J
Rosáceae	<i>Alchemilla</i>	<i>Alchemilla procumbens</i>	Arbusto (A)	Sarcocoria	5		4
Asteraceae	<i>Baccharis</i>	<i>Baccharis multiflora</i>	Arbusto (A)	Pogonocoria		2	2
Solanaceae	<i>Cestrum</i>	<i>Cestrum nitidum</i>	Hierba erecta (He)	Esclerocoria		3	4
Onagraceae	<i>Fuchsia</i>	<i>Fuchsia microphylla</i>	Arbusto (A)	Sarcocoria	2	3	3
Lamiaceae	<i>Salvia</i>	<i>Salvia microphylla</i>	Arbusto (A)	Sarcocoria	3	2	
Asteraceae	<i>Senecio</i>	<i>Senecio barbajohannis</i>	Arbusto (A)	Sarcocoria		3	
Caprifoliaceae	<i>Symphoricarpos</i>	<i>Symphoricarpos microphyllus</i>	Arbusto (A)	Sarcocoria	2	2	3

#### 4.3.3. Patrón de fructificación: “durante las lluvias”

Se conforma por un total de ocho especies, se definió por la presencia de frutos maduros durante la temporada de lluvias en los meses de julio a octubre, de las cuales se conformaron tres arbustivas y cinco herbáceas.

Las ocho especies de este patrón ostentan un estatus migratorio, de las cuales *Physalis chenopodifolia*, *Salvia mexicana* y *Solanum nigrescens* son malezas nativas, esta última fue la especie que mayor porcentaje de frutos presento dentro de la escala fenológica (Figura 8-C y Cuadro 12).

En este patrón, *Ageratina pazcuarensis*, *Senecio barba-johannis* y *Stevia monardifolia* presentan estructuras pogonocoras que son en su mayoría dispersadas por el viento, presentando como vector de dispersión la anemocoría. Otro síndrome de dispersión que se presentó fue el sarcócoro, que se observa en *Physalis chenopodifolia*, *Ribes ciliatum* y *Solanum nigrescens*, ya que presentan frutos carnosos y finalmente *Chimaphila umbellata* y *Salvia mexicana*, presentan diásporas que caen por su propio peso y tamaño y se alejan de la planta progenitora por medio del aire, a este síndromes de dispersión se le conoce como esclerócoria.



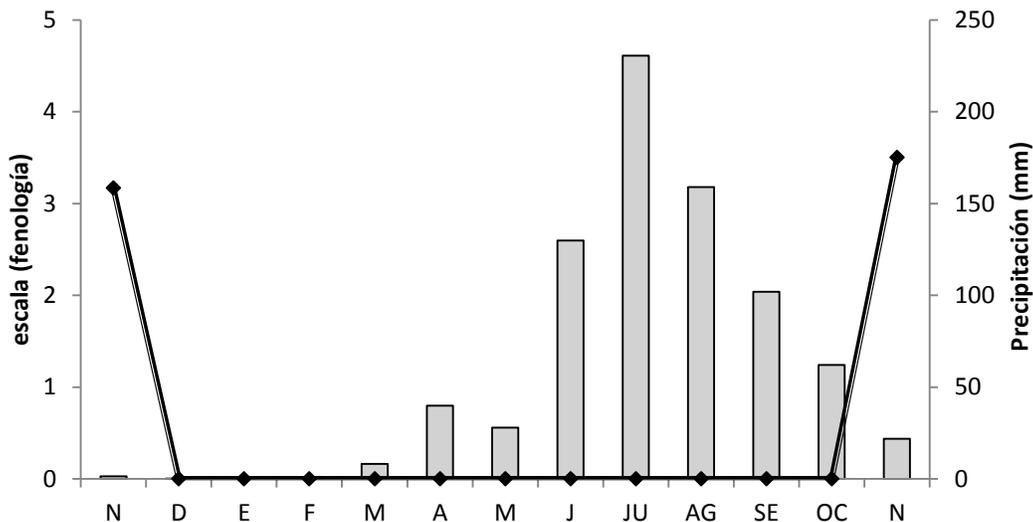
**Figura 8-C.** Patrón de fructificación “durante las lluvias” (línea negra), de las 35 especies que presentaron fructificación, éste patrón registró 8 especies de plantas vasculares, durante cuatro meses (julio 2011 a octubre 2011). Las barras azules representan el **promedio de precipitación a partir de los datos de la estación meteorológica “Desviación Alta al Pedregal” y del Servicio Meteorológico Nacional para el D.F.** de noviembre del 2010 a noviembre del 2011.

**Cuadro 12.** Lista de plantas vasculares del bosque de *Abies religiosa* de la cuenca del río Magdalena D.F. registradas en el patrón de fructificación “*durante las lluvias*”. Se indica la forma de crecimiento, síndrome de dispersión, los meses del año (con letras mayúsculas, JL= julio – O= octubre) y la fenología reproductiva representada en la escala porcentual de 5 puntos, propuesta por Fournier y Charpentier (1975), modificada por Carabias-Lillo y Guevara-Sada (1985).

Familia	Género	Especie	Forma de crecimiento	Síndrome de dispersión	JL	A	S	O
Asteraceae	<i>Ageratina</i>	<i>Ageratina pazcuanesis</i>	Hierba erecta (He)	Pogonocoria			2	3
Ericaceae	<i>Chimaphila</i>	<i>Chimaphila umbellata</i>	Hierba perenne (Hp)	Sarcocoria			2	
Solanaceae	<i>Physalis</i>	<i>Physalis glutinosa</i>	Hierba erecta (He)	Sarcocoria			3	
Grossulariaceae	<i>Ribes</i>	<i>Ribes ciliatum</i>	Arbusto (A)	Sarcocoria	2	2	3	
Lamiaceae	<i>Salvia</i>	<i>Salvia mexicana</i>	Hierba erecta (He)	Esclerocoria		2	3	3
Asteraceae	<i>Senecio</i>	<i>Senecio angulifolius</i>	Herbacea (H)	Pogonocoria	2			
Solanaceae	<i>Solanum</i>	<i>Solanum nigrescens</i>	Arbol (Ar)	Sarcocoria	2		4	5
Asteraceae	<i>Stevia</i>	<i>Stevia monardifolia</i>	Hierba erecta (He)	Pogonocoria	2	4		

#### 4.3.4 Patrón de fructificación: “*después de las lluvias*”

Este patrón se caracteriza por la presencia de frutos maduros en un periodo corto de 30 días después de la temporada de lluvias (noviembre); está conformado por seis especies perennes, tres arbustivas y tres herbáceas. Todas las especies de este patrón son nativas; solo *Archibaccharis asperifolia* posee un estatus de nativa (Figura 8-D, Cuadro 13).



**Figura 8-D.** Patrón de fructificación “*después de las lluvias*” (línea negra), de las 35 especies que presentaron fructificación, éste patrón registró 6 especies de plantas vasculares, en únicamente en un mes (noviembre 2010). Las barras azules representan el **promedio de precipitación a partir de los datos de la estación meteorológica “Desviación Alta al Pedregal” y del Servicio Meteorológico Nacional para el D.F.** de noviembre del 2010 a noviembre del 2011.

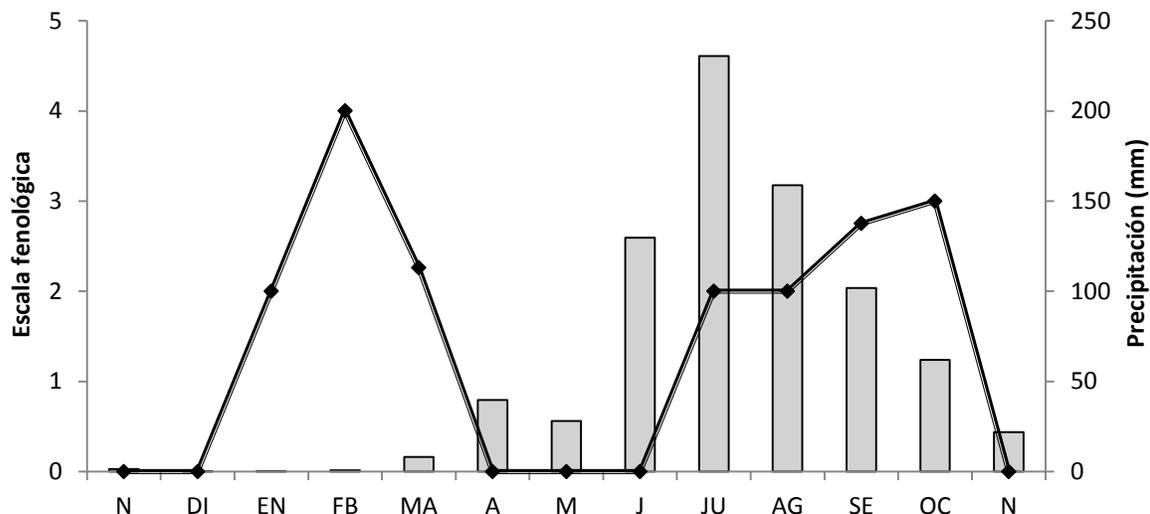
**Cuadro 13.** Lista de plantas vasculares del bosque de *Abies religiosa* de la cuenca del río Magdalena D.F. registradas en el patrón de fructificación “*después las lluvias*”. Se indica la forma de crecimiento, síndrome de dispersión, los meses del año (con letras mayúsculas, N10= noviembre 2010 – N11= noviembre 2011) y la fenología reproductiva representada en la escala porcentual de 5 puntos, propuesta por Fournier y Charpantier (1975), modificada por Carabias-Lillo y Guevara-Sada (1985).

Familia	Género	Especie	Síndrome de dispersión	N10	N11
Asteraceae	<i>Ageratina</i>	<i>Ageratina asperiflora</i>	pogonocoria	2	
Asteraceae	<i>Archibaccharis</i>	<i>Archibaccharis asperifolia</i>	sarcocoria	4	3
Asteraceae	<i>Archibaccharis</i>	<i>Archibaccharis hieracioides</i>	esclerocoria	4	
Asteraceae	<i>Bidens</i>	<i>Bidens triplinervia</i>	esporocoria	2	
Plantaginaceae	<i>Platago</i>	<i>Platago australis</i>	pogonocoria	3	
Lamiaceae	<i>Salvia</i>	<i>Salvia fulgens</i>	sarcocoria	4	4

#### 4.3.5 Patrón de fructificación: “*secas y lluvias*”

Está conformado por especies que fructificaron en dos temporadas, la de secas (de diciembre a marzo) y la de lluvias (de julio a octubre), se conforma por un total de seis especies.

Todas las especies registradas en este patrón son nativas para México. Sin embargo *Geranium seemanii* y *Sambucus nigra* son malezas nativas (Figura 8-E, Cuadro 14). *Physalis orizabae* y *S. nigra* presentan el síndrome de dispersión sarcócora (semillas y frutos con arilo); con la presencia de frutos carnosos posiblemente dispersadas por animales, mientras que las otras tres especies que caracterizan este patrón presentan el síndrome de dispersión anemócora (dispersadas por viento).



**Figura 8-E.** Patrón de fructificación “secas y lluvias” (línea negra), de las 35 especies que presentaron fructificación, éste patrón registró 6 especies de plantas vasculares, durante dos temporadas, ambas de cuatro meses (1<sup>era</sup> temporada: diciembre 2010 a marzo 2011; 2<sup>da</sup> temporada: julio 2011 a octubre 2011). Las barras azules representan el **promedio de precipitación a partir de los datos de la estación meteorológica “Desviación Alta al Pedregal” y del Servicio Meteorológico Nacional para el D.F.** de noviembre del 2010 a noviembre del 2011.

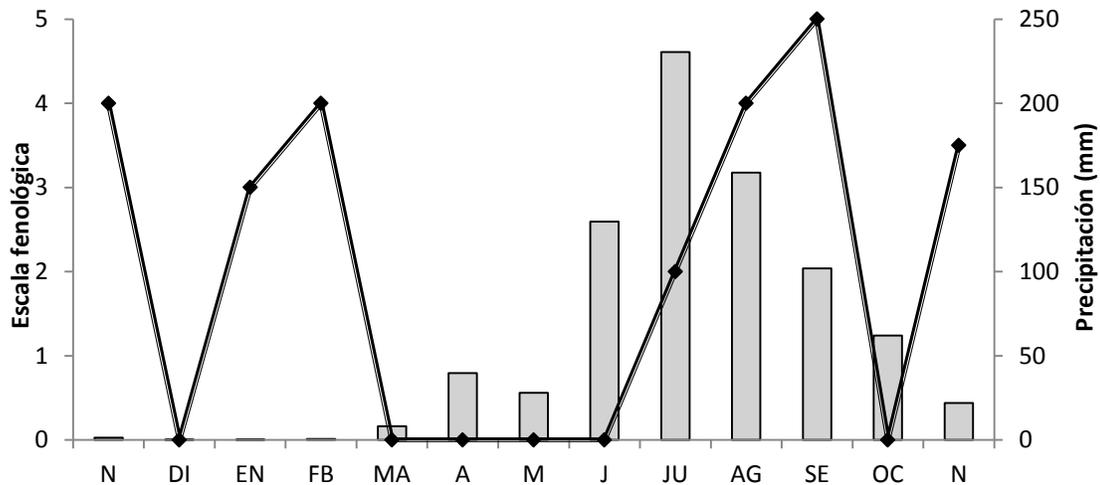
**Cuadro 14.** Lista de plantas vasculares del bosque de *Abies religiosa* de la cuenca del río Magdalena D.F. registradas en el patrón de fructificación “secas y lluvias”. Se indica la forma de crecimiento, síndrome de dispersión, los meses del año (con letras mayúsculas, D= diciembre – O= octubre) y la fenología reproductiva representada en la escala porcentual de 5 puntos, propuesta por Fournier y Charpentier (1975), modificada por Carabias-Lillo y Guevara-Sada (1985).

Familia	Género	Especie	Forma de crecimiento	Síndrome de dispersión	D	E	F	M	JL	A	S	O
Asteraceae	<i>Eupatorium</i>	<i>Eupatorium glabratum</i>	Hierba erecta (He)	Sarcocoria			2			2		
Geraniaceae	<i>Geranium</i>	<i>Geranium seemannii</i>	Hierba erecta (He)	Barocoria	2	2		4	4		3	2
Solanaceae	<i>Physalis</i>	<i>Physalis orizabae</i>	Arbusto (A)	Pogonocoria	3	3	3			3	3	5
Lamiaceae	<i>Salvia</i>	<i>Salvia quesneniflora</i>	Arbusto (A)	Acantocoria	2	2				3	3	
Caprifoliaceae	<i>Sambucus</i>	<i>Sambucus nigra</i>	Hierba erecta (He)	Esclerocoria		2		3	4	5		4
Poaceae	<i>Trisetum</i>	<i>Trisetum virletii</i>	Hierba erecta (He)	Pogonocoria		3	4				5	

#### 4.3.6 Patrón de fructificación: “todo el año”

Este patrón está conformado por cuatro especies, las cuales mostraron frutos maduros durante todo el año. Todas las especies son nativas, *Acaena elongata* es maleza nativa. Muestra tres picos de producción de frutos (noviembre, febrero y septiembre). *Acaena elongata*, presenta frutos secos y colgantes de cortos pedicelos; se adhieren al pelaje o plumaje de los animales; por lo tanto este síndrome de

dispersión es conocido como acantocoría y el vector de dispersión suele ser la exozoocoría; además fue la especie con mayor número de registros. *Solanum cervantesii*, especie arbustiva presenta frutos carnosos y síndrome de dispersión sarcócora; estas tres especies posiblemente son dispersadas por animales (Figura 6-F y Cuadro 15).



**Figura 8-F.** Patrón de fructificación “todo el año” (línea negra), de las 35 especies que presentaron fructificación, éste patrón registró 4 especies de plantas vasculares, durante los 13 meses del año. Las barras azules representan el promedio de precipitación a partir de los datos de la estación meteorológica “Desviación Alta al Pedregal” y del Servicio Meteorológico Nacional para el D.F. de noviembre del 2010 a noviembre del 2011.

**Cuadro 15.** Lista de plantas vasculares del bosque de *Abies religiosa* de la cuenca del río Magdalena D.F. registradas en el patrón de fructificación “todo el año” los meses del año (con letras mayúsculas N10= noviembre 2010 – N11= noviembre 2011) y la fenología reproductiva representada en la escala porcentual de 5 puntos, propuesta por Fournier y Charpentier (1975), modificada por Carabias-Lillo y Guevara-Sada (1985).

Familia	Género	Especie	Síndrome de dispersión	N10	D	E	F	M	A	M	J	JL	A	S	O	N11
Rosaceae	<i>Acaena</i>	<i>Acaena elongata</i>	acantocoria	2		2	2	4		3	2	3	2	3	4	4
Boraginaceae	<i>Heckelia</i>	<i>Hackelia mexicana</i>	acantocoria	3				2	3	2				4	4	3
Asteraceae	<i>Senecio</i>	<i>Senecio sanguisorbae</i>	pogonocoria	2	2					3		3	4			
Solanaceae	<i>Solanum</i>	<i>Solanum cervantesii</i>	sarcocoria	2	3	3			2	2	4	2	2			

**Cuadro 16.** Resumen de los diferentes patrones de fructificación; se incluye los intervalos de precipitación y temperatura, la forma de crecimiento y los síndromes de dispersión más abundantes de cada patrón.

Patrón de floración	Periodo de actividad	No. de especies	Intervalo de temperatura (°C)	Intervalo de precipitación (mm)	Forma de crecimiento	Síndrome de dispersión
Durante las secas	De diciembre a marzo	4	13 – 17.4	0.1 - 8.1	Herbácea y arbustiva	Esclerócoria y pogonocoria
Antes de las lluvias	De abril a junio	7	18.8 – 20.1	39.8 – 129.8	Herbácea y arbustiva	Sarcocoria
Durante las lluvias	De julio a octubre	8	16.2 – 17.8	62 – 230.5	Arbórea, herbácea y arbustiva	Sarcocoria
Después de las lluvias	noviembre 2010 y noviembre 2011	6	15.3 – 14.9	1.4 – 21.9	Herbácea y arbustiva	Esclerócoria, pogonocoria y sarcocoria
Secas y lluvias	diciembre-marzo y julio-octubre	6	Secas: 13 – 17.4 Lluvias: 16.2 – 17.8	Secas: 0.1 – 8.1 Lluvias: 62 – 230.5	Herbácea y arbustiva	Pogonocoria y sarcocoria
Todo el año	De noviembre 2010 a noviembre 2011	4	Promedio: 17.12	Promedio: 60.24	Herbácea	Acantocoria, pogonocoria y sarcocoria

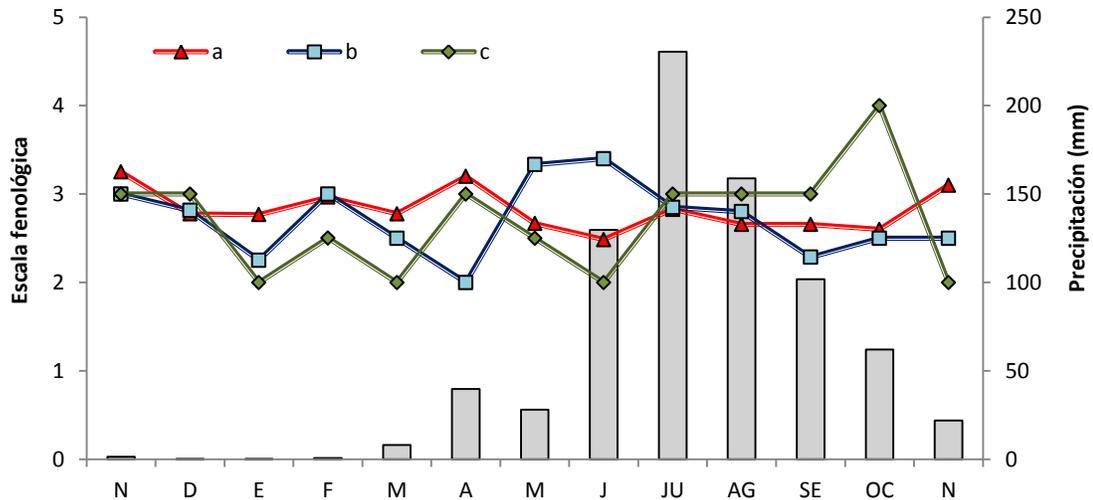
#### 4.4 Fenología de especies nativas, introducidas y malezas

##### Floración

De las 62 especies monitoreadas en el estudio, 58 presentaron floración; de las cuales, 38 son especies características del bosque de *Abies religiosa*, entre las que destacan en su mayoría especies con ciclo de vida perenne *Ageratina pazcuaneensis*, *Baccharis cunferta*, *Salvia elegans*, *Garrya laurifolia*, *Senecio sanguisorbae*, entre otros. Se describieron trece especies como malezas nativas y ocho poseen estatus de malezas introducidas, en los tres casos se registraron varias concurrencias en los picos de floración (Figura 9-A). Se observa que las especies de las tres categorías mostraron picos de floración y de fructificación en distintos meses, de duración e intensidad variables entre ellos, siendo más evidente esta variabilidad o asincronía en la segunda que en la primera (Figuras 9-A y 9-B).

La floración de las especies introducidas mostró su mayor intensidad y duración de mayo a junio, mientras que las malezas nativas mostraron su pico de floración en octubre, al final de la temporada lluviosa.

El pico de floración de las especies introducidas fue asincrónico con los mostrados por las especies típicas de bosque y las malezas nativas (Figura 9-A).

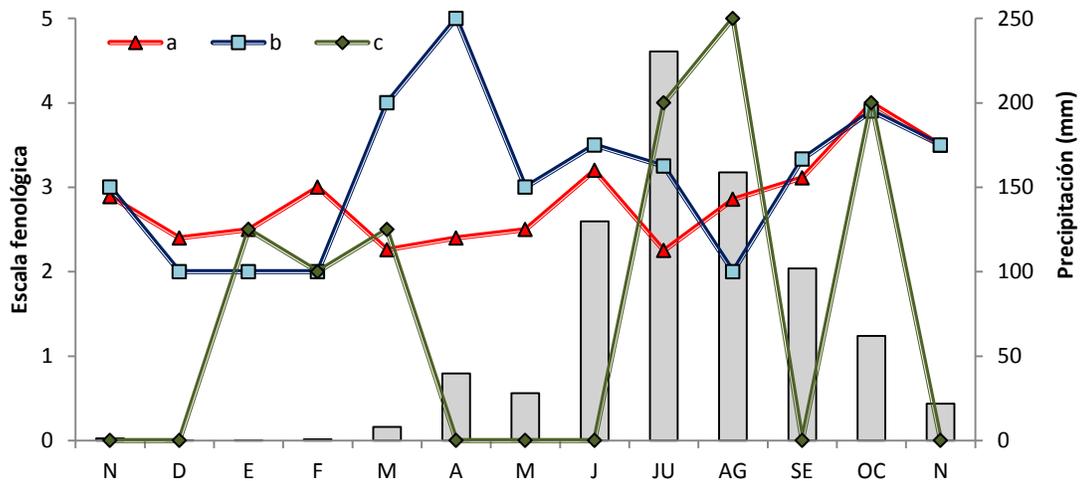


**Figura 9-A:** Patrón de floración para especies de distintos estatus migratorios: a) especies características del bosque de *Abies religiosa* (línea roja), b) introducidas (línea azul) y c) malezas (línea verde). Las barras azules representan el **promedio de precipitación a partir de los datos de la estación meteorológica “Desviación Alta al Pedregal” y del Servicio Meteorológico Nacional para el D.F.** de noviembre del 2010 a noviembre del 2011.

## Fructificación

De las 62 especies monitoreadas en el estudio, 35 presentaron fructificación; de las cuales, 27 son descritas como especies características del bosque de *Abies religiosa* tales como *Dahlia coccinea*, *Eupatorium glabratum*, *Geranium seemannii*, *Hackelia mexicana* que destacan por su ciclo de vida anual a diferencia del resto de especies perennes que conforman este grupo. *Eupatorium glabratum*, *Physalis glutinosa*, *Salvia mexicana* y *Solanum nigrescens* son descritas como malezas nativas, mientras que *Acaena elongata*, *Sambucus nigra*, *Urtica urens* poseen un estatus de malezas nativas y *Vinca major* posee un estatus migratorio exótico (Figura 9-B). Destaca el pico de fructificación de las especies introducidas ocurrido en marzo-abril, periodo correspondiente a la temporada de secas, cuando no se presentaron los máximos de esta fase fenológica para las especies típicas de bosque templado ni para las malezas nativas (Figura 9.B).

Así mismo cabe notar que el patrón de fructificación de las malezas nativas presentó tres picos durante el año, siendo el máximo durante julio y agosto, que corresponde a la temporada de lluvias. Sólo en octubre (fin de la temporada de lluvias) se observó sincronía en la fructificación de las tres categorías de especies, sin olvidar que no fueron los máximos picos para las especies introducidas ni para las malezas nativas (Figura 9-B).



**Figura 9-B:** Patrón de fructificación para especies con distintos estatus migratorios a) especies características del bosque de *Abies religiosa* (línea roja), b) introducidas (línea azul) y c) malezas (línea verde). Las barras azules representan el **promedio de precipitación a partir de los datos de la estación meteorológica “Desviación Alta al Pedregal” y del Servicio Meteorológico Nacional para el D.F.** de noviembre del 2010 a noviembre del 2011.

## DISCUSIÓN

### 5.1 Fenología reproductiva a nivel comunitario

Las especies de la zona de estudio presentaron patrones de floración y fructificación con una marcada temporalidad durante el año. El pico de floración coincidió con el mes anterior a la temporada de lluvias (mayo) y cinco meses después se observaron los mayores valores de fructificación (al final de la temporada de lluvias). Estos patrones reflejan la influencia de las condiciones climáticas que prevalece en los bosques templados subhúmedos del país, específicamente en la CRM (Rzedowski, 1978; García, 1981; Challenger, 1998), así como la predominancia del componente herbáceo, el cual presenta su floración durante la estación lluviosa o húmeda del año (Croat, 1975; Ramírez y Seres, 1994; Batalha y Mantovani, 2000; Spina *et al.* 2001, Ramírez, 2002; Batalha y Martins, 2004). De la misma forma, la fructificación durante la temporada seca es una de las estrategias que exhiben muchas especies que presentan frutos secos, lo cual está directamente relacionado con una mayor eficiencia en la dispersión por viento, (Lieberman, 1982; Batalha y Mantovani, 2000; Justiniano y Fredericksen, 2000; Griz y Machado, 2001; Batalha y Martins, 2004); mientras que para algunas especies de frutos carnosos Bonilla-Valencia (2014) reportó que los valores de humedad ambiental y del suelo por arriba del 60% durante julio-agosto (estacionalidad lluviosa), están correlacionados positiva y significativamente con una mayor fructificación.

Los períodos cortos de floración, característicos de las especies de bosques templados ocurren en la temporada de mayores recursos (agua, temperaturas favorables, luz a través del dosel) lo que da como resultado un comportamiento fenológico en la comunidad vegetal (Batalha y Martins, 2004). En cambio en esta comunidad, por las diferentes características de relieve y su relativa estabilidad climática, se muestra una serie de especies con afinidad neártica y neotropical con floración ininterrumpida todo el año (Smith-Ramírez y Armesto, 1994; Martínez-

Romero, 1997). Se podría inferir que el bosque de *Abies religiosa* de la CRM presenta un comportamiento fenológico sincrónico en cuanto a las condiciones climáticas.

Sin embargo en éste estudio la mayoría de las especies florecieron en un periodo 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 (Martínez-Romero, 1997), además se manifiestan neblinas que aportan humedad al ambiente. Las especies que florecieron durante esta temporada 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 de bosques templados también se han 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 el bosque de *Abies religiosa* en la CRM la mayoría de las especies florecieron antes del inicio de la temporada de lluvias y hasta finales de ésta (35%) y de finales de las lluvias hasta finales de las secas de invierno (27%), así, el mayor número de especies que florecieron, se registró en la temporada de lluvias (53%); registrando un promedio de precipitación de 155.27 mm y 18.2 °C de temperatura.

En estudios diversos se ha mencionado que las especies arbóreas y algunas herbáceas perennes florecen en mayor proporción en la estación seca del año, lo cual puede estar relacionado con la mayor disponibilidad y/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 Nepomuceno, 1986; Bello, 1994; Murali y Sukumar, 1994; León de la Luz *et al.*, 1996; Rivera, G. y Borchert, R. 2001; Spina *et al.*, 2001; Lemus-Jiménez y Ramírez, 2003), cabe mencionar que en el sitio de estudio Bonilla-Valencia (2014) encontró una correlación positiva y significativa entre la apertura del dosel, la cantidad de luz a nivel del sotobosque y la floración de una especie arbórea (*Sambucus Nigra*).

Se pueden comparar los comportamientos fenológicos observados con los registrados por Castillo y Carabias-Lillo (1982) y Hernández y Carreón (1987), los cuales observaron el pico máximo de floración a mediados de la temporada de lluvias. El síndrome de dispersión predominante en las especies herbáceas y arbustivas observadas en este estudio fue la anemocoria, es decir, la mayor parte de las diásporas fueron dispersadas por el viento. Los periodos de fructificación para las especies anemócoras se registraron en su mayoría durante la temporada seca, registrando además la mayor riqueza y abundancia de diásporas en la lluvia de semillas para este sitio de estudio (Martínez-Orea *et al.*, 2014).

Según Croat (1969) ante menores valores de precipitación durante la estación seca, se observa un marcado incremento en la caída de hojas, de manera que la cobertura vegetal será menor por lo que la intensidad del viento tendrá un efecto positivo para la dispersión de semillas de dichas especies.

La relación que muestran los mecanismos de dispersión con la estacionalidad de la fructificación ha sido abordada en varios estudios realizados en ambientes templados, en los que se reporta que la mayoría de los frutos secos se dispersan 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; Martínez-Orea *et al.*, 2013 y 2014).

## **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 en ambientes templados (Croat, 1975; Ibarra-Manríquez *et al.*, 1991; Lemus-Jiménez y Ramírez, 2003; Batalha y Martins, 2004; Joshi y Janarthaman, 2004).

Los arbustos florecieron y mostraron frutos maduros prácticamente durante todo el año, lo que concuerda con lo encontrado en otros estudios en bosques templados (Bhat y Murali, 2001; Spina *et al.*, 2001; Lemus-Jiménez y Ramírez, 2003; Joshi y Janarthaman, 2004, Bonilla-Valencia, 2014). 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 esa razón, la mayoría de las especies arbustivas presentan frutos secos 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 periodos de tiempo 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 alcanzando su pico de floración en octubre y noviembre (después de las lluvias). Janzen (1967) y Rathcke y Lacey (1985) indican que la mayoría de las herbáceas anuales y perennes muestran su crecimiento vegetativo durante la temporada lluviosa, y meses después la floración y fructificación, lo cual explica por qué la floración empieza uno o dos meses después del inicio de la temporada lluviosa, específicamente en las hierbas anuales.

Las diferencias observadas en los patrones de floración 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*, *Baccharis conferta*, *Salvia elegans* y *S. mexicana*, permiten una mejor distribución y disponibilidad de recursos para sus respectivos polinizadores a lo largo del año. Un fenómeno semejante se observó en el matorral xerófilo de la reserva ecológica del Pedregal de San Ángel, donde las pocas especies que florecen en la temporada de secas 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 periodos de floración similares, en éste estudio se observó que la floración de las Asteráceas se presentó en dos periodos, de noviembre a junio (temporada seca e inicios de la temporada de lluvias) y de agosto a enero (temporada de lluvias y seca), aunque los valores máximos en la escala de floración de especies se encontró en este último periodo.

Wright y Calderón (1995) muestran que las Asteráceas en la selva alta de la isla Barro Colorado, en Panamá florecen durante la temporada seca y la de lluvias casi en igual número de especies. La mayoría de las especies de Asteraceae que pertenecen a un mismo género coincidieron en sus periodos de floración y fructificación. Las características morfológicas de las estructuras reproductoras de algunas especies congenéricas estuvieron fuertemente asociadas con su fenología; por ejemplo, las especies del género *Ageratina* que tienen cabezuelas de tamaños similares y con flores blancas, florecieron en un mismo periodo, lo que sugiere que sus polinizadores son similares y generalistas; se observaron otras especies de un mismo género con flores de diferentes colores, cuyos periodos de floración también coincidieron.

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 y Espinoza, 1998), es probable que la variación en la temporalidad de los eventos reproductivos de las especies estén influenciadas por factores, como la altitud, el tipo de hábitat, la heterogeneidad ambiental o la forma de crecimiento de las especies, entre otros.

En otro sentido, las Lamiaceas mostraron 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.

Entre las especies del género *Salvia* se detectó que las especies con flores azules se presentaron en la misma temporada, algunas de éstas tienen flores de tamaño similar, lo cual abre la posibilidad de interacciones de competencia por polinizadores. (Martínez-Romero, 1997; Galindo-Uribe y Hoyos-Hoyos, 2007; Post *et al.*, 2008).

#### **5.4 Fenología reproductiva de especies nativas (o comunes de bosque templado), introducidas y malezas**

Estos grupos de especies responden de manera diferencial a las condiciones del bosque así como a las modificaciones en sus condiciones bióticas y abióticas que los disturbios antropogénicos han causado dada su cercanía a una gran ciudad como es el caso del bosque bajo estudio. Es común que las especies de malezas tanto las nativas como las introducidas habiten sitios en los que hay una mayor disponibilidad de luz por la pérdida del dosel de *Abies religiosa* causada por la deforestación que provocan el desmonte, la creación de caminos, el pastoreo y la agricultura (Zavala *et al.*, 2003). Algunas malezas presentan una alta plasticidad y variabilidad en sus patrones fenológicos de floración y/o de fructificación, como parte de sus respuestas a los ambientes con las características mencionadas anteriormente (Primack, 1980; Bonilla-Valencia, 2014).

Las especies de las tres categorías mostraron picos asincrónicos de floración y fructificación. La variación en los tiempos de floración y/o fructificación de un grupo de especies con respecto a las otras especies que conforman una comunidad ya ha sido observada en numerosos ambientes (Primack, 1980), y las investigaciones sugieren que esta asincronía es observada a distintas escalas, una es aquella registrada entre las poblaciones de una especie distribuidas en su área de origen y distribución natural y las otras poblaciones de la especie en la región geográfica donde fue introducida intencional o accidentalmente. El otro tipo de asincronía consiste en la observada en el presente estudio: las especies introducidas mostraron picos de floración y/o fructificación cuando las especies de malezas nativas o aquellas típicas de bosque templado no lo hicieron.

Estas variaciones son importantes porque se correlacionan con el éxito reproductivo de las especies, por lo que tienen un valor selectivo importante (Munguía-Rosas *et al.*, 2011). La asincronía observada para el grupo de las especies introducidas en cuanto a sus picos de floración y/o fructificación se puede explicar de acuerdo a distintas teorías. Primero debemos considerar que para las especies introducidas encontradas en el bosque de la CRM aún no se conoce el tiempo que ha transcurrido desde su introducción y es probable que los tiempos de floración y fructificación de estas especies se encuentren aún en un proceso de ajuste a las condiciones de la comunidad, mientras se adaptan a esta, probablemente la mejor opción para ellas sea además evitar la competencia en el caso de la floración, por polinizadores.

La habilidad de las plantas introducidas para ajustar sus tiempos de reproducción a nuevos ambientes es crucial porque durante el proceso de colonización, la reproducción puede estar seriamente comprometida si las condiciones para la reproducción no son convenientes en el nuevo ambiente (Zavala *et al.*, 2003), esta adaptación o ajuste a la nueva comunidad constituye una teoría para explicar porque los tiempos de floración y/o fructificación de especies introducidas son asincrónicos con los de las especies de la comunidad y mientras ocurre este ajuste la competencia podría implicar mayores riesgos.

Cuando los tiempos de actividad reproductiva de las especies introducidas son sincrónicos con los de las especies de malezas nativas o las típicas de bosque, se dice que la competencia por polinizadores, por recursos para la maduración de los frutos y/o por dispersores, puede estar operando entre estos grupos de especies, como podría ser el caso del pico sincrónico entre ellos para la fructificación durante octubre. Se ha incluso identificado una correlación positiva entre la floración temprana y la abundancia local de especies introducidas, así como entre la duración de la estación reproductiva y el intervalo de distribución de estas especies, por lo que existe una fuerte relación entre la fenología reproductiva y la “invasibilidad” (Lloret *et al.*, 2005).

La sincronía en los procesos reproductivos entre especies también puede formar parte del llamado “mimetismo” característico de especies con un estatus migratorio de malezas, que se sincronizan con otras especies ya sea de cultivo o con las características del sistema, para producir sus frutos y que estos tengan mayores probabilidades de dispersión, también se ha observado en la floración (Barrett *et al.*, 1998). La sincronía puede representar ventajas o desventajas dependiendo de interacciones denso-dependientes (Rathcke y Lacey 1985). En términos generales la floración asincrónica entre individuos es más común entre especies arbóreas tropicales (Bawa 1983), pero la sincronía se incrementa con la estacionalidad y con el disturbio (Post *et al.*, 2008) y es favorecida en zonas templadas (Rathcke y Lacey 1985).

Por último, el caracterizar las variaciones fenológicas de las plantas introducidas y de aquellas que además se tornan “invasoras” puede incrementar nuestro entendimiento de su “invasibilidad” y de sus requerimientos para establecerse (Barrett *et al.*, 1998). El manejo de las especies nativas o introducidas categorizadas como malezas debe incluir su caracterización fenológica y de sus variaciones en escalas temporales y espaciales, ya que esto puede tener gran influencia sobre la efectividad de un control y monitoreo de estas especies (Ghersa y Holt 1995). Hasta ahora no hay muchos estudios de los límites ecológicos de la plasticidad fenológica de las malezas nativas, ni de las especies introducidas, por lo que se requieren más estudios en ambientes naturales.

## CONCLUSIONES

El estudio fenológico reproductivo de algunas especies del bosque de *Abies religiosa* de la CRM en el D.F. permitió comprender mejor algunos aspectos de la dinámica temporal de esta comunidad. Se concluye que las especies más abundantes mostraron un patrón fenológico estacional, con un mayor número de especies con estructuras reproductoras durante la temporada lluviosa e inicios de la seca. De las 62 especies monitoreadas, la mayoría florecieron (58) a diferencia de las que fructificaron (35) en un periodo que implicó un año de estudio (noviembre 2010 – noviembre 2011). De acuerdo a su forma de crecimiento las especies mostraron patrones fenológicos distintos en cuanto a su temporalidad, mientras que la frecuencia y la duración con que presentaron sus estructuras reproductoras fueron similares. A nivel de familia, las Asteráceas y Lamiáceas mostraron patrones fenológicos similares al observado para toda la comunidad.

Es importante señalar que aunque los resultados de este trabajo corresponden únicamente a un año de observación (de noviembre del 2010 a noviembre del 2011) y a las especies encontradas y monitoreadas en el bosque de *Abies religiosa* en la CRM, es el primer estudio orientado a la descripción de la fenología reproductiva a nivel de comunidad. Es necesario que se siga monitoreando la fenología reproductiva ya que permite conocer la dinámica y funcionamiento del bosque, así como evaluar la importancia que están tomando las malezas en función de su disponibilidad reproductiva. Los resultados de este estudio aportan información nueva sobre los patrones de comportamiento de las especies, en el bosque de *Abies religiosa*. Esta información será indudablemente valiosa para el mantenimiento y recuperación de este bosque.

## LITERATURA CITADA

- ✚ Abe, T. y Kamo, K. (2003). Seasonal change of floral frequency and composition of flower in cool temperate secondary forests in Japan. *Forest Ecology and Management*. (175): 153-162.
- ✚ Abu-Asab, M., Peterson, P., Shetler, S. y Orli, S. (2001). Earlier plant flowering in spring as a response to global warming in the Washington, DC. *Biodivers. Conserv.* (10):597–612 pp.
- ✚ Alencar, J., Almeida, R. y Fernández, N. (1979). Fenología de especies florestais em floresta tropical úmida de terra firme na Amazonía central. INPA. Manaus-Brasil. *Acta Amazonica*. (9):163-198 pp.
- ✚ Almeida-Leñero, L., Jujnovsky, J., Ramos, A., Espinosa, M., Nava, M. y Ordoñez, M. (2007). Manejo integral del ecosistema en la cuenca del río Magdalena, D.F. México. Aproximación para la evaluación de servicios ecosistémicos. En *Gaceta Ecológica Julio-Diciembre*, número especial 84-85. Instituto Nacional de Ecología. RELACYT-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Distrito Federal, México. pp. 53-64.
- ✚ Álvarez-Román, K. (2000). Geografía de la educación ambiental: algunas propuestas de trabajo en el Bosque de los Dinamos, área de conservación ecológica de la delegación Magdalena Contreras. Tesis de Licenciatura, Geografía. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 127 pp.
- ✚ Alvim, P. de T. y Alvim, R. (1978). Relation of climate to growth periodicity in tropical trees. In: *Tropical trees as living systems*. Cambridge University Press, New York. 445-464 pp.
- ✚ Arriaga, M. (1991). Fenología de 12 especies de la montaña de Guerrero, México: Elementos para su manejo en una comunidad campesina. Tesis de Licenciatura, Biología. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 95 pp.

- ✚ Arroyo, M., Armesto, J. y Villagrán, C. (1981). Plant phenological patterns in the high Andean Cordillera of Central Chile. *Journal of Ecology* (69): 205-233.
- ✚ Ávila Akerberg, V. (2002). La vegetación de la cuenca alta del río Magdalena: un enfoque florístico, fitosociológico y estructural. Tesis de Licenciatura, Biología. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 86 pp.
- ✚ Ávila Akerberg, V., González Hidalgo, B., Nava López, M. y Almeida-Leñero, L. (2008). A Haven of Floristic Diversity in Mexico City, the Magdalena River Watershed. *Journal of the botanical Research Institute of Texas*. (Vol. II, núm. 1): 605-619 pp.
- ✚ Azkue, M. (2002). La fenología como herramienta en la agroclimatología. Disponible en: <http://www.ceniap.gov.ve/pubdigital/monografias/fenologia.htm>.
- ✚ Bancroft, G., Bowman, R. y Sawicki, R. (2000). Rainfall, fruiting phenology, and the nesting season of White-crowned pigeons in the upper Florida Keys. *The Auk* 117 (2): 416-426.
- ✚ Barnes, D., Corrie, A., Whittington, M., Carvelho, M. y Gell, F. (1998). Coastal shellfish resource use in the Quirimba Archipelago, Mozambique. *J. Shellfish Res.* 17:51–58.
- ✚ Barrett, D., Garcia E. y Wayne, J. (1998). Textural modification of processing tomatoes. *Crit Rev Food Sci Nutr* (38): 173-258.
- ✚ Batalha, M. y Mantovani, W. (2000). Reproductive phenological patterns of cerrado plant species at the Pe-de-Gigante reserve (Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brazil): A comparison between the herbaceous and woody floras. *Revista Brasileira de Biología*, 60(1): 129-145.
- ✚ Batalha, M. y Martins, F. (2004). Reproductive phenology of the cerrado plant community in Emas National Park (Central Brazil). *Australian Journal of Botany* (52):149-161.
- ✚ Bawa, K. (1983). Patterns of flowering in tropical plants. In Jones, C.E. and Little, R.J. (Eds.). *Handbook of experimental pollination biology*. New York, USA. 394-410.

- ✚ Beaubien, E. y Freeland, H. (2000). Spring phenology trends in Alberta, Canada: links to ocean temperature. *International Journal of Biometeorology*, (44): 53-59.
- ✚ Bello, M. (1994). Fenología y biología del desarrollo de cinco especies de *Quercus* en Paracho y Uruapan, Michoacán. *Ciencia Forestal en México* (19) 75: 3-40.
- ✚ Bhat D. y Murali K., (2001). Phenology of understory species in Uttara Kannada district. Karnataka. *Current Science*. 81(7): 799-805.
- ✚ Bhat, D. y Murali, K. (2001). Phenology of understory species in Uttara Kannada district, Karnataka. *Current Science*, 81(7): 799-805.
- ✚ Bliss, L. C. (1971). Arctic and alpine plant life cycles. *Annual Review of Ecology and Systematics* 2: 405-438.
- ✚ Bojorge-García, M. (2006). Indicadores Biológicos de la calidad del agua en el río Magdalena, México, D.F. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 62 pp.
- ✚ Bonilla-Valencia, L. (2014). Fenología reproductiva de *Sambucus nigra* L. en la cuenca del río Magdalena D.F. Tesis de Licenciatura, Biología. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 76 pp.
- ✚ Borchert, R. (1994). Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forest trees. *Ecology*. (75):1437-1449.
- ✚ Bosch, J., Retana J. y Cerda X. (1997). Flowering phenology, floral traits and pollinator composition in an herbaceous Mediterranean plant community. *Oecologia*. (109): 583-591.
- ✚ Bradley, N., Leopold A., Ross J. y Huffaker W. (1999). Phenological changes reflect climate change in Wisconsin. *Proceedings of the National Academy Sciences of the United States of America*. (96):9701-9704.
- ✚ Brown, J. y Kodric-Brown A. (1979). Convergence, competition, and mimicry in a temperate community of hummingbird-pollinated flowers. *Ecology* (60): 1022-1035.

- ✚ Bullock, S. y Solís-Magallanes J. (1990). Phenology of canopy of a tropical deciduous forest in México. *Biotropica* (22): 22-35.
- ✚ Carabias-Lillo, J. y Guevara-Sada S. (1985). Fenología de una selva tropical húmeda y en una comunidad derivada: Los Tuxtlas, Veracruz. En Gómez-Pompa, A. y Del Amo S. Eds. *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México*. Instituto Nacional de Investigaciones Sobre Recursos Bióticos/Editorial Alhambra Mexicana, México, D.F.
- ✚ Castillo, S. y Carabias J. (1982). Ecología de la vegetación de dunas costeras: Fenología. *Biótica*, (7):551-568.
- ✚ César-García, F. (2002). Análisis de algunos factores que afectan la fenología reproductiva en el Pedregal de San Ángel. Tesis de Licenciatura, Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 85 pp.
- ✚ Challenger, A. (1998). Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro. Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad, Instituto de Biología de la UNAM y Agrupación Sierra Madre S.C., México.
- ✚ Chmielewski, F., Rötzer T. (2001). Response of tree phenology to climate change across Europe. *Agricultural and Forest Meteorology*. (108): 101-112.
- ✚ Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (2013). Vibrans, H. (ed.), (2009). *Malezas de México* (27 de noviembre del 2013). < <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico>>
- ✚ Conde, C., Liverman, D., Flores, M., Ferrer, R., Araujo, R., Betancourt, E., Villareal, G. y Gay, C. (1977). Vulnerability of rainfed maize crops in Mexico to climate change. *Clim. Res.* 9:17-23.
- ✚ Conde, C., Vinocur, M., Gay, C. Seiles, R. y Estrada, F. (2007). Climatic threat spaces in México and Argentina. In: *Climate change and vulnerability*. (eds.). Earthscan. Londres, RU. 276-306 pp.

- ✚ Cornejo-Tenorio, G. (2005). Fenología reproductiva de la flora del cerro Altamirano, reserva de la biosfera mariposa monarca, México. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Centro de Investigaciones en Ecosistemas. Universidad Nacional Autónoma de México. Michoacán, Morelia, 78 pp.
- ✚ Croat, T. (1969). Seasonal Flowering Behavior in Central Panama Ann. Missouri Bot. Gard. (56): 295-307.
- ✚ Croat, T. (1975). Phenological behavior of habit and habitat classes on Barro Colorado Island (Panama Canal Zone). Biotropica. (7): 270-277.
- ✚ Damascos, M., Prado, C. y Ranquin, C. (2005). Bud composition, branching patterns and leaf phenology in Cerrado woody species. Annals of Botany. (96): 1075-1084.
- ✚ Dansereau, P. y Lems, K. (1957). The grading of dispersal types in plant communities and their ecological significance. Contributions de L'Institute Botanique. L'Université de Montréal, (71):5-52.
- ✚ De Cara, G. (2006). La observación fenológica en agrometeorología. Reportaje; Servicio de Aplicaciones Meteorológicas, I. N. M. 64-70.
- ✚ De Viana, M., Ortega, P., Saravia, M., Badano, E. y Mschlumberger, B. (2001). Biología floral y polinizadores de *Trichocereus pasacana* (Cactácea). Journal of Tropical Biology, (49):277-283.
- ✚ Delgadillo-Durán, E. (2011). Productividad primaria neta de los bosques templados de la Cuenca del río Magdalena. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 82 pp.
- ✚ Denslow, J. (1987). Tropical rain forest gaps and tree species diversity. Ann. Rev. Ecol. Syst. (18): 431-451.

- ✚ Dobler-Morales, E. (2010). Caracterización del clima y su relación con la distribución de la vegetación en el suroeste del D.F., México. Tesis de Licenciatura, Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 50 pp.
- ✚ Dose, V. y A. Menzel. (2006). Bayesian correlation between temperature and blossom onset data. *Global Change Biology*. (12): 1451-1459.
- ✚ Ewusie, Y. (1980). *Elements of Tropical Ecology*. Heinemann Press-Nairobi, 120 pp.
- ✚ Fitter, A., Fitter R. y Williamson, M. (1995). Relationships between first flowering date and temperature in the flora of a locality in Central England. *Functional Ecology*, (9):55-60.
- ✚ Flores, M., Araujo, R. y Betancourt, E. (2000). Vulnerabilidad de las zonas potencialmente aptas para maíz de temporal en México ante el cambio climático. In: México: una visión hacia el Siglo XXI. El cambio climático en México. Resultados de los estudios de la vulnerabilidad del país. Gay, C. (ed.). INE-UNAM-US. México, D. F. 103-118 pp.
- ✚ Font-Quer, P. (1975). *Diccionario de Botánica*. Editorial Labor, S. A., Barcelona. 1244 pp.
- ✚ Forrest, J., Miller-Rushing, A. (2010). Toward a synthetic understanding of the role of phenology in ecology and evolution. *Phil. Trans. R. Soc. B* (365): 3101-3112.
- ✚ Fournier O. L. (1976). Observaciones fenológicas en el bosque húmedo de premontano de San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. *Turrialba* (26):54-59.
- ✚ Fournier, L. y Charpentier, C. (1975). El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. *Costa Rica. Turrialba* (25): 45-48.
- ✚ Frankie, G., Baker H. y Opler, P. (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, I., Rubio, J., Ramirez, C. y Alvar, J. (2001). Genotypic characterization of *Toxoplasma gondii* strains associated with human toxoplasmosis in Spain: direct analysis from clinical samples. *J. Clin. Microbiol* 39. (4): 1566-1570.

- ✚ Galindo-Uribe, D. y Hoyos-Hoyos J. (2007). Relaciones planta-herpetofauna: nuevas perspectivas para la investigación en Colombia. *Revista de la Facultad de Ciencias* (12):9-34.
- ✚ Galeana-Pizaña, J. M., Corona-Romero N. y Ordoñez-Díaz, J. (2009). Análisis dimensional de la cobertura vegetal-uso de suelo en la cuenca del río Magdalena. *Ciencia forestal en México*, 34(105):135-156.
- ✚ Galloway, L. y Burgess, K. (2012). Artificial selection on flowering time; Influence on reproductive phenology across natural light environments. *Journal of Ecology* (4): 852-861.
- ✚ García, E. (1981). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Offset Larios. México. 246 pp.
- ✚ Gay, C., Estrada, F. y Martínez, B. (2010). Cambio climático y estadística oficial. *Revista Internacional de Estadística y Geografía*. INEGI. 1(1):1-7.
- ✚ Gentry, A. (1990). Evolutionary patterns in Neotropical Bignoniaceae. *Mem. New York Bot. Gard.* (55): 118-129.
- ✚ Ghera, C. y Holt, J. (1995). Using phenology prediction in weed management: a review. *Weed Res* (35):461-470.
- ✚ Griz, L. y Machado, I. (2001). Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in the northeast of Brazil. *J. Trop. Ecol.* (17):303-321.
- ✚ Günter, S., Stimm, B., Cabrera, M., Diaz, M., Lojan, M., Ordoñez, E., Richter, M. y Weber, I. (2008). Tree phenology in montane forests of southern Ecuador can be explained by precipitation, radiation and photoperiodic control. *Journal of Tropical Ecology*. (24): 247-258.
- ✚ Heinrich, B. (1975). Bee flowers: a hypothesis on flower variety and blooming times. *Evolution*. (29):325-334.

- ✚ Hernández, H. y Carreón, Y. (1987). Notas sobre la ecología de árboles en un bosque mesófilo de montaña en Michoacán, México. *Botanica Mexicana*. (47): 5-35.
- ✚ Herrera, J. (1986). Flowering phenology in the coastal shrublands of Doñana, South Spain. *Vegetatio* (68): 91-98.
- ✚ Hilty, S. (1980). Flowering and fruiting periodicity in a premontane rain forest in Pacific Colombia. *Biotropica*. (12): 292-306.
- ✚ Hülte, E. y Fries, M. (1986). Atlas of North European Vascular Plants North of the Tropic of Cancer. Koeltz Scientific Books. Königstein, Germany. 1822 pp
- ✚ Huxley, P. (1983). Phenology of tropical woody perennials and seasonal crop plants with reference to their management in agroforestry systems. pp. 503-525. In: P. A. Huxley (Ed.). *Plant research and agroforestry*. International Center for Research in Agroforestry, Nairobi, Kenya.
- ✚ Ibarra-Manríquez, G. y Oyama, K. (1992). Ecological correlates of reproductive traits of Mexican rain forest trees. *American Journal of Botany*. 79(4): 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.
- ✚ Inouye, D. (2008). Effects of climate change on phenology, frost damage and floral abundance of montane wildflowers. *Ecology* (89):353-362.
- ✚ Izco, J., Barreno, E., Brugués, M., Costa, M., Devesa, J., Fernández, F., Gallardo, T., Llimona, X., Prada, C., Talavera, S. y Valdés, B. (2004). *Botánica*. Ed. McGraw-Hill-Interamericana. (2da Edición). Madrid, España. 906 pp.
- ✚ Janzen, D. (1967). Synchronization of sexual reproduction of trees we think the dry season in Central America. *Evolution*. (21):620-637.
- ✚ Jones, H.G. (1992). *Plants and Microclimate*. Cambridge University Press, Cambridge.

- ✚ Joshi, V. y Janarthanam, M. (2004). The diversity of life-form type, hábitat preference and phenology of the endemics in the Goa region of the Western Ghats, India. *Journal of Biogeography* (31): 1227-1237.
- ✚ Jujnovsky, J. (2003). Las unidades de paisaje en la cuenca alta del río Magdalena, México, D.F. Base fundamental para la planificación ambiental. Tesis de Licenciatura, Biología. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 82 pp.
- ✚ Jujnovsky, J. (2006). Servicios ecosistémicos relacionados con el recurso agua en la cuenca del río Magdalena, Distrito Federal, México. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 70 pp.
- ✚ Jujnovsky, J. (2012). Propuesta para la evaluación del servicio ecosistémico de provisión de agua: El caso de la cuenca del río Magdalena, México D.F. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 122 pp.
- ✚ Justiniano, M. y Fredericksen, T. (2000). Phenology of tree species in Bolivian dry forests. *Biotropica* (32): 276–281.
- ✚ Kannan, R. y James, D. (1999). Fruiting phenology and the conservation of the Great Pied Hornbill (*Buceros bicornis*) in the Western Ghats of Southern India. *Biotropica* (31): 167-177 pp.
- ✚ Kevan, P. (1972). Insect pollination of high Arctic flowers. *J. Ecol.* (60):831-847.
- ✚ Kochmer, J. y Handel S. (1986). Constraints and competition in the evolution of flowering phenology. *Ecol. Monogr.* (56): 303-325.
- ✚ Kollmann, J. (2000). Dispersal of fleshy-fruited species: a matter of spatial scale. *Perspectives In: Plant Ecology. Evolution and Systematics.* Vol. 3, No. 1; 29-51 pp.

- ✚ 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.
- ✚ Kudo, G., Ida T. y Tani, T., (2008). Linkages between phenology, pollination, photosynthesis, and plant reproduction in deciduous forest understory plants. *Ecology* (89): 321-331.
- ✚ Lack, A. (1982). The ecology of flowers of chalk grassland and their insect pollinators. *Journal Ecology* (70):773-790.
- ✚ Landenberger, R. y Ostergren, D. (2002). *Eupatorium rugosum* (Asteraceae) flowering as an indicator of edge effect from clearcutting in a mixed-mesophytic forest. Special Edition of the *Journal of Forest Ecology and Management*. Vol. 155 (1-3):57-70.
- ✚ Lechowicz, M. (1995). Seasonality of flowering and fruiting in temperate forest trees. *Canadian Journal of Botany* (73):175-182.
- ✚ Lemus-Jiménez, L. y Ramírez, N. (2003). Polinización y polinizadores en la vegetación de la planicie costera de Paraguaná, Estado Falcón, Venezuela. *Acta Venezolana* (54): 97-114.
- ✚ León de la Luz, J., Coria, B. y Cruz, E. (1996). Fenología reproductiva de una flora árido-tropical de Baja California Sur, México. *Acta Botánica Mexicana* 35:45-64.
- ✚ Liberman, D. (1982). Seasonality and phenology in a dry tropical forest in Ghana. *Journal of Ecology*, (70): 791-806.
- ✚ Lieth H. 1974. Phenology and seasonality modeling. Springer-Verlag, New York, 3-19 pp.
- ✚ Lloret, F., Medail, F., Brundu, G., Camarda, I., Moragues, E., Rita, J., Lambdon, P. y Hulme, P. (2005). Species attributes and invasion success by alien plants on Mediterranean islands. *Journal Ecology*, (93): 512-520.
- ✚ Lobo, J., Quesada, M., Stoner, K., Fuchs, E., Herrerías-Diego, Y., Rojas J. y Saborío, G. (2003). Factors affecting phenological patterns of Bombacaceous trees in seasonal forest in Costa Rica and Mexico. *American Journal of Botany*, (90):1054–1063.

- ✚ Millennium Ecosystem Assessment (MA). (2003). Ecosystems and human well-being. Capítulo 2: Ecosystem and their services. Millennium Ecosystem Assessment.
- ✚ Lugo-Hubp, J., (1989). Diccionario geomorfológico, con equivalentes de los términos de uso más común en alemán, francés, inglés y ruso: México. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía, Coordinación de Ciencias. 337 pp.
- ✚ Mc Farland, D.C. (1985). Flowering biology and phenology of *Banksia integrifolia* and *B. spinulosa* (Proteaceae) in New England National Park, N.S.W. Australian Journal of Botany. (33): 705-14.
- ✚ Machado, I., Barros, L. y Sampaio, E. (1997). Phenology of caatinga species at Serra Talhada-PE, Northeastern Brazil. Biotropica. Vol. 29, No.1. 57-68 pp.
- ✚ Mantovani, M., Ruschel, A., Sedrez dos Reis M., Puchalski A. y Nodari. R. (2003). Fenologia reproductiva de espécies arbóreas em uma formação secundária da floresta Atlântica. Rev. Árvore. (27): 451-458.
- ✚ Martínez, Y., Castillo, S., Álvarez, M. y Zavala, J. (2013). Lluvia y banco de semillas como facilitadores de la regeneración natural en un bosque templado en la ciudad de México. Interciencia. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 400-409 pp.
- ✚ Martínez, Y., Orozco, A., Castillo, S., Collazo, M. y Zavala, J. (2014). Seed rain as a source of propagules for natural regeneration in a temperate forest in Mexico City. Journal of Torrey Botanical Society, 141(2): 2014, 135-150.
- ✚ Martínez-Romero, M. (1997). Fenología de especies herbáceas y arbustivas del parque Ecológico de la Ciudad de México, Ajusco Medio, D.F. Tesis de Licenciatura, Biológica. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 82 pp.
- ✚ Meave, J., Carabias, J., Arriaga, V. y Valiente-Banuet A. (1994). Observaciones fenológicas en el Pedregal de San Ángel. En: Rojo, A. (compilador). Reserva Ecológica el Pedregal de San Ángel. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 91-105 pp.

- ✚ Menzel A., Sparks, T., Estrella, N., Koch, E., Aasa, A., Ahas, R., Alm-Kubler, K., Bissoli, P., Braslavska, O., Briede, A., Chmielewski, F., Crepinsek, Z., Curnel, Y., Dalh, A., Defila, C. y Züst, A. (2006). European phenological response to climate change matches the warming pattern. *Global Change Biology*, (12): 1969-1976 pp
- ✚ Menzel, A. y Fabian, P. (1999). Growing season extended in Europe. *Nature* 397: 659.
- ✚ Millar-Rushing, A. y Primack, R. (2008). Global warming and flowering times in Thoreau's Concord: A community perspective. *Ecology* 89(2):332-341.
- ✚ Montenegro, G. (1987). Quantification of Mediterranean plant phenology and growth. A.S.I. Series, Vol. G. 15 pp.
- ✚ Monterroso, A. I., Conde, C., Rosales, G., Gómez, J. D. y Gay, C. (2011). Assessing current and potential rainfed maize suitability under climate change scenarios. *Atmósfera*. 24:53-67.
- ✚ Mooney, H., Bjorkman, O., Hall, A., Medina, E. y Tomlinson, P. (1980). The study of physiological ecology of tropical plants-current status and needs. *Bio-Science* (30): 22-26.
- ✚ Morellato, L. y Leitao-Filho, H. (1990). Estrategias fenológicas de espécies arbóreas en la floresta mesófila de la Serra de Japi, Jundiaí, Sao Paulo. *Revista Brasileira de Biología* (50):163-173.
- ✚ Morin, P. (1999). *Community Ecology*. Oxford (UK) and Malden (MA): Blackwell.
- ✚ Moritz, C., Patton, J., Conroy, C., Parra, J., White G. y Beissinger, S. (2008). Impact of a century of climate change on small-mammal communities in Yosemite National Park, USA. *Science* (322):261-264.
- ✚ Munguía-Rosas, M., Ollerton, J., Parra-Tabla, V. y De Nova, A. (2011). Meta-analysis of phenotypic selection on flowering phenology suggests that early flowering plants are favoured. *Ecology Letters*, (41):511-521.
- ✚ Murali, K. y Sukumar, R. (1994). Reproductive phenology of a tropical dry forest in Mudumalai, southern India. *Ecology* (82): 759-767.

- ✚ Newstrom, L., Frankie, G., Baker, H. y Colwell, R. (1994). Diversity of long-term flowering patterns. In McDade LA, Bawa KS, Hespeneide HA, Hartshorn GS (Eds.). *La Selva. Ecology and Natural History of a Neotropical Rain Forest*. University of Chicago Press. Chicago, IL, USA. 142-160 pp.
- ✚ Ochoa-Gaona, S. y Dominguez-Vazquez, G. (2000). Distribucion y fenología de la flora leñosa de Chajul, Selva Lacandona, Chiapas, México. *Brenesia* (54): 1-24.
- ✚ Opler, P., Frankie, G. y Baker, H. (1976). Rainfall as a factor in the release, timing, and synchronization of anthesis by tropical trees and shrubs. *Journal of Biogeography*, (3): 231-236.
- ✚ Opler, P., Frankie, G. y Baker, H. (1980). Comparative phenological studies of treelet and shrub species in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. *Journal-Ecol.* (68):167-188.
- ✚ Parmesan, C. y Yohe, G. (2003). A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, (421): 37–42.
- ✚ Peñuelas, J. y Filella, I. (2001). Phenology: responses to a warming world. *Science* 294(5543):793-795.
- ✚ Percival, M. (1965). *Floral Biology*. Oxford: Pergamon Press.
- ✚ Pino, B. y Mosquera, M. (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* Miers “Abarco” y *Humiriastrum procerum* Little “Chanó”. *Journal Lyonia* (7):107-114.
- ✚ Post, E., Pedersen, C. Wilmers, C. y Forchhammer, M. (2008). Phenological sequences reveal aggregate life history response to climate warming. *Ecology*, 89(2): 363-370.

- ✚ Primack R. (1980). Variation in the phenology of natural populations of montane shrubs in New Zealand. *Journal of Ecology*, (68) 849–862.
- ✚ Primack, R. (1987). Relationships among flowers, fruits and seeds. *Annual Review of Ecology and Systematics*, (18):409-430.
- ✚ Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad (PUEC-UNAM) (2008). Propuesta línea de acción para el Plan Maestro de la Cuenca del río Magdalena: 5.1.2 Instrumentos transversales de la participación social. En: Plan Maestro de Manejo Integral y Aprovechamiento Sustentable de la Cuenca del río Magdalena. SMA-GDF, UNAM.
- ✚ Ramírez, G. y Nepomuceno, M. (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. *Journal Botanica*, (89): 836-842.
- ✚ Ramírez, N. y Seres, A. (1994). Plant reproductive biology of herbaceous monocots in a Venezuelan tropical cloud forest. *Pl. Syst. Evol.* (190): 129-142.
- ✚ Rathcke, B. y Lacey, E. (1985). Phenological patterns of terrestrial plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, (16): 179-214.
- ✚ Reich, P. y Borchert, R. (1984). Water stress and tree phenology in a tropical dry forest in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology*, (72): 61-74.
- ✚ Rich, P., Breshears, D. y White, A. (2008). Phenology of mixed woody-herbaceous ecosystems following extreme events: Net and differential responses. *Ecology*, 89(2): 342-352.
- ✚ 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 collections. *Tree Physiology* (21):201-212.

- ✚ Rivero, M. (1991). Biología reproductiva en especies vegetales de dos comunidades de la zona templada del sur de Chile, 40°. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas. Santiago, Universidad de Chile. Facultad de Ciencias. 301 pp.
- ✚ Rivero M. y Smith-Ramirez C. (1997). Patrones de floración y fructificación en bosque del sur de Chile. En: Armesto, J.J., Villagrán, C. y Arroyo, M. (eds). Ecología del Bosque Nativo de Chile: 235-249. Editorial Universitaria, Santiago.
- ✚ Rosenzweig, C., Karoly, D., Vicarelli, M., Neofotis, P., Wu, Q., Casassa, G., Menzel, A., Root, T., Estrella, N., Seguin, B., Tryjanowski, P., Liu, C., Rawlins, S. y Imeson, A. (2008). Attributing physical and biological impacts to anthropogenic climate change. *Nature*, (435):353–357 pp.
- ✚ Rozzi, R., Molina, J.D. y Miranda, P. (1989). Microclima y periodos de floración en laderas de exposición ecuatorial y polar de los Andes de Chile central. *Revista Chilena de Historia Natural*, (62): 75-84.
- ✚ Ruíz, C. J., Ramírez, D. J., Flores, M. G. J. y Sánchez, C. (2000). Cambio climático y su impacto sobre la estación de crecimiento de maíz en Jalisco, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 23:169-182.
- ✚ Rzedowski, G. y J. de Rzedowski. (2001). Flora fanerogámica del Valle de México. 2ª ed. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- ✚ Rzedowski, J. (1978). Vegetación de México. Editorial Limusa, México. 432 pp.
- ✚ Sánchez, C., Díaz, P., Cavazos, P., Granados, R. y Gómez, R. (2011). Elementos para entender el cambio climático y sus impactos. Grupo Editorial Miguel Ángel Porrúa. D. F., México, 167 pp.
- ✚ 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. Cuadernos 12. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 86 pp.
- ✚ Santana–Michel, F., Cervantes N. y Jiménez N. (1998). Flora melífera del estado de Colima, México. Boletín del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara, (6):251–277 pp.
  - ✚ Santibáñez-Andrade, G. (2009). Composición y estructura del bosque de *Abies religiosa* en función de la heterogeneidad y determinación de su grado de conservación en la cuenca del río Magdalena, México, D.F. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 134 pp.
  - ✚ Sarmiento, G. y Monasterio, M. (1983). Life forms and phenology. In: Ecosystems of the world tropical savannas. Elsevier, Amsterdam, 79-108 pp.
  - ✚ Secretaria de Medio Ambiente del Distrito Federal. (S.M.A., D.F.) (2009). Áreas Naturales Protegidas del Distrito Federal. <<http://www.sma.df.gob.mx>>
  - ✚ Servicio Meteorológico Nacional de México. (S.M.N.) (2012). <<http://www.smn.cna.gob.mx>>
  - ✚ Smith-Ramírez, C. y Armesto. J. (1994). Flowering and Fruiting Patterns in the Temperate Rainforest of Chiloe, Chile-Ecologies and Climatic Constraints. *Journal of Ecol.*, (82):353-365.
  - ✚ Smythe, N. 1970. Relationships between fruiting seasons and seed dispersal methods in a Neotropical forest. *Amer. Nat.* (104): 25-35.
  - ✚ 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(3): 523-532.
  - ✚ Spano, D., Cesaraccio C., Dulce P. y Snyder R. (1999). Phenological stages of natural species and their use as climate indicators. *International Journal of Biometeorology*, (42): 124-133.
  - ✚ Spina, A., Ferreira, W. y Leitão Filho, H. (2001). Floração, frutificação e síndromes de dispersão de uma comunidade de floresta de brejo na região de Campinas (SP). *Acta Bot. Bras.*, (15):349-368.

- ✚ Squeo, F.A., Ehleringer, J., Olivares, N.C. (1994). Variation in leaf level energy balance components of *Encelia canescens* along a precipitation gradient in north central Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* (67): 143-155.
- ✚ Stiles, G. (1975). Ecology, flowering phenology, and hummingbird pollination of some Costa Rican *Heliconia* species. *Ecology*, (56):285-301.
- ✚ Stoner, K., Salazar K., Fernandez, R. y Quesada, M. (2003). Population dynamics, reproduction, and diet of the lesser long nosed bat (*Leptonycteris curasoae*) in Jalisco, México: implications for conservation. *Biodiversity and Conservation* (12):357-393.
- ✚ Thies, W. y Kalko, E. (2004). Phenology of Neotropical pepper plants (Piperaceae) and their association with their main dispersers, two short-tailed fruit bats, *Carollia perspicillata* and *C. Castañea Oikos*, (104): 362-376.
- ✚ Toledo, V. (1975). La estacionalidad de flores utilizadas por los colibrís de una selva tropical húmeda en México. *Biotropica*, (7): 63-70.
- ✚ Turner, B. y Nesom, G. (1998). Biogeografía, diversidad y situación de peligro o amenaza de Asteraceae de México. In: *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*, T. Ramamoorthy, R. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 545-561 pp.
- ✚ Valdez-Hernández, M., Andrade, J., Jackson, P. y Rebolledo, M. (2010). Phenology of five tree species of a tropical dry forest in Yucatan, México: effects of environmental and physiological factors. *Plants and Soil*, (329): 155-171.
- ✚ Valencia, S. (2004). Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (75):33-53.
- ✚ Valverde, T. y Silvertow, J. (1997). Canopy closure rate and forest structure. *Ecology*, (78): 1555-1562.
- ✚ Van der Pijl, L. (1972). *Principles of Dispersal in Higher Plants*. Springer Verlag, Nueva York. 161-169 pp.

- ✚ Van Schaik, C., Terborgh, J. y Wright, S. (1993). The phenology of tropical forests: adaptive significance and consequences for primary consumers. (24): 353-377.
- ✚ Vasek, F. y Sauer, R. (1971). Seasonal progression of flowering in *Clarkia*. *Ecology*, (52):1038-1045.
- ✚ Villaseñor, J. (1993). La familia Asteraceae en México. Vol. Esp. (XLIV) *Revista Soc. Mex. Hist. Nat.* 117-124 pp.
- ✚ Villaseñor, J. y Espinosa, G. (1998). *Catálogo de Malezas de México*. Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 449 pp.
- ✚ Villers, L., Arizpe, N., Orellana, R., Conde, C. y Hernández, J. (2009). Impactos del cambio climático en la floración y desarrollo del fruto del café en Veracruz, México. *Interciencia* 34(5):322-329.
- ✚ Wallace, R. y Painter, R. (2002). Phenological patterns in a southern Amazonian tropical forest: Implications for sustainable management. *Forest Ecology y Management*, (160): 19-33.
- ✚ Wikander, T. (1984). Mecanismos de dispersión de diásporas de una Selva Decídua en Venezuela. *Biotropica*, (16):276-283.
- ✚ Wright, S. y Calderon, O. (1995). Phylogenetic patterns among tropical flowering phenologies. *Journal of Ecology*, (83):937-948.
- ✚ Wright, S. y Van Schaik C. (1994). Light and the phenology trees. *American Naturalist*, (143): 192-199.
- ✚ Zavala-Hurtado, J., Portilla-Gutiérrez, E., Ayala-Fernández, Y. y Bravo-Rivera, M. (2003). Mala, mala, no tan mala maleza. Patrones de distribución espacial de las malezas en el campus Iztapalapa de la UAM. *Contactos*, (49):5–14.