



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES**  
**LICENCIATURA EN BIOLOGÍA**

**PATRONES FENOLÓGICOS REPRODUCTIVOS Y ANÁLISIS CLIMÁTICO  
DE UN ENCINAR EN AMEALCO DE BONFIL, QUERÉTARO**

**TESIS**

**QUE COMO PARTE DE LOS REQUISITOS PARA OBTENER EL GRADO DE**

**LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

**PRESENTA**

**EDUARDO SÁNCHEZ LANDAVERDE**

**DIRIGIDA POR**

**DR. LUIS GERARDO HERNÁNDEZ SANDOVAL**

**SANTIAGO DE QUERÉTARO, QRO. MARZO DE 2014**

## RESUMEN

La fenología es el estudio de la sincronización de los eventos biológicos recurrentes, las causas de su sincronización con respecto a fuerzas bióticas y abióticas y las interacciones entre fases de la misma o diferentes especies. Las observaciones fenológicas buscan patrones en las fenofases, que involucran tiempos de ocurrencia, duración, frecuencia, sincronía y estacionalidad a nivel de población, especie o comunidad. En México hacen falta estudios fenológicos a largo plazo o con amplio alcance histórico a nivel comunidad que expliquen la relación entre la dinámica fenológica y los factores climáticos. El objetivo del presente estudio fue conocer los patrones fenológicos reproductivos de un encinar en Amealco de Bonfil, Querétaro, determinar las variables climáticas que les dan explicación y especular el alcance histórico y espacial de los resultados. Se llevaron a cabo observaciones fenológicas mensuales durante un año para registrar las especies en floración y/o fructificación, con las que se elaboró un calendario. También se agregaron registros de herbario de otros encinares en Amealco de Bonfil. La correlación entre las variables climáticas y la fenología se hizo mediante un análisis de *environmental fitting* con el programa estadístico R. Las variables significativas fueron sometidas a dos análisis de varianza para comparar entre la serie de tiempo para el área de estudio y entre los valores promedio del área de estudio con los de otras localidades del municipio. Se encontró que la época reproductiva va de agosto a octubre y está determinada por la temperatura ambiental, como corresponde a bosques templados. También se encontró una época reproductiva secundaria de marzo a julio relacionada con precipitación mínima, fotoperiodo e irradiación solar. Los meses de invierno presentan la época de menor actividad fenológica debido a valores bajos de temperatura media, temperatura mínima, precipitación mínima, longitud del día e irradiación solar. Estos resultados pueden extrapolarse cuatro décadas atrás en el área de estudio y dos atrás en otras localidades de Amealco de Bonfil.

**(Palabras clave:** fenología, clima, bosques templados, Querétaro)

## SUMMARY

Phenology studies the timing of recurring biological events, the causes of their timing with regard to biotic and abiotic forces, and interactions between phases of the same or different species. Phenological observations look for patterns in the phenophases, involving times of occurrence, duration, frequency, seasonality and synchrony at the population, species or community levels. In Mexico is needed long-term phenological studies or broad historical scope studies at the community level to explain the relationship between phenological dynamics and climatic factors. The aim of this study was to determine the reproductive phenology of an oak forest in Amealco de Bonfil, Querétaro, determine the climatic variables that give explanation and speculate the historical and spatial extent of the results. Monthly phenological observations were carried out for a year to record the species flowering and/or fruiting, so a calendar was developed. Herbarium of other oak forests in Amealco de Bonfil was also added. The correlation between climatic variables and phenology were made by analysis of environmental fitting with the statistical program R. The significant variables were subjected to two analyzes of variance to compare the time series for the study area and between the mean values the study area with other areas of Amealco de Bonfil. It was found that the reproductive season is from August to October and is determined by the ambient temperature, as befits temperate forests. A secondary reproductive season from March to July was associated with minimum rainfall, photoperiod and solar radiation. The winter months have the lowest time of phenological activity due to low values of average temperature, minimum temperature, minimum rainfall, day length and solar radiation. These results can be extrapolated four decades ago in the study area and two decades ago in other localities in Amealco de Bonfil.

**(Keywords:** phenology, climate, temperate forests, Querétaro)

**A MI FAMILIA, MAESTROS, AMIGOS Y COMPAÑEROS**

*„Grau, teurer Freund, ist alle Theorie, und grün des Lebens goldner Baum“*

## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Luis G. Hernández Sandoval, por darme la oportunidad de trabajar con él, por compartir sus conocimientos botánicos y por su apoyo y paciencia durante la realización de la presente tesis.

Al Dr. Humberto Suzán Azpiri, la Dra. Mahinda Martínez y Díaz de Salas y el Dr. Juan Manuel Malda Barrera, por sus comentarios y revisiones de la presente tesis.

Al Dr. Humberto Suzán Azpiri, por su apoyo económico para el proyecto.

A la Dra. Mahinda Martínez y Díaz de Salas, por los invaluable conocimientos botánicos de cada una de sus clases y por motivarme a la redacción científica.

Al Dr. Juan Manuel Malda Barrera, estimadísimo compañero en la marginalidad, por mostrarme un camino al no-camino de la ciencia y de la literatura.

Al CONACYT, por su financiamiento para el realización del presente trabajo.

Al CONCYTEQ y a la Dra. Teresa García Gasca, por su apoyo económico para llevar este proyecto al XIX Congreso Mexicano de Botánica.

A la gente de la comunidad de Mesillas, Amealco de Bonfil, por su amable trato durante mis visitas a campo.

A Hugo Castillo Gómez, por explicarme los pormenores de la recolección botánica y del herborizado, así como por la determinación de algunos ejemplares.

A quienes me brindaron apoyo en campo: Ana Virginia Chávez Oyarvide, Giovanna Velázquez Campos, Hugo Sánchez Landaverde, Adriana García Valdez, María de Jesús Guerrero Sánchez, Eunice Peralta Rojas y Andrés Zamora Huerta.

A la Biól. Adriana González Hernández, por su ayuda con la determinación de algunos ejemplares.

A la M. en C. Yolanda Pantoja Hernández, por su ayuda en determinación parcial de algunos ejemplares.

Al Biól. Alejandro Cabrera Luna y la Dra. Valentina Serrano Cárdenas, por proporcionarme la información sobre los ejemplares recolectados en Amealco de Bonfil de la base de datos del Herbario “Dr. Jerzy Rzedowski” (QMEX).

A la Dra. Patricia Herrera Paniagua, por su apoyo incondicional y por su asesoría sobre el programa estadístico R.

A la Biól. María C. Ledesma Colunga, por su asesoramiento estadístico y climatológico.

A Elva Sánchez, Francisco Ortiz y a la CONAGUA, por permitirme consultar sus archivos climáticos para la Estación San Pablo de Amealco de Bonfil.

A Irma Avilés Carrillo, por ayudarme con las fotografías en el microscopio estereoscópico.

A mis padres y a mi hermano, por su invaluable apoyo durante mis estudios en biología.

## ÍNDICE

	<u>página</u>
RESUMEN	i
SUMMARY	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	2
OBJETIVOS	6
<u>Objetivo general</u>	6
<u>Objetivos particulares</u>	6
MÉTODO	7
<u>Patrones fenológicos reproductivos</u>	7
<u>Información de herbario</u>	8
<u>Análisis climático</u>	9
<u>Extrapolación fenológica</u>	9
RESULTADOS	10
<u>Patrones fenológicos reproductivos</u>	10
<u>Información de herbario</u>	28
<u>Análisis climático</u>	32
<u>Extrapolación fenológica</u>	37
DISCUSIÓN	41
CONCLUSIONES	46
LITERATURA CITADA	47
APÉNDICES	56

## ÍNDICE DE CUADROS

	<u>página</u>
<b>Cuadro 1.</b> Calendario fenológico de octubre-2011 a septiembre-2012 del encinar en Las Adjuntas, Amealco de Bonfil, Querétaro. Los meses marcados con líneas horizontales verdes corresponden a floración y las líneas verticales rosas a fructificación.	13
<b>Cuadro 2.</b> Registros fenológicos tomados de ejemplares recolectados de 1986 a 2013 en 33 localidades de Amealco de Bonfil, Querétaro, con vegetación parecida a encinar.	29
<b>Cuadro 3.</b> Resultados del análisis <i>environmental fitting</i> para las especies en floración. Las variables significativas se muestran subrayadas.	33
<b>Cuadro 4.</b> Resultados del análisis <i>environmental fitting</i> para las especies en fructificación. Las variables significativas se muestran subrayadas.	34
<b>Cuadro 5.</b> Pares de años con diferencias significativas en la prueba de Tukey para el análisis de varianza de temperaturas mínimas.	38
<b>Cuadro 6.</b> Pares de años con diferencias significativas en la prueba de Tukey para el análisis de varianza de temperaturas medias.	38

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<u>página</u>
<b>Figura 1.</b> Localización del área de estudio. <b>a.</b> Ubicación geográfica del estado de Querétaro en México. <b>b.</b> Ubicación geográfica del municipio de Amealco de Bonfil en Querétaro. <b>c.</b> Ubicación geográfica de Las Adjuntas en Amealco de Bonfil y de sus tres estaciones meteorológicas.	11
<b>Figura 2.</b> Vista panorámica del área de estudio en la época seca (arriba) y de lluvias (abajo).	12
<b>Figura 3.</b> Ejemplares con flores abiertas: <b>a.</b> <i>Sprekelia formosissima</i> . <b>b.</b> <i>Zephyranthes fosteri</i> (ambas Amarylidaceae). <b>c.</b> <i>Gentiana caliculata</i> (Gentianaceae). <b>d.</b> <i>Conopholis alpina</i> (Orobanchaceae). <b>e.</b> <i>Crataegus mexicana</i> . <b>f.</b> <i>Prunus serotina</i> (ambas Rosaceae).	17
<b>Figura 4.</b> Ejemplares de Asteraceae con corola persistente sobre fruto inmaduro: <b>a.</b> <i>Bidens odorata</i> . <b>b.</b> <i>Cosmos bipinnatus</i> . <b>c.</b> <i>Stevia incognita</i> . <b>d.</b> <i>S. salicifolia</i> . <b>e.</b> <i>Tagetes erecta</i> . <b>f.</b> <i>Tithonia tubiformis</i> .	18
<b>Figura 5.</b> Ejemplares con botones florales acompañados de flores abiertas: <b>a.</b> <i>Asclepias angustifolia</i> (Apocynaceae). <b>b.</b> <i>Senecio inaequidens</i> (Asteraceae). <b>c.</b> <i>Opuntia robusta</i> (Cactaceae). <b>d.</b> <i>Salvia microphylla</i> . <b>e.</b> <i>S. polystachia</i> (ambas Lamiaceae). <b>f.</b> <i>Bouvardia ternifolia</i> (Rubiaceae).	19
<b>Figura 6.</b> Ejemplares con fruto: <b>a.</b> <i>Ageratina petiolaris</i> . <b>b.</b> <i>Stevia salicifolia</i> (ambas Asteraceae). <b>c.</b> <i>Salvia mexicana</i> (Lamiaceae). <b>d.</b> <i>Polygonum mexicanum</i> (Polygonaceae) <b>e.</b> <i>Crataegus mexicana</i> . <b>f.</b> <i>Prunus serotina</i> (ambas Rosaceae).	20
<b>Figura 7.</b> Inicio de los eventos fenológicos reproductivos. Las barras indican las especies con su primer evento de sólo floración (verde), sólo fructificación (rosa) o ambas fenofases simultáneas (morado). La columna de dos meses corresponde a las especies que mostraron su primer evento de floración y de fructificación en meses diferentes.	22
<b>Figura 8.</b> Picos de actividad fenológica en el encinar. Las barras indican por mes las especies en floración (verde), fructificación (rosa) o ambas fenofases simultáneas (morado).	23
<b>Figura 9.</b> Final de los eventos fenológicos reproductivos. Las barras indican las especies con su último evento de sólo floración (verde), sólo fructificación (rosa) o	23

ambas fenofases simultáneas (morado). La columna de dos meses corresponde a las especies que mostraron su último evento de floración y de fructificación en meses diferentes.

- Figura 10.** Duración de los eventos fenológicos reproductivos. Las barras indican el número de especies en sólo floración (verde), únicamente fructificación (rosa) y ambas fenofases simultáneas (morado). 24
- Figura 11.** Frecuencia de los eventos fenológicos reproductivos. Las barras indican el número de especies en sólo floración (verde), únicamente fructificación (rosa) y ambas fenofases simultáneas (morado). 24
- Figura 12.** Dendrogramas de disimilitud entre especies basados en sus patrones mensuales de floración (a) y fructificación (b). Los rectángulos en rojo marcan grupos en sincronía durante su mes correspondiente abreviado. 26
- Figura 13.** Dendrogramas de disimilitud entre meses basados la persencia/ausencia de especies en floración (a) y fructificación (b). 27
- Figura 14.** Ordenación los meses basada en la floración de las especies y su correlación con las variables climáticas. Sólo las variables de temperatura media (T.med) y temperatura mínima (T.min) resultaron significativas. 33
- Figura 15.** Ordenación los meses basada en la floración de las especies y su correlación con las variables climáticas. Sólo las variables temperatura media (T.med), temperatura mínima (T.min) y precipitación mínima (P.min) resultaron significativas. 34
- Figura 16.** Relación entre las variables climáticas significativas del *environmental fitting* y los inicios, picos y finales de floración. 36
- Figura 17.** Relación entre las variables climáticas significativas del *environmental fitting* y los inicios, picos y finales de fructificación. 36
- Figura 18.** Gráficas de caja para tres variables de la Estación San Pablo durante el periodo 1973-2013: temperatura media (arriba), temperatura mínima (en medio) y precipitación mínima (abajo). 39
- Figura 19.** Gráficas de caja para dos variables de las tres estaciones climáticas de Amealco de Bonfil, Querétaro: temperatura mínima (izquierda) y temperatura media (derecha). 40

## INTRODUCCIÓN

Las bases de la fenología vegetal, derivadas de observaciones empíricas (Puppi, 2007) y delineadas por Theophrastus (1916 a,b), fueron formalizadas por Linnaeus (1751). El término surgió en el siglo XIX, entendido después como “el estudio de la sincronización de los eventos biológicos recurrentes, las causas de su sincronización con respecto a fuerzas bióticas y abióticas y las interacciones entre fases de la misma o diferentes especies” (Leith, 1974; p. 4). Todo estudio fenológico busca patrones en los eventos biológicos recurrentes o “fenofases”, que involucran tiempos de ocurrencia, duración, frecuencia, sincronía y estacionalidad (Fenner, 1998; Keatley y Hudson, 2010); además de que explica el empate temporal entre éstas y los factores ambientales (Rathcke y Lacey, 1985). En plantas, las fenofases estudiadas son germinación, foliación, floración y fructificación (Fenner, 1998). Las observaciones fenológicas se enfocan en los niveles de organización biológica de la ecología tradicional (Fenner, 1998) y el conocimiento fenológico de las comunidades permite explicar las interacciones entre especies (Fenner, 1998), aunque los datos a largo plazo son escasos (Norton y Kelly, 1988; Allen y Platt, 1990).

Desde el establecimiento de la fenología como ciencia, sus investigaciones han estado limitadas a las observaciones a corto plazo con enfoques restringidos a poblaciones y especies particulares, sin incluir la importancia de los factores ambientales en la dinámica fenológica de las comunidades vegetales. En México, los bosques templados abarcan cerca del 17% de la superficie nacional y contienen alrededor de 7000 especies de plantas (Semarnat, 2009, 2010). En el centro del país se encuentra la región del Bajío, formada por los estados de Guanajuato, Querétaro y parte de Michoacán, que resguarda gran proporción de la diversidad vegetal de México aunque sólo conserve el 44.4% de su cobertura original (Villaseñor y Ortiz, 2012). Querétaro está cubierto por bosques templados y fríos en el 13.5% de su superficie, principalmente al norte (Zamudio *et al.*, 1992), mientras al suroeste, en Amealco de Bonfil, se encuentran cerca de la estación climatológica San Pablo, que opera desde 1973 y cuenta con casi treinta años efectivos (SMN, 2010; INEGI, 2012).

## ANTECEDENTES

Las bases de la fenología vegetal, derivadas de observaciones empíricas (Puppi, 2007) y delineadas por Theophrastus (1916 a,b), fueron formalizadas por Linnaeus (1751). La práctica de registrar los cambios temporales de las plantas nació en las primeras poblaciones humanas con propósitos económicos y religiosos (Puppi, 2007). Theophrastus (1916 a,b), cerca del siglo IV a.C., menciona vagamente los tiempos de germinación, floración y fructificación de algunas plantas, así como la importancia de la ubicación geográfica y del clima en los ciclos de vida vegetales. Fue Linnaeus (1751) quien estableció los “calendarios de flora”, que muestran mensualmente las especies con brote y caída de las hojas, floración y fructificación. También decía que los tiempos para cada evento indican el clima de la planta y exhortaba a la comparación de calendarios entre regiones.

El término “fenología” surge en el siglo XIX para referirse a “una ciencia particular cuya meta es entender la *manifestación de la vida regulada por el tiempo*” (Morren, 1849; p. 1). Dicha palabra toma las raíces griegas *faínomai*, que significa “aparecer” o “manifestar”, y *logos*, que se refiere a “estudio” o “tratado” (Espinoza-Avalos, 2005). El término se popularizó rápidamente gracias a los trabajos de Morren sobre “los fenómenos periódicos de la vegetación” (Keatley y Hudson, 2010). Décadas después, Leith (1974; p. 4) reinterpreta el significado de fenología y la define como “el estudio de la sincronización de los eventos biológicos recurrentes, las causas de su sincronización con respecto a fuerzas bióticas y abióticas y las interacciones entre fases de la misma o diferentes especies”.

Todo estudio fenológico busca patrones en los eventos biológicos recurrentes o “fenofases”, que involucran tiempos de ocurrencia, duración, frecuencia, sincronía y estacionalidad (Fenner, 1998; Keatley y Hudson, 2010). Los tiempos de ocurrencia se refieren al inicio y al final del evento, así como a su pico de actividad; la duración a menudo se expresa en meses debido al tipo de muestreo y la frecuencia generalmente es anual (Fenner, 1998; Espinoza-Avalos, 2005). La sincronía es el empate temporal de un evento entre individuos de la misma especie o entre varias especies de una comunidad (Rathcke y Lacey, 1985).

Leith (1974) definió la estacionalidad como la ocurrencia de uno o varios eventos bióticos y abióticos dentro de un periodo limitado del año astronómico.

La fenología también busca explicar el empate temporal entre las fenofases y los factores ambientales (Rathcke y Lacey, 1985). En cuanto a factores bióticos, el enfoque más común es hacia polinizadores (Arroyo, 1988; Rodríguez y Sanoja, 2008; Torres y Galetto, 2008), aunque Fenner (1998) también menciona estudios con herbívoros y dispersores. La relación con factores abióticos explora la respuesta de las plantas al suelo (Lopes Borges *et al.*, 1993; Milla Gutiérrez, 2005), pero sobre todo al clima (León de la Luz *et al.*, 1996; Urrego y del Valle, 2001; Ochoa-Gaona *et al.*, 2008; Nelson, 2009). También se han llevado a cabo numerosos estudios sobre los efectos del “cambio climático” en la fenología de las plantas (Sparks *et al.*, 2009) y señalan a la temperatura como el factor más voluble y por lo tanto crucial (Alvarado *et al.*, 2002).

En plantas, las fenofases estudiadas son germinación, foliación, floración y fructificación (Fenner, 1998). Los tiempos de germinación pueden ser afectados por factores abióticos como la temperatura, la humedad, la luz solar, el CO<sub>2</sub> y los minerales, así como por competencia intraespecífica (Rathcke y Lacey, 1985). Mientras la dinámica de los eventos vegetativos depende casi exclusivamente de la disponibilidad de agua (Fanjul y Barradas, 1987), los eventos reproductivos se ven influenciados además por el fotoperiodo y la temperatura (León de la Luz *et al.*, 1996). La floración está limitada por el frío en regiones templadas y por la precipitación en los trópicos, mientras que la fructificación responde mayormente a factores endógenos (Rathcke y Lacey, 1985). Por lo tanto, la floración se considera la fenofase más sensible a los cambios ambientales (Alvarado *et al.*, 2002).

Los estudios fenológicos se enfocan en los niveles de organización biológica de la ecología tradicional (Fenner, 1998). Las observaciones en individuos permiten, por ejemplo, inferir el estado de sus reservas (Meagher y Delph, 2001). Los estudios en poblaciones generalmente involucran cultivos, sobre todo de frutales (Cruz *et al.*, 2007; Vázquez García *et al.*, 2008.), leguminosas (Galindo Pacheco y Clavijo Porras, 2009; Hernández *et al.*, 2010) y cereales (Bakht *et al.*, 2011; Noworolnik, 2012). La fenología es ampliamente estudiada en especies amenazadas (San Martín *et al.*, 2002; Henríquez *et al.*, 2012) y con

importancia económica (Villasana y Suárez de Giménez, 1997; Cifuentes *et al.*, 2013) o “ecológica” (Novoa *et al.*, 2005; Martos *et al.*, 2009; Pineda-Herrera *et al.*, 2012).

El conocimiento fenológico de las comunidades permite explicar las interacciones entre especies (Fenner, 1998), aunque los datos a largo plazo son escasos (Norton y Kelly, 1988; Allen y Platt, 1990). Algunos intentos por comprender la interacción entre poblaciones vegetales incluyen estudios fenológicos para especies de igual estrato (Vílchez y Alvarado, 2008), características similares (Gutián y Gutián, 1990) o con la misma forma de vida (Ibarra-Manríquez, 1992; Olivares y Squeo, 1999; Cortés-Flores *et al.*, 2011; Bravo-Monasterio *et al.*, 2012). Son pocos los estudios que abarcan todas o la mayoría de las poblaciones en una comunidad (Loope, 1980; Gutián *et al.*, 1992; Hidalgo y Cabezudo, 1994; Batalha y Martins, 2004). Existen algunos trabajos que buscan superar la limitación del corto plazo con registros de redes de observación fenológica (Hopp, 1974; Amano *et al.*, 2010) o de herbario (Ochoa-Gaona y de la Cruz-Arias, 2002; Gallagher *et al.*, 2009), aunque casi todos están enfocados al cambio climático.

En México son escasos los estudios que consideren la relación fenología-clima en comunidades vegetales (León de la Luz *et al.*, 1996; Cornejo-Tenorio e Ibarra-Manríquez, 2007; Ochoa-Gaona *et al.*, 2008). Existen trabajos pioneros en las zonas áridas del norte (León de la Luz *et al.*, 1996), las regiones templadas del centro (Cornejo-Tenorio e Ibarra-Manríquez, 2007) y las áreas tropicales del sur (Ochoa-Gaona *et al.*, 2008). Los bosques templados, que abarcan cerca del 17% de la superficie nacional y que contienen alrededor de 7000 especies de plantas, son superados en cobertura sólo por el matorral xerófito y en riqueza sólo por las selvas húmedas (Semarnat, 2009, 2010). En el centro del país se encuentra la región del Bajío, formada por los estados de Guanajuato, Querétaro y parte de Michoacán, que resguarda gran proporción de la diversidad vegetal de México aunque sólo conserve el 44.4% de su cobertura original (Villaseñor y Ortiz, 2012).

Querétaro está cubierto por bosques templados y fríos en el 13.5% de su superficie, principalmente al norte y noreste (Zamudio *et al.*, 1992). Mientras los bosques de coníferas abarcan apenas el 3.5% de la superficie estatal, los bosques de *Quercus* (Rzedowski, 1978) o encinares (Miranda y Hernández X., 1963) ocupan el 10% restante (Zamudio *et al.*, 1992). Estas comunidades vegetales se definen como “bosques más o menos densos de encinos

(*Quercus* spp.) de hojas generalmente persistentes” (Miranda y Hernández X., 1963; p. 51). Según Zamudio *et al.* (1992), los encinares se desarrollan sobre suelos con buen drenaje derivados de rocas ígneas o sedimentarias, entre los 800 y los 3150 msnm y en un clima templado subhúmedo con lluvias en verano (Cw) o semicálido subhúmedo con lluvias en verano (ACw) del sistema de Köppen modificado por García (1964).

El municipio de Amealco de Bonfil, al suroeste del estado, cuenta con encinares cercanos a la estación climatológica San Pablo, que opera desde 1973 y cuenta con casi treinta años efectivos (SMN, 2010; INEGI, 2012). El municipio forma parte de la subprovincia de llanuras y sierras de Querétaro e Hidalgo dentro de la provincia del Eje Neovolcánico y pertenece a la cuenca del río Moctezuma y a la subcuenca del río Prieto (INEGI, 2012). El territorio de Amealco de Bonfil se encuentra sobre altitudes mayores a los 2000 msnm (INEGI, 2012) y tiene clima Cw según el sistema de Köppen modificado por García (1964). La mayor parte de la superficie del municipio corresponde a pastizales y zonas de cultivo, mientras al noroeste y al sureste existen relictos de encinar donde las especies de *Quercus* comparten dominancia con *Pinus* sp. y *Juniperus* sp. (Zamudio *et al.*, 1992; INEGI, 2012).

En México, sobre todo en la zona centro, hacen falta estudios fenológicos de largo plazo o con amplio alcance histórico a nivel comunidad, en especial las de zonas templadas. Además de conocer los patrones fenológicos actuales, en especial los reproductivos como exhortan Alvarado *et al.* (2002), es necesario explicar la relación entre la dinámica fenológica y los factores ambientales, preferentemente los del clima.

## OBJETIVOS

### Objetivo general

Conocer los patrones fenológicos reproductivos (tiempos de ocurrencia, duración, frecuencia, sincronía y estacionalidad) de un encinar en Amealco de Bonfil, Querétaro, determinar las variables climáticas que les dan explicación y especular el alcance histórico y espacial de los resultados.

### Objetivos particulares

- Construir un calendario anual de floración y fructificación para las especies de un encinar en Amealco de Bonfil, Querétaro.
- Ampliar y reforzar el calendario fenológico con información de herbario sobre recolectas hechas en otros encinares de Amealco de Bonfil, Querétaro.
- Analizar la posible influencia de factores climáticos (temperatura, precipitación y evaporación) sobre los patrones fenológicos reproductivos del encinar en Amealco de Bonfil, Querétaro.
- Extrapolar los patrones fenológicos y su relación con el clima a través del tiempo, en el área de estudio, y del espacio, a los encinares de Amealco de Bonfil, Querétaro.

## MÉTODO

### Patrones fenológicos reproductivos

Se seleccionó un área con relictos de encinar cercana a la estación climatológica San Pablo, que se localiza a 20°7'43.45" N y 100°0'25.28" O, a 2438 msnm, en el municipio de Amealco de Bonfil, Querétaro. Dicha estación fue considerada, en primer lugar, por su antigüedad; segundo, porque tiene una de las bases de datos más completas del estado y, finalmente, debido a su cercanía con zonas que conservan gran parte de su vegetación original (INEGI, 2012). El área de estudio fue seleccionada entre otros relictos de encinar por su buen estado de conservación.

Se llevaron a cabo observaciones fenológicas mensuales durante un año para registrar las especies en floración y fructificación. La definición de las fenofases se tomó de Rathcke y Lacey (1985), quienes consideran una planta en floración aquella con botones, flores abiertas (anthesis) y/o periantos persistentes, así como la presencia de frutos en cualquier estado de madurez y al momento de la dispersión como indicadores de la fructificación. El trabajo de campo se inició en octubre de 2011, para que coincidiera con el inicio de la época seca, y terminó en septiembre de 2012, al final de la época de lluvias. Se recolectaron ejemplares de respaldo para cada especie que presentara alguna de las fenofases (Apéndice 1) o, en su defecto, se fotografiaron sus estructuras reproductivas como evidencia.

Los ejemplares fueron herborizados siguiendo las indicaciones de Lot y Chiang (1986) y determinados con claves de la Flora fanerogámica del Valle de México (Calderón de Rzedowski *et al.*, 2005) y de algunos fascículos de La Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes (Andrade *et al.*, 2007; Calderón de Rzedowski, 1998; Carranza, 1995a,b, 2007; Castillejos Cruz y Solano, 2008; Espejo-Serna *et al.*, 2009; Graham, 1994; Ocampo Acosta, 2003a,b; Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 2008, 2011; Rzedowski, 1995, 1997, 2002, 2005; Villarreal, 1998, 2000a,b; Zamudio, 2009). La nomenclatura para géneros y epítetos específicos se escribió de acuerdo con la base de datos del *Missouri Botanical Garden* (2014), los nombres de los autores se citaron según las abreviaturas de Brummitt y Powell (1992) y los grupos taxonómicos se ordenaron según el Sistema APG III (Stevens, 2012),

por ser de los pocos que se basan en criterios filogenéticos (APG, 1998). Los ejemplares fueron depositados en el herbario “Dr. Jerzy Rzedowski” (QMEX).

Se elaboró un calendario fenológico anual de fenofases reproductivas con las especies encontradas. Las gráficas de barras apiladas para inicio, picos y final de actividad, así como las pruebas estadísticas mencionadas en adelante, fueron elaboradas con el programa R, versión 3.0.2, distribuido libremente por R Core Team (2013). Los patrones de sincronía y estacionalidad se infirieron a partir de dendrogramas de agrupación jerárquica (función *hclust*), construidos por el método de agrupación de pares no ponderados con medias aritméticas (UPGMA) a partir de una matriz de disimilitud (función *vegdist*) basada en el índice de Jaccard, todo con el paquete *vegan* (Oksanen *et al.*, 2013). La sincronía se infirió a partir de la agrupación de las especies y la estacionalidad por la agrupación de los meses.

#### Información de herbario

Se solicitó al herbario “Dr. Jerzy Rzedowski” (QMEX) una lista de las recolectas para el municipio de Amealco de Bonfil, Querétaro. Sólo se consideraron las especies del área de estudio, además de sus sinónimos y subespecies, recolectadas en localidades con encinar o bosque de *Quercus* como tipo de vegetación original, en diferentes grados de perturbación y asociado o no a coníferas o vegetación acuática y. Se revisó cada ejemplar para confirmar la presencia de floración o fructificación para esa especie durante el tiempo de recolecta. También se tomaron en cuenta los ejemplares encontrados durante la revisión de etiquetas cuya recolecta corresponde al municipio, las especies y los tipos de vegetación mencionados pero que no figuran en la base de datos del herbario.

Debido a que la información era escasa no se pudo construir un calendario fenológico histórico para los encinares de Amealco de Bonfil, Querétaro. Los registros de herbario fueron incluidos dentro del calendario fenológico anual como soporte a las recolectas o como nuevos aportes, con la indicación del número de ejemplares para cada fenofase por mes. También se hicieron comparaciones de los patrones originales de inicio, final, pico de actividad, duración y frecuencia con los resultantes al sumar los registros.

### Análisis climático

Se consultó el historial de resúmenes mensuales para la estación climatológica San Pablo (00022033) en el archivo de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Las variables consideradas fueron temperatura máxima, mínima y media; precipitación máxima, mínima, media y total; así como evaporación máxima, mínima, media y total. Se llevó a cabo un análisis de *environmental fitting* con 1000 permutaciones (función *envfit*), precedido por un escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de solución estable (función *metaMDS*), ambos del paquete *vegan* (Oksanen *et al.*, 2013). Dicha correlación se hizo, por separado, con matrices binarias de floración y de fructificación y una tabla de variables climáticas del periodo octubre 2011-septiembre 2012. No se consideraron los registros agregados al calendario con información de herbario.

### Extrapolación fenológica

Las variables significativas de la correlación climática fueron sometidas a dos análisis de varianza (función *aov*): el primero para contrastar los valores en los años de recolecta con los de la serie de tiempo disponible para el área de estudio y el segundo para comparar los valores promedio del área de estudio con los de otras localidades del municipio. Para el último caso se consultaron los resúmenes mensuales de las estaciones climatológicas de Amealco (00022001) y Presa El Capulín (00022047). El primer análisis se llevó a cabo con datos de la estación San Pablo para los años efectivos del periodo 1973-2012. El segundo se hizo con las medias de los datos de los años efectivos de las tres estaciones para el periodo 1963-2012. También se llevaron a cabo pruebas de Tukey (función *TukeyHSD*) para los análisis de varianza que mostraron diferencias significativas.

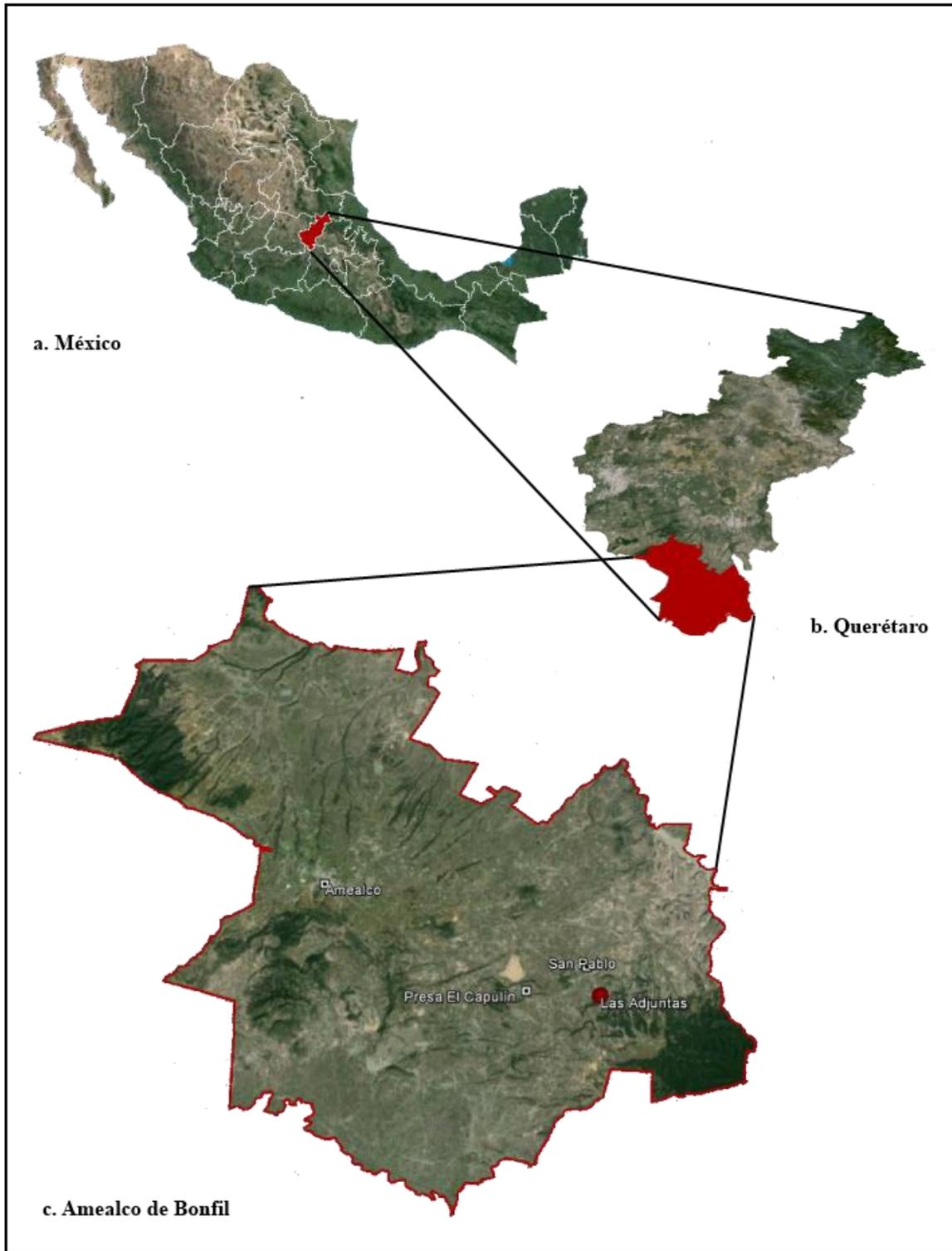
## RESULTADOS

### Patrones fenológicos reproductivos

La localidad de “Las Adjuntas” se encuentra 1.5 km al sureste de la comunidad de Mesillas en Amealco de Bonfil, Querétaro, cerca de las estaciones meteorológicas de San Pablo y Presa El Capulín (Figura 1). El área con vegetación cubre aproximadamente 100 hectáreas, en cuyo centro se conectan dos valles y una cañada formados por tres elevaciones. El primer valle sigue una dirección NO-SE, tiene una longitud aproximada de 0.5 km y por él discurre un arroyo. La cañada va de SO a NE, se extiende a través de casi un kilómetro y en ella corre un arroyo más caudaloso que el primero. El sitio donde confluyen las corrientes y que da nombre a la localidad se encuentra a 20°6'46" N y 100°0'5.5" O, a 2394 msnm. El segundo valle sigue la misma dirección de la cañada, tiene aproximadamente medio kilómetro de longitud y el tercer arroyo corre a través de él.

La localidad presenta una marcada estacionalidad, reflejada en la vegetación (Figura 2), con un periodo de lluvias que va de junio a septiembre y tiene su pico máximo en julio. En el encinar de “Las Adjuntas” predominan *Q. castanea*, *Q. grisea* y *Q. laeta*, cuyos individuos no sobrepasan los 10 m de altura en una conformación poco densa. A lo largo de los arroyos crecen herbáceas subacuáticas (*Polygonum mexicanum* y *Schoenoplectus tabernaemontani*) y árboles típicos de los bosques riparios (*Alnus jorullensis*, *Salix bonplandiana* y *S. humboldtiana*). En los alrededores de la zona también se encontraron pastizales inducidos y amplias zonas de agricultura.

Se encontraron 33 familias, 68 géneros y 95 especies. Asteraceae mostró la mayor riqueza taxonómica, con 36 especies (37.89%), seguida de lejos por Fabaceae y Lamiaceae, con ocho especies cada una (8.42% para cada una). Del resto, dos familias incluyen tres especies (6.32%); nueve más, un par (18.95%) y 19 son representadas por apenas una (20%). En cuanto a géneros, *Salvia* mostró el mayor número de especies, con siete (7.37%), seguido de *Ageratina* y *Stevia*, con cinco cada uno (5.26% para cada uno). De *Quercus* se encontraron tres especies (3.16%), dos para 11 géneros (23.16%) y una para los 53 restantes (55.79%).



**Figura 1.** Localización del área de estudio. **a.** Ubicación geográfica del estado de Querétaro en México. **b.** Ubicación geográfica del municipio de Amealco de Bonfil en Querétaro. **c.** Ubicación geográfica de Las Adjuntas en Amealco de Bonfil y de sus tres estaciones meteorológicas.



**Figura 2.** Vista panorámica del área de estudio en la época seca (arriba) y de lluvias (abajo).

El calendario fenológico (Cuadro 1) corresponde al periodo octubre 2011-septiembre 2012 y contiene 26 especies que mostraron sólo floración (27.37%), 22 únicamente fructificación (23.16%) y 47 con ambas fenofases en el mismo mes (49.47%). También contiene 260 registros fenológicos mensuales, 135 de floración y 125 de fructificación, respaldados por 182 ejemplares botánicos y ocho fotografías. Los registros de floración corresponden a 75 ejemplares con flores abiertas (Figura 3), 55 ejemplares de Asteraceae con corola persistente sobre fruto inmaduro (Figura 4) y cinco ejemplares de *Pinus* con conos inmaduros. Sólo nueve especies mostraron botones, pero siempre acompañados de otra estructura reproductiva, generalmente flores (Figura 5). En cuanto a fructificación, 53 registros corresponden a ejemplares con fruto maduro (Figura 6a-e), 64 a ejemplares con fruto inmaduro (Figura 6f) y ocho a ejemplares de *Pinus* con conos polinizados.

**Cuadro 1.** Calendario fenológico de octubre-2011 a septiembre-2012 del encinar en Las Adjuntas, Amealco de Bonfil, Querétaro. Los meses marcados con líneas horizontales verdes corresponden a floración y las líneas verticales rosas a fructificación.

Especie	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Familia
<i>Acourtia cordata</i>											Floración	Fructificación	Asteraceae
<i>Ageratina choriccephala</i>	Fructificación												Asteraceae
<i>Ageratina deltoidea</i>											Floración	Fructificación	Asteraceae
<i>Ageratina glabrata</i>	Floración	Fructificación											Asteraceae
<i>Ageratina oligocephala</i>										Floración	Fructificación		Asteraceae
<i>Ageratina petiolaris</i>	Fructificación	Floración				Fructificación	Fructificación						Asteraceae
<i>Ageratum corymbosum</i>								Floración	Fructificación	Fructificación	Fructificación		Asteraceae
<i>Alnus jorullensis</i>								Fructificación					Betulaceae
<i>Arctostaphylos pungens</i>									Floración	Fructificación			Ericaceae
<i>Asclepias angustifolia</i>		Floración			Floración								Apocynaceae
<i>Asclepias linaria</i>				Floración									Apocynaceae
<i>Baccharis heterophylla</i>		Floración	Fructificación										Asteraceae
<i>Berberis moranensis</i>					Fructificación								Berberidaceae
<i>Bidens odorata</i>								Fructificación	Fructificación	Fructificación	Fructificación		Asteraceae
<i>Bouvardia laevis</i>					Floración		Floración						Rubiaceae
<i>Bouvardia ternifolia</i>		Floración	Fructificación	Fructificación	Fructificación		Fructificación	Fructificación					Rubiaceae
<i>Brickellia diffusa</i>								Fructificación					Asteraceae
<i>Brickellia nutanticeps</i>	Floración	Fructificación											Asteraceae
<i>Brongniartia intermedia</i>										Fructificación			Fabaceae
<i>Buddleja sessiliflora</i>		Floración						Floración					Scrophulariaceae

<i>Calliandra grandiflora</i>		Fabaceae
<i>Castilleja arvensis</i>	 	Orobanchaceae
<i>Cologania broussonetii</i>		Fabaceae
<i>Conopholis alpina</i>	 	Orobanchaceae
<i>Conyza coronopifolia</i>		Asteraceae
<i>Coriandrum sativum</i>		Apiaceae
<i>Cosmos bipinnatus</i>	 	Asteraceae
<i>Crataegus mexicana</i>	 	Rosaceae
<i>Cuphea aequipetala</i>		Lythraceae
<i>Dahlia coccinea</i>	 	Asteraceae
<i>Dahlia rudis</i>	 	Asteraceae
<i>Dalea reclinata</i>		Fabaceae
<i>Erigeron delphinifolius</i>		Asteraceae
<i>Erigeron galeotti</i>		Asteraceae
<i>Eryngium heterophyllum</i>		Apiaceae
<i>Euphorbia campestris</i>		Euphorbiaceae
<i>Gentiana caliculata</i>		Gentianaceae
<i>Gnaphalium attenuatum</i>	   	Asteraceae
<i>Gomphrena serrata</i>		Amaranthaceae
<i>Halenia brevicornis</i>		Gentianaceae
<i>Heterotheca inuloides</i>	 	Asteraceae
<i>Inula eupatorioides</i>		Asteraceae
<i>Ipomoea purpurea</i>		Convolvulaceae
<i>Lamourouxia rhinanthifolia</i>		Orobanchaceae
<i>Lepechinia schiedeana</i>	 	Lamiaceae



<i>Salvia mexicana</i>		Lamiaceae
<i>Salvia microphylla</i>		Lamiaceae
<i>Salvia patens</i>		Lamiaceae
<i>Salvia polystachia</i>		Lamiaceae
<i>Salvia tiliifolia</i>		Lamiaceae
<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>		Cyperaceae
<i>Senecio inaequidens</i>		Asteraceae
<i>Senecio salignus</i>		Asteraceae
<i>Solanum cervantesii</i>		Solanaceae
<i>Solanum nigrum</i>		Solanaceae
<i>Sprekelia formosissima</i>		Amaryllidaceae
<i>Stevia eupatoria</i>		Asteraceae
<i>Stevia incognita</i>		Asteraceae
<i>Stevia salicifolia</i>		Asteraceae
<i>Stevia serrata</i>		Asteraceae
<i>Stevia viscida</i>		Asteraceae
<i>Symphoricarpos microphyllus</i>		Caprifoliaceae
<i>Tagetes erecta</i>		Asteraceae
<i>Tagetes lucida</i>		Asteraceae
<i>Tithonia tubiformis</i>		Asteraceae
<i>Trifolium wormskioldii</i>		Fabaceae
<i>Tripogandra purpurascens</i>		Commelinaceae
<i>Verbena litoralis</i>		Verbenaceae
<i>Verbesina virgata</i>		Asteraceae
<i>Zephyranthes fosteri</i>		Amaryllidaceae



**Figura 3.** Ejemplares con flores abiertas: **a.** *Sprekelia formosissima*. **b.** *Zephyranthes fosteri* (ambas Amarylidaceae). **c.** *Gentiana caliculata* (Gentianaceae). **d.** *Conopholis alpina* (Orobanchaceae). **e.** *Crataegus mexicana*. **f.** *Prunus serotina* (ambas Rosaceae).



**Figura 4.** Ejemplares de Asteraceae con corola persistente sobre fruto inmaduro: **a.** *Bidens odorata*. **b.** *Cosmos bipinnatus*. **c.** *Stevia incognita*. **d.** *S. salicifolia*. **e.** *Tagetes erecta*. **f.** *Tithonia tubiformis*.



**Figura 5.** Ejemplares con botones florales acompañados de flores abiertas: **a.** *Asclepias angustifolia* (Apocynaceae). **b.** *Senecio inaequidens* (Asteraceae). **c.** *Opuntia robusta* (Cactaceae). **d.** *Salvia microphylla*. **e.** *S. polystachia* (ambas Lamiaceae). **f.** *Bouvardia ternifolia* (Rubiaceae).



**Figura 6.** Ejemplares con fruto: **a.** *Ageratina petiolaris*. **b.** *Stevia salicifolia* (ambas Asteraceae). **c.** *Salvia mexicana* (Lamiaceae). **d.** *Polygonum mexicanum* (Polygonaceae) **e.** *Crataegus mexicana*. **f.** *Prunus serotina* (ambas Rosaceae).

**Inicios de actividad (Figura 7).** El 43.16% de las especies mostraron su primer evento reproductivo en agosto, de las cuales 10 presentaron floración, 13 fructificación y 18 las dos fenofases simultáneamente, por lo que también fue el mes con más inicios de actividad para cada fenofase por separado. Le sigue de lejos marzo, con 10 especies (10.53%). En contraste, durante febrero y diciembre sólo una especie (1.05%) mostró su primer evento reproductivo. En la mitad restante del año dieron inicio a sus eventos reproductivos entre dos y siete especies (33.68% en total) por mes, mientras las 10 especies faltantes (10.53%) mostraron su primer evento de floración en un mes diferente al de su primer evento de fructificación.

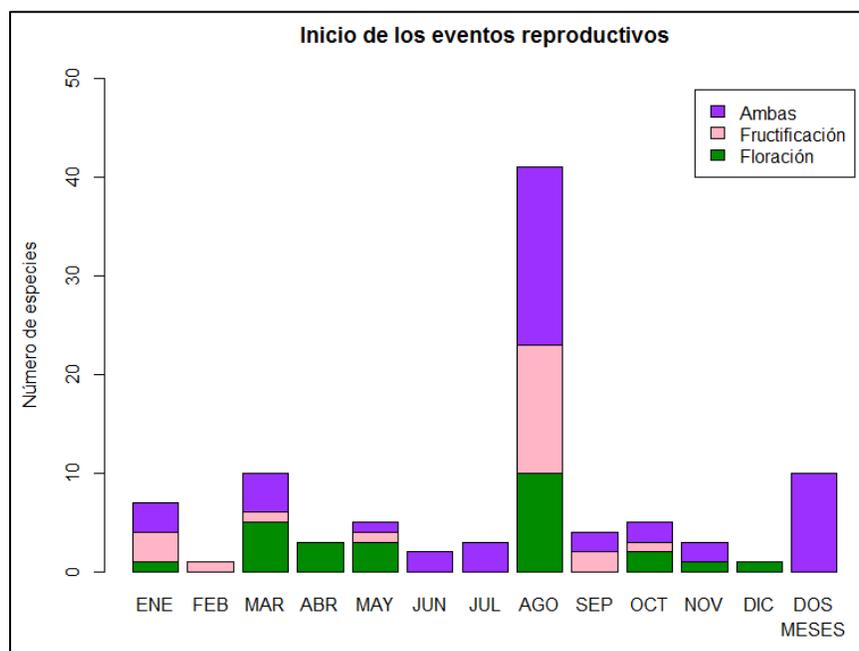
**Picos de actividad (Figura 8).** Agosto fue el mes con más especies en general, con 52, así como en particular para floración (12), fructificación (16) y ambas fenofases (24). Septiembre, octubre y marzo le siguen de lejos, con 23, 21 y 16 especies. Por otro lado, en diciembre sólo tres especies presentaron eventos reproductivos: una en floración, otra en fructificación y la tercera con ambas fenofases. Febrero le sigue de cerca, con cuatro especies. El resto de los meses presentaron entre ocho y 13 especies con al menos una de las fenofases.

**Finales de actividad (Figura 9).** En cuanto a su último evento reproductivo del año, el 34.74% de las especies lo presentaron en agosto: 10 con sólo floración, 12 con únicamente fructificación y 11 con ambas fenofases simultáneas. Octubre ocupa de lejos el segundo lugar, con 14 especies (14.74%). Por el contrario, en febrero, julio y diciembre sólo dos especies (2.1%) mostraron su último evento reproductivo. Durante los demás meses entre tres y siete especies (29.47% en total) mostraron su último evento reproductivo mientras las 14 faltantes (14.74%) presentaron su último evento de floración y de fructificación en meses diferentes.

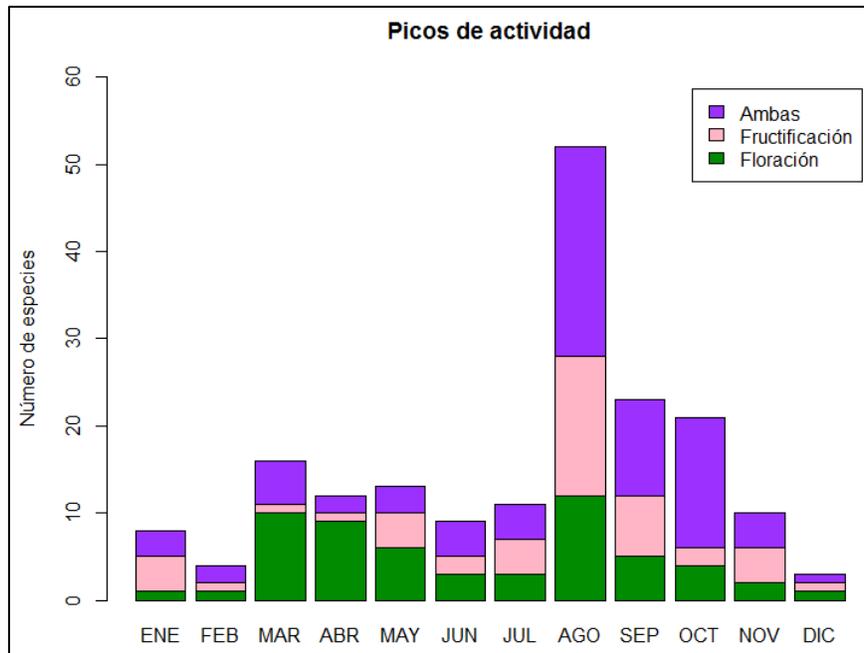
**Duración.** La duración de los eventos fenológicos reproductivos fue de uno a siete meses (Figura 10). El 58.95% de las especies mostró sus eventos durante un mes: 18 con sólo floración, 21 con únicamente fructificación y 17 con ambas fenofases simultáneamente. Las duraciones de dos y de tres meses fueron presentadas únicamente por especies con sólo floración (cinco y 12, respectivamente) y con ambas fenofases (tres y seis, respectivamente). Sólo especies con las dos fenofases presentaron duraciones de cuatro (*Ageratum*

*corymbosum* y *Salvia polystachia*), cinco (*Ageratina petiolaris*, *Bouvardia ternifolia*, *Polygonum mexicanum*, *Senecio inaequidens*, *Stevia salicifolia* y *Stevia serrata*), seis (*Pinus leiophylla*, *Pseudognaphalium purpurascens* y *Salvia microphylla*) y siete meses (*Pinus teocote*).

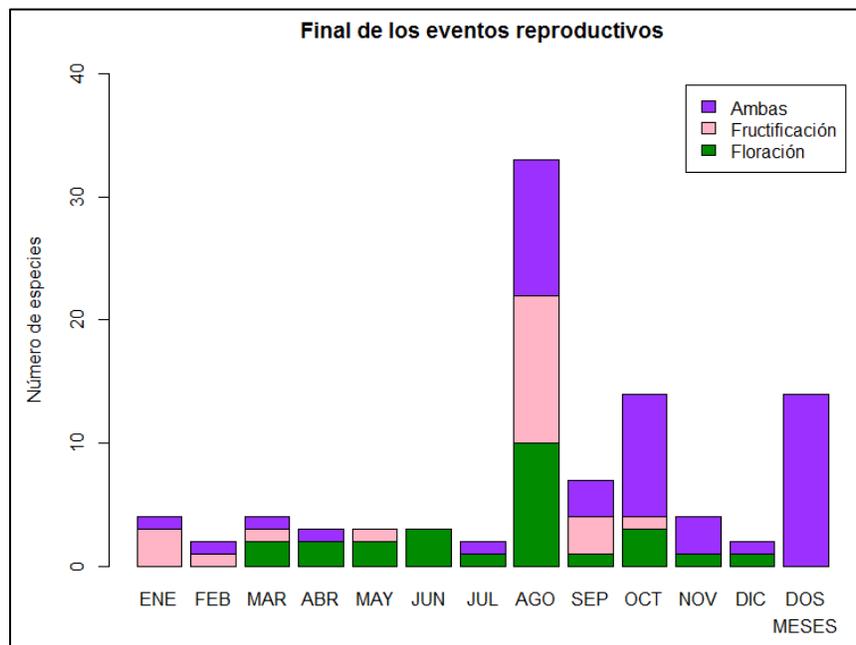
**Frecuencia.** La frecuencia de los eventos fenológicos fue de una a tres veces por año, mientras cuatro especies mostraron patrones peculiares (Figura 11). El 80% de las especies presentó un solo evento reproductivo anual: 21 con sólo floración, 22 con únicamente fructificación y 33 con ambas fenofases simultáneas. De lejos, 14 especies (14.74%) mostraron dos eventos reproductivos al año. Sólo *Senecio inaequidens* tuvo tres eventos con ambas fenofases simultáneas. Las especies restantes mostraron patrones peculiares: *Solanum cervantesii* y *Stevia salicifolia* con un evento de floración y dos de fructificación, *S. serrata* al contrario y *Salvia microphylla* con dos eventos de floración y tres de fructificación.



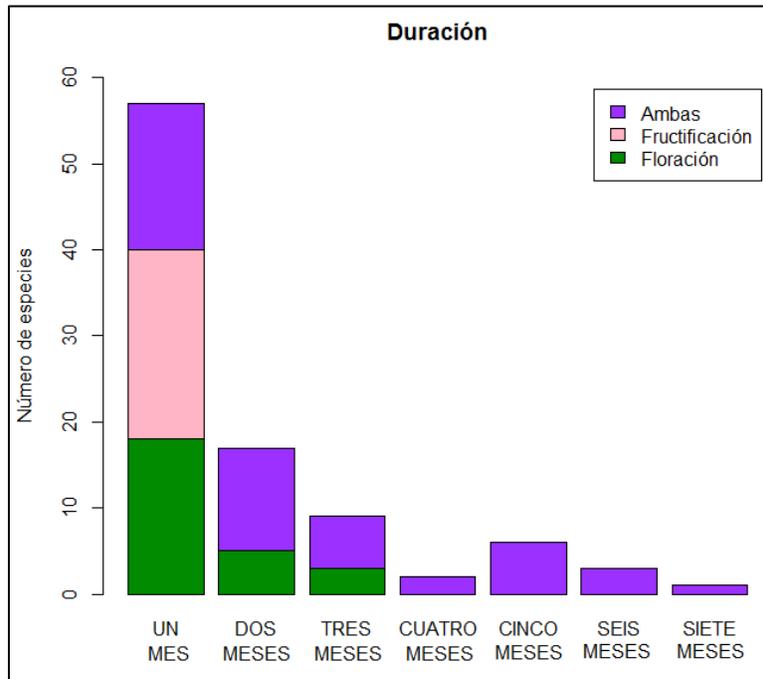
**Figura 7.** Inicio de los eventos fenológicos reproductivos. Las barras indican las especies con su primer evento de sólo floración (verde), sólo fructificación (rosa) o ambas fenofases simultáneas (morado). La columna de dos meses corresponde a las especies que mostraron su primer evento de floración y de fructificación en meses diferentes.



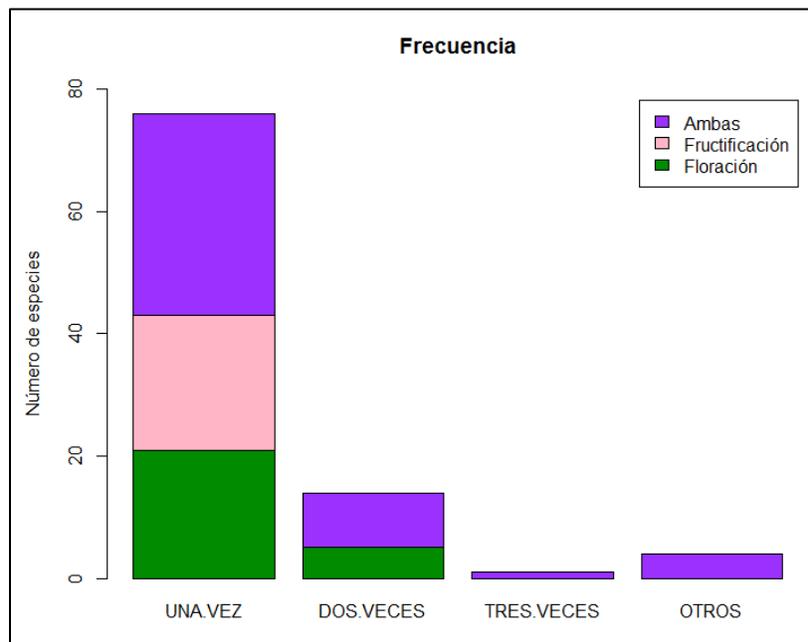
**Figura 8.** Picos de actividad fenológica en el encinar. Las barras indican por mes las especies en floración (verde), fructificación (rosa) o ambas fenofases simultáneas (morado).



**Figura 9.** Final de los eventos fenológicos reproductivos. Las barras indican las especies con su último evento de sólo floración (verde), sólo fructificación (rosa) o ambas fenofases simultáneas (morado). La columna de dos meses corresponde a las especies que mostraron su último evento de floración y de fructificación en meses diferentes.



**Figura 10.** Duración de los eventos fenológicos reproductivos. Las barras indican el número de especies en sólo floración (verde), únicamente fructificación (rosa) y ambas fenofases simultáneas (morado).



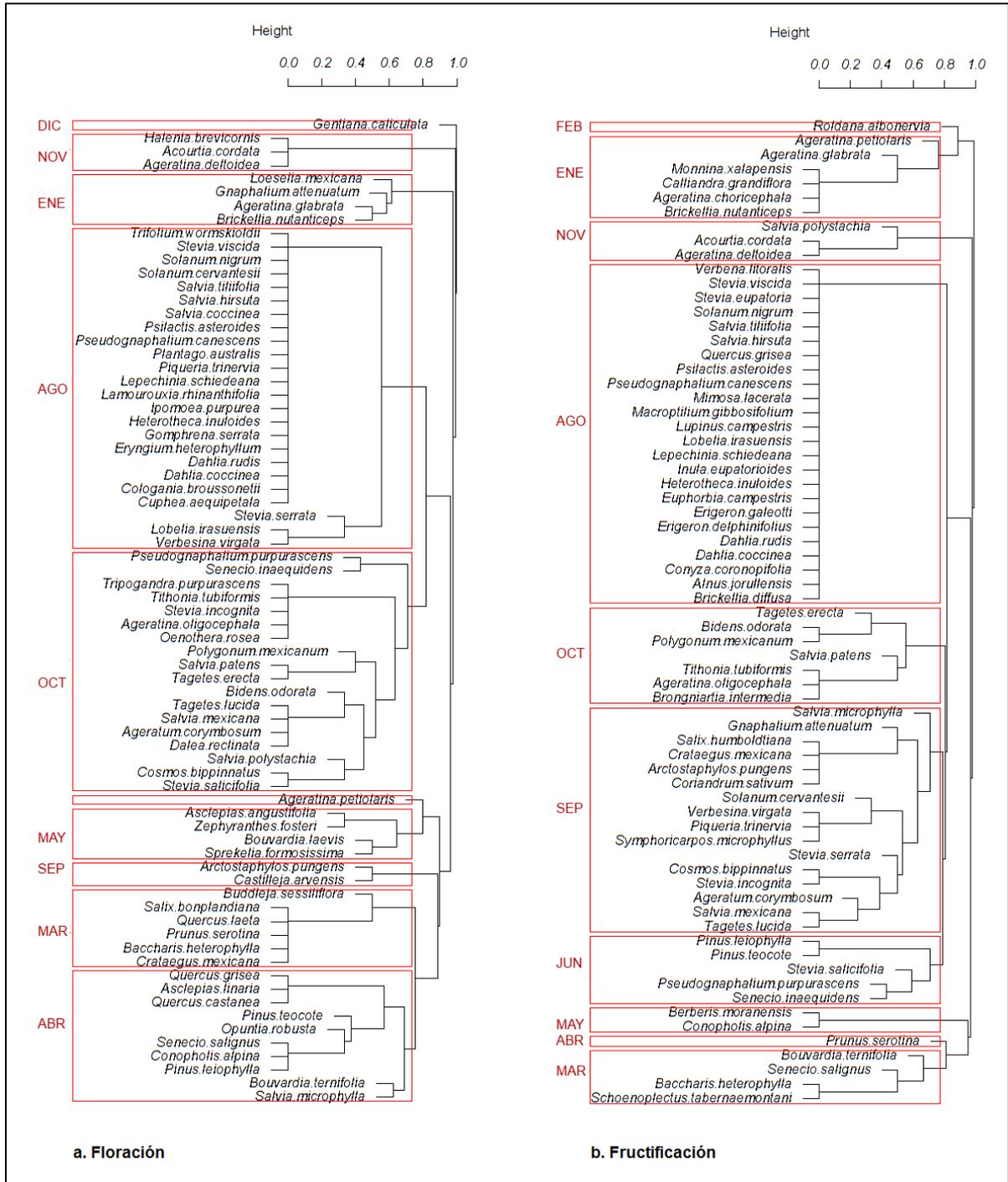
**Figura 11.** Frecuencia de los eventos fenológicos reproductivos. Las barras indican el número de especies en sólo floración (verde), únicamente fructificación (rosa) y ambas fenofases simultáneas (morado).

**Sincronización.** Los dendrogramas de disimilitud entre especies mostraron ocho grupos y dos ramas individuales cada uno (Figura 12). En cuanto al de floración (Figura 12a), los grupos más grandes contienen 24 especies (25.26%) sincronizadas en agosto y 18 (18.95%) en octubre. *Gentiana caliculata* y *Ageratina petiolaris* se ubican cada una en su propia rama, por florecer sólo en diciembre y en febrero-junio-julio, respectivamente. Los grupos con menos especies incluyen dos (2.1%) que sincronizan en septiembre y tres (3.16%) en noviembre. El resto de grupos muestra la sincronía de cuatro (4.21%), cuatro (4.21%), seis (6.32%) y diez (10.53%) especies en enero, mayo, marzo y abril, respectivamente.

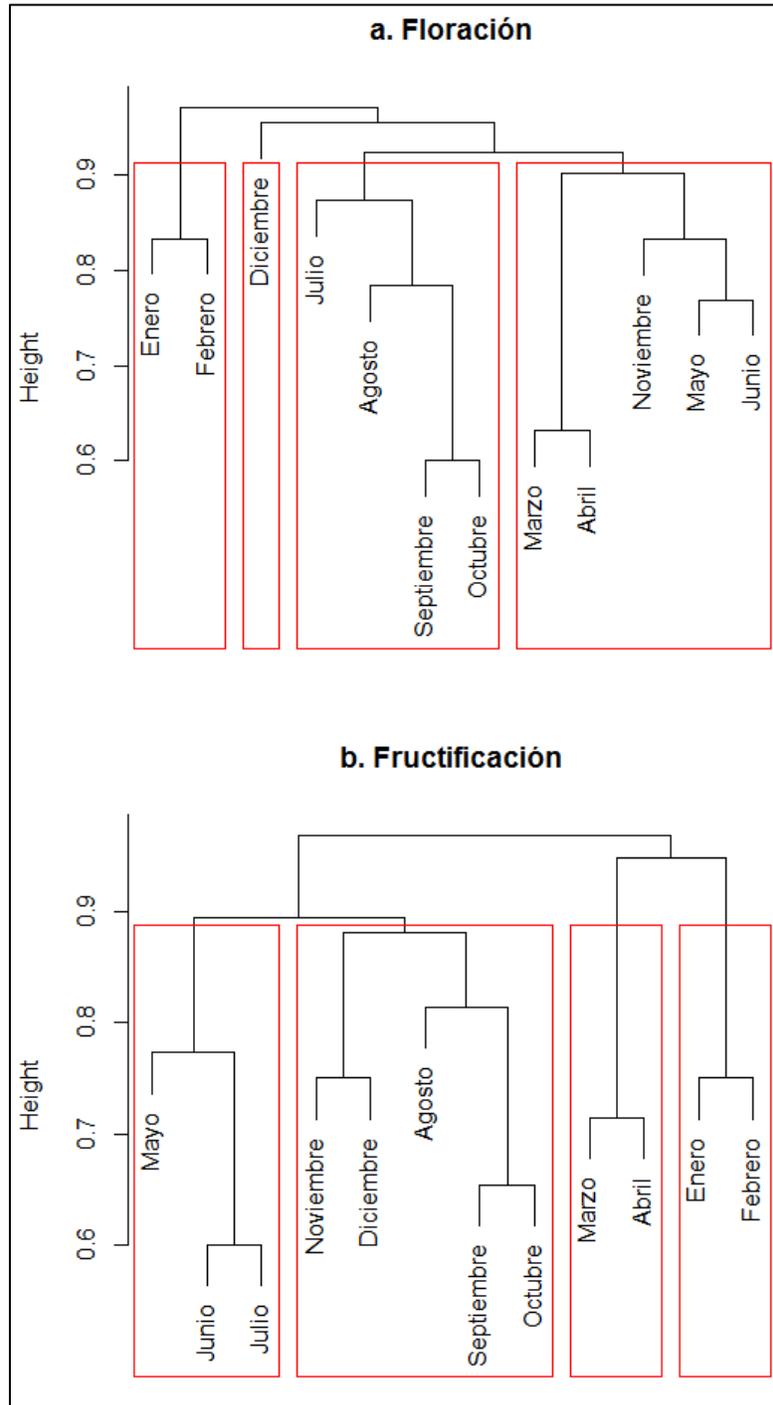
De los grupos en el dendrograma de fructificación (Figura 12b), aquellos con más especies tienen 24 (25.26%) que sincronizan en agosto y 16 (16.84%) en septiembre. *Roldana albonervia* y *Prunus serotina* cuentan con su propia rama, debido a que sólo fructifican en febrero y abril, respectivamente. Los grupos más pequeños contienen dos especies (2.1%) sincronizadas en mayo y tres (3.16%) en noviembre. Los grupos restantes coinciden en marzo, junio, enero y octubre con cuatro (4.21%), cinco (5.26%), seis (6.32%) y siete especies (7.37%), respectivamente.

**Estacionalidad.** Los dendrogramas de disimilitud entre meses separaron al año en cuatro divisiones (Figura 13). El dendrograma basado en la floración (Figura 13a) muestra tres grupos y diciembre en una rama individual. El grupo más grande incluye a marzo, abril, noviembre, mayo y junio, aunque podría subdividirse en marzo-abril y noviembre-mayo-junio. Le sigue el conjunto formado por julio, agosto, septiembre y octubre. Estos últimos grupos son los más cercanos y su rama común está relacionada con la que incluye sólo a diciembre. En el último, lejano al resto, se encuentran enero y febrero.

En el dendrograma basado en la fructificación (Figura 13b) se observan cuatro grupos. El más grande se forma por noviembre, diciembre, agosto, septiembre y octubre, aunque debido a la distancia podrían separarse los dos primeros meses de los tres últimos. El siguiente grupo incluye a mayo, junio y julio, donde los dos últimos meses son bastante cercanos. Las divisiones restantes consisten en los pares marzo-abril y enero-febrero. Los dos primeros grupos surgen de una rama común, que comparte su punto de inicio con otra que da origen al resto de los conjuntos.



**Figura 12.** Dendrogramas de disimilitud entre especies basados en sus patrones mensuales de floración (a) y fructificación (b). Los rectángulos en rojo marcan grupos en sincronía durante su mes correspondiente abreviado.



**Figura 13.** Dendrogramas de disimilitud entre meses basados la persencia/ausencia de especies en floración (a) y fructificación (b).

### Información de herbario

Se obtuvieron 130 registros fenológicos adicionales (Cuadro 2) a partir de 108 ejemplares de herbario recolectados en Amealco de Bonfil, Querétaro, pertenecientes a 33 localidades y 15 tipos de vegetación, con fechas desde 1986 hasta 2013, excepto por 1993, 1994, 2005 y 2006. La localidad que presentó más ejemplares fue “El Picacho, por la desviación a San Pedro Tenango” con 32, seguida por “La Beata” con 13. La mayoría de las recolectas fueron hechas en “bosque de encino”, “bosque de encino y madroño” y “bosque de pino y encino”, con 34, 24 y 17 ejemplares, respectivamente. Los años con más ejemplares fueron 1991, con 16, y 1990, con 14.

El número de registros se divide por igual entre floración y fructificación. Los registros de floración corresponden a 50 ejemplares con flores abiertas, 13 con corola persistente y dos con brotes de cono. Sólo cinco ejemplares presentaron botones, pero siempre acompañados por flores. En cuanto a fructificación, 26 registros corresponden a fruto inmaduro, 33 a fruto maduro, uno a las dos estructuras y cinco a conos polinizados.

En la información de herbario se encontraron 20 familias, 37 géneros y 45 especies. Asteraceae, Fabaceae y Lamiaceae mantienen el mayor número de especies, con 16, cinco y cuatro, respectivamente. Del resto, tres familias presentan al menos dos especies mientras 14 son representadas por apenas una. Entre los géneros, *Ageratina* y *Salvia* conservan el mayor número de especies, con cuatro y tres, respectivamente. Del resto, tres géneros presentan dos especies mientras 32 contienen sólo una.

En cuanto a meses, agosto obtuvo el mayor número de registros adicionales, con 31, de los cuales 18 son soportes a las recolectas de “Las Adjuntas” y sólo 13 aportan registros fenológicos nuevos. Le siguen de cerca octubre, con 27 registros de los cuales 16 son aportes, así como julio y noviembre, con 23 registros cada uno que incluyen 16 y 19 aportes, respectivamente. En contraste, marzo sólo recibió un registro, mientras que mayo, junio y diciembre al menos dos (aportes en todos los casos). Del resto, febrero y abril obtuvieron cuatro registros cada uno (la mitad son aportes para cada uno), septiembre con cinco (cuatro aportes) y enero con seis (cuatro aportes).

**Cuadro 2.** Registros fenológicos tomados de ejemplares recolectados de 1986 a 2013 en 33 localidades de Amealco de Bonfil, Querétaro, con vegetación parecida a encinar.

Especie	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Familia
<i>Ageratina deltoidea</i>											1		Asteraceae
<i>Ageratina glabrata</i>	1												Asteraceae
<i>Ageratina oligocephala</i>										1	1		Asteraceae
<i>Ageratina petiolaris</i>		2											Asteraceae
<i>Ageratum corymbosum</i>											1	1	Asteraceae
<i>Alnus jorullensis</i>											3	1	Betulaceae
<i>Arctostaphylos pungens</i>							1	2					Ericaceae
<i>Asclepias linaria</i>	1			1				3					Apocynaceae
<i>Baccharis heterophylla</i>					1							1	Asteraceae
<i>Berberis moranensis</i>							1						Berberidaceae
<i>Bidens odorata</i>								2			2		Asteraceae
<i>Bouvardia ternifolia</i>							1			1			Rubiaceae
<i>Brickellia nutanticeps</i>	1											1	Asteraceae
<i>Buddleja sessiliflora</i>	1	1											Scrophulariaceae
<i>Calliandra grandiflora</i>						2	2						Fabaceae
<i>Cologania broussonetii</i>								2					Fabaceae
<i>Coriandrum sativum</i>											1		Apiaceae
<i>Cosmos bipinnatus</i>										1			Asteraceae
<i>Crataegus mexicana</i>	1	1		2	1							1	Rosaceae
<i>Cuphea aequipetala</i>								2					Lythraceae
<i>Dahlia coccinea</i>							1	3		3			Asteraceae
							1	3		3			



La información de herbario dio soporte a 24 especies (25.26%), mínimo para alguno de sus registros. *Dahlia coccinea* y *Salvia patens* son las únicas especies cuyos patrones fenológicos en “Las Adjuntas” coinciden con los de la reconstrucción para los encinares de Amealco de Bonfil. Para *Cosmos bipinnatus* y *Senecio inaequidens* sólo mitad de sus patrones encuentran soporte con los datos adicionales del municipio. Las 20 especies restantes (21.05%) tienen uno de sus registros vinculado a información de herbario: 14 de ellas con al menos un ejemplar, 5 con dos y *Stevia eupatoria* con tres.

Los aportes de herbario modifican levemente los patrones de inicio, fin y pico de actividad. Agosto y marzo siguen como los meses más altos en tiempos de inicio, mientras a junio, diciembre y febrero, los meses más bajos, se les suma abril. Tanto agosto, septiembre, octubre y marzo como febrero y diciembre siguen como picos y bajas de actividad, respectivamente, pero con un ligero aumento de registros para cada mes. En finales de actividad, agosto y octubre conservan su mayoría de especies, mientras febrero, julio y diciembre son desplazados por enero y abril con la minoría.

Debido a los aportes, 34 especies (35.79%) ampliaron sus patrones de duración. *Crataegus mexicana* tuvo la mayor cantidad de aportes, lo que amplió sus rangos de floración y fructificación desde un mes hasta seis y tres, respectivamente. *Dahlia coccinea* sumó cuatro registros a sus eventos reproductivos, mientras *Arctostaphylos pungens*, *Calliandra grandiflora*, *Asclepias linaria* y *Solanum cervantesii* agregaron tres cada una. Del resto, 11 especies (11.58%) sumaron dos registros a sus patrones originales, lo que en general duplicó su duración, mientras otras 17 (17.89%) añadieron apenas un registro.

En cuanto a frecuencia, 23 especies (24.21%) modificaron sus patrones gracias a los aportes. Sólo *Senecio inaequidens* pasó de tener tres eventos a dos en una de sus fenofases, mientras el resto de las especies aumentaron sus frecuencias. De ellas, cuatro modificaron la frecuencia de una de sus fenofases de 0 a una vez, *Quercus castanea* de 0 a 2 veces, ocho especie de una a dos veces, *Baccharis heterophylla* de una a tres veces, *Loeselia mexicana* de dos a tres veces y *Polygonum mexicana* de tres a cuatro veces. Las seis especies restantes modificaron las frecuencias para ambas fenofases en forma dispareja.

### Análisis climático

De las 11 variables consideradas para el análisis de *environmental fitting*, sólo dos resultaron significativas para floración: temperatura mínima y temperatura media. Las direcciones del gradiente terminan en (0.98, -0.14) para el vector de temperatura mínima y en (0.96, -0.25) para el de temperatura media, mientras las fuerzas del gradiente ( $r^2$ ) son de 0.56 y 0.55, respectivamente (Cuadro 3).

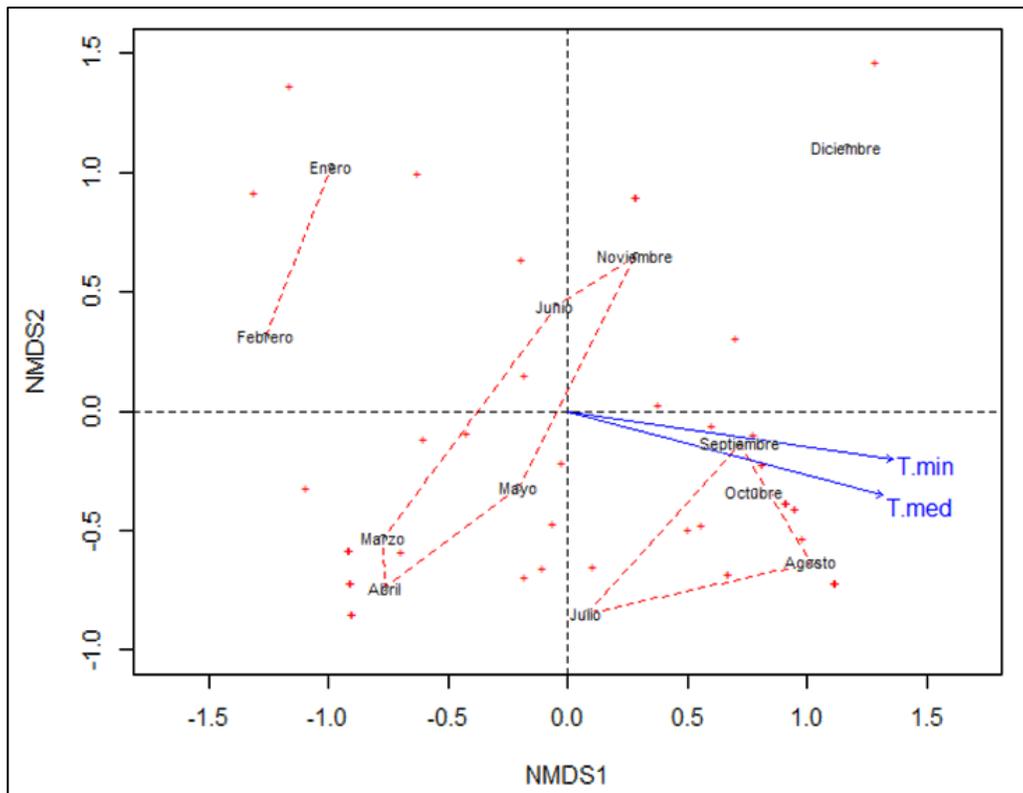
En la gráfica de ordenación de los meses basada en la floración (Figura 14), cuyas divisiones corresponden al dendrograma de estacionalidad, sólo parte del grupo julio-agosto-septiembre-octubre es atravesado por los vectores de las variables significativas. Dicho conjunto se encuentra en el cuadrante inferior derecho, donde los vectores pasan cerca de agosto, septiembre y octubre pero lejos de julio. El grupo marzo-abril-noviembre-mayo-junio toca los cuadrantes restantes, pero la mayoría de los meses se ubican en el inferior izquierdo. El par enero-febrero, en el cuadrante superior izquierdo, y diciembre, en el cuadrante superior derecho, se encuentran alejados de los primeros dos grupos, que son relativamente cercanos.

En el caso de la fructificación, el análisis de *environmental fitting* mostró tres variables significativas: temperatura mínima, temperatura media y precipitación mínima. Las direcciones del gradiente terminan en (0.87, 0.47), (0.77, 0.62) y (-0.5, 0.86), mientras las fuerzas de gradiente son de 0.56, 0.58 y 0.5 para cada variable, respectivamente (Cuadro 4).

En la gráfica de ordenación de los meses basada en la fructificación (Figura 15), los vectores de temperatura mínima y media pasan cerca de agosto, octubre y septiembre, en el cuadrante superior derecho. Dichos meses forman un grupo con noviembre y diciembre, pero estos meses quedan excluidos de la dirección del gradiente por estar en el cuadrante inferior derecho. Por otro lado, en el cuadrante izquierdo el vector de precipitación mínima pasa muy cerca de mayo, que forma un grupo con junio y julio. En el mismo cuadrante se ubica el par marzo-abril. Mientras los tres grupos mencionados se ubican consecutivamente en el sentido horizontal en la gráfica y ocupan sobre todo los cuadrantes superiores, el par enero-febrero se encuentra cerca de la línea -1 del cuadrante inferior izquierdo.

**Cuadro 3.** Resultados del análisis *environmental fitting* para las especies en floración. Las variables significativas se muestran subrayadas.

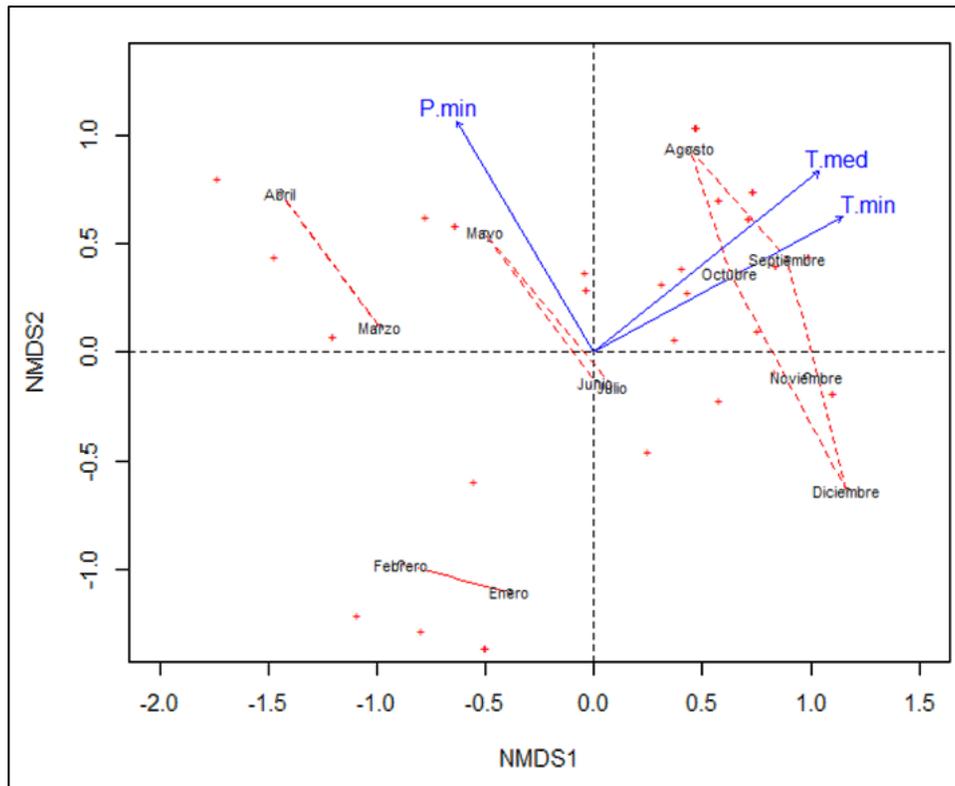
Variable		NMDS1	NMDS2	r <sup>2</sup>	<u>p</u>
TEMPERATURA	máxima	0.99888	-0.04724	0.359	0.14885
	mínima	0.98924	-0.1463	0.567	<u>0.02797</u>
	media	0.96597	-0.25867	0.5574	<u>0.02498</u>
PRECIPITACIÓN	máxima	0.38724	-0.92198	0.1576	0.46354
	mínima	-0.31149	-0.95025	0.2384	0.31868
	media	0.47733	-0.87872	0.1868	0.35365
	total	0.47288	-0.88113	0.1944	0.33766
EVAPORACIÓN	máxima	-0.95515	0.29613	0.2479	0.24476
	mínima	-0.22438	-0.9745	0.1384	0.51049
	media	-0.58228	-0.81299	0.1833	0.39461
	total	-0.58137	-0.81364	0.1833	0.3956



**Figura 14.** Ordenación los meses basada en la floración de las especies y su correlación con las variables climáticas. Sólo las variables de temperatura media (T.med) y temperatura mínima (T.min) resultaron significativas.

**Cuadro 4.** Resultados del análisis *environmental fitting* para las especies en fructificación. Las variables significativas se muestran subrayadas.

Variable		NMDS1	NMDS2	r <sup>2</sup>	<u>p</u>
TEMPERATURA	máxima	0.84972	0.52723	0.3752	0.12787
	mínima	0.87761	0.47937	0.562	<u>0.03696</u>
	media	0.77915	0.62684	0.5843	<u>0.02697</u>
PRECIPITACIÓN	máxima	0.1233	0.99237	0.2292	0.30769
	mínima	-0.50982	0.86028	0.5087	<u>0.02198</u>
	media	0.35785	0.93378	0.0997	0.64136
	total	0.35814	0.93367	0.1002	0.63636
EVAPORACIÓN	máxima	-0.48951	-0.872	0.32	0.17083
	mínima	-0.53126	0.84721	0.2036	0.35265
	media	-0.9866	0.16315	0.127	0.52647
	total	-0.98621	0.16551	0.1268	0.52747



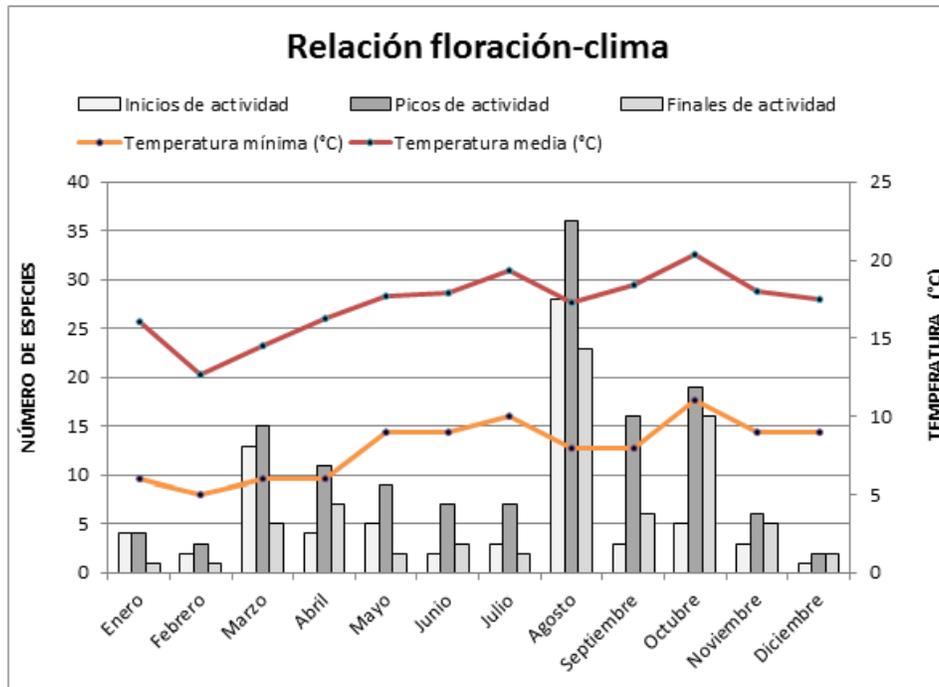
**Figura 15.** Ordenación los meses basada en la floración de las especies y su correlación con las variables climáticas. Sólo las variables temperatura media (T.med), temperatura mínima (T.min) y precipitación mínima (P.min) resultaron significativas.

Al relacionar las variables significativas y los patrones de inicio, pico y final de los eventos de floración (Figura 16) se observa que los meses cercanos a la dirección del gradiente tienen valores de 8, 8 y 11°C de temperatura mínima, así como a 17.3, 18.4 y 20.4°C de temperatura media. Estos tres meses muestran los picos de actividad más altos del año, agosto y octubre los números más altos para últimos eventos y agosto el mayor número de especies con su primer evento.

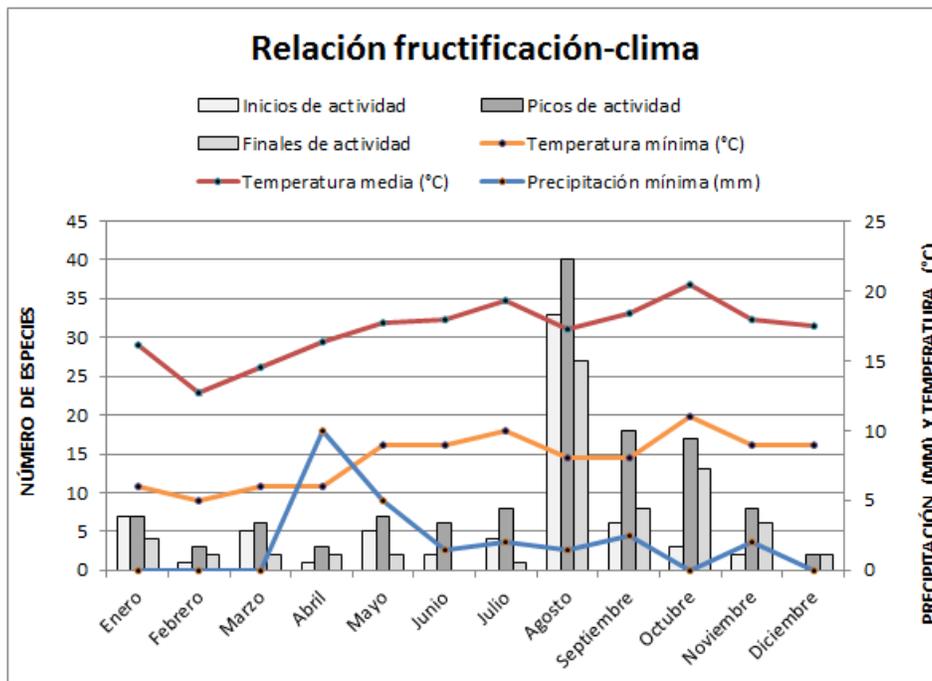
Marzo muestra valores altos de inicio y pico de actividad (13 y 15 spp.), que disminuyen mes con mes hasta llegar a julio, mientras las temperaturas mínima y media aumentan de 6 y 14.5°C hasta 10 y 19.3°C, respectivamente. Estos meses, junto con noviembre, forman el grupo más grande de la ordenación. Enero, febrero y diciembre, los dos primeros como par en la gráfica, muestran las cantidades más bajas para inicio, pico y final de actividad, así como valores de 6, 5 y 9°C de temperatura mínima además de 16.1, 12.7 y 17.5°C de temperatura media, respectivamente.

La relación entre las variables significativas del *environmental fitting* de fructificación y sus patrones correspondientes de inicio, pico y final de actividad (Figura 17) muestran para agosto, septiembre y octubre los mismos valores de temperatura mínima y media que en la floración. En el caso de la precipitación mínima, mayo muestra 5 mm, el segundo valor más alto del año. Por otra parte, este mes no muestran valores de inicio, pico y final de actividad notablemente diferentes al resto.

Los pares de la ordenación restantes muestran valores muy similares de las variables climáticas, así como de los inicios, picos y finales de actividad entre sus meses. Noviembre y diciembre presentan 9°C temperaturas mínima, 18 y 17.5°C de temperatura media y 2 y 0 mm de precipitación mínima, aunque las cantidades de especies son más altas para el primer mes. Entre junio y julio no hay diferencias notables entre las cantidades de especies ni entre los valores de las variables significativas. Marzo presenta ligeramente más especies que abril mientras tienen 6°C de temperatura mínima, 14.5 y 16.3°C de temperatura mínima y 0 y 10°C de precipitación mínima. Entre enero y febrero pasa lo mismo, pues el primer mes muestra el doble o más de las cantidades del segundo, además de 6 y 5 °C de temperatura mínima, 16.1 y 12.7°C de temperatura media y 0 mm de precipitación mínima.



**Figura 16.** Relación entre las variables climáticas significativas del *environmental fitting* y los inicios, picos y finales de floración.



**Figura 17.** Relación entre las variables climáticas significativas del *environmental fitting* y los inicios, picos y finales de fructificación.

### Extrapolación fenológica

El análisis de varianza entre la serie de tiempo de la estación San Pablo mostró diferencias significativas sólo para temperatura mínima ( $p=0.0003$ ) y temperatura media ( $p=0.000026$ ). Los análisis de temperaturas mínima y media se llevaron a cabo con 27 años efectivos, mientras el de precipitación mínima ( $p=0.568$ ) apenas con 12. Los valores de  $p$  ajustada se mostraron significativos para 11 y 20 pares de años en las pruebas de Tukey para temperatura mínima (Cuadro 5) y temperatura media (Cuadro 6), respectivamente.

Casi todos los pares significativos incluyen al año 2011, excepto por dos que involucran al 2012 y uno al 2010. El 2011 presentó diferencias significativas con los años 1973, 1974, 1986, 1987, 1988, 1990 y 2009 tanto para temperatura mínima como para temperatura media; con 1983, 1984 y 1998 sólo para temperatura mínima y con 1975, 1976, 1977, 1978, 1979, 1980, 1981, 1991, 2001 y 2008 únicamente para temperatura media. En los pares faltantes, 2012 mostró diferencias significativas con 1986 para temperatura mínima, así como 2010 y 2012 con 2009 para temperatura media. Las diferencias se debieron a que 2010, 2011 y 2012 presentaron rangos de datos más altos que el resto de los años: 5-10°C contra 0-5°C para temperatura mínima y 15-20°C contra 10-15°C para temperatura media (Figura 18).

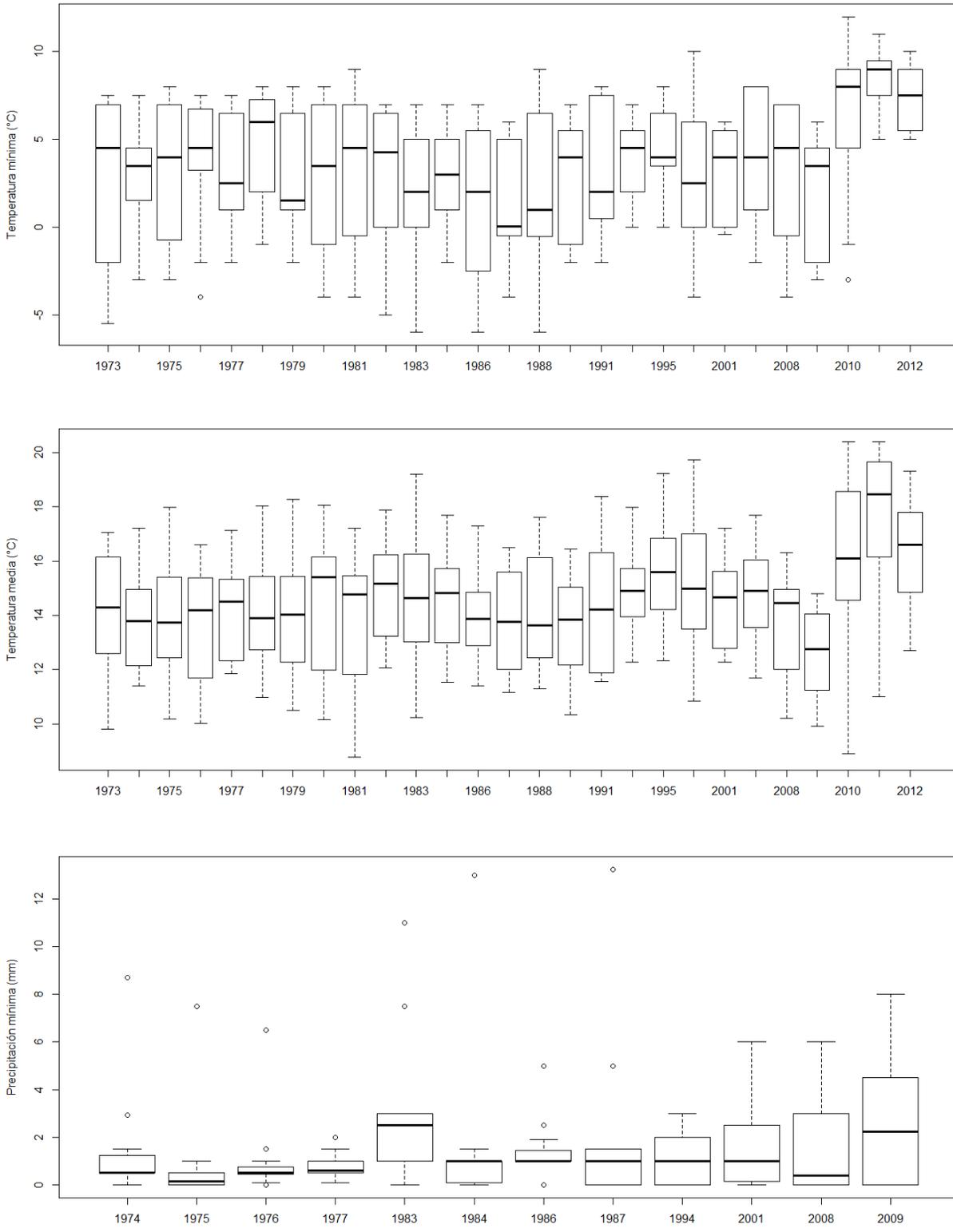
El análisis de varianza entre las estaciones climatológicas de Amealco de Bonfil para los promedios de las variables no mostró diferencias significativas. En el caso de temperatura mínima ( $p=0.74$ ), las medias se encuentran cercanas a cuatro, con máximas y mínimas alrededor de 7 y 0, respectivamente (Figura 17, izquierda); mientras en la temperatura mínima ( $p=0.986$ ) las medias están próximas a 14, con máximas y mínimas próximas a 17 y 11, respectivamente (Figura 17, derecha). El análisis de varianza para precipitación mínima no pudo llevarse a cabo por un hueco de datos en las estaciones climatológicas de Amealco y Presa El Capulín.

**Cuadro 5.** Pares de años con diferencias significativas en la prueba de Tukey para el análisis de varianza de temperaturas mínimas.

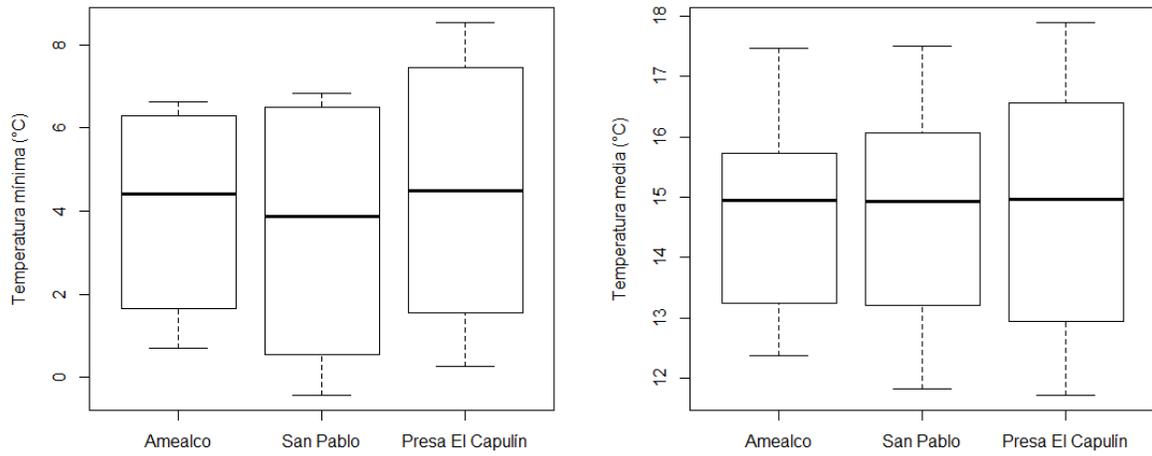
<b>Pares</b>	<b>Diferencia</b>	<b>Intervalo de confianza</b>	<b><i>p</i> ajustada</b>
2011-1973	5.63E+00	0.05054532 1 - 1.199455	0.0447855
2011-1974	5.63E+00	0.05054532 1 - 1.199455	0.0447855
2011-1983	6.75E+00	1.17554532 1 - 2.324455	0.002643
2011-1984	5.67E+00	0.09221199 1 - 1.241121	0.0408488
2011-1986	6.92E+00	1.34221199 1 - 2.491121	0.0016451
2012-1986	5.67E+00	0.09221199 1 - 1.241121	0.0408488
2011-1987	6.74E+00	1.16721199 1 - 2.316121	0.0027055
2011-1988	6.18E+00	0.60054532 1 - 1.749455	0.0122313
2011-1990	5.83E+00	0.25887865 1 - 1.407788	0.0279707
2011-1998	5.83E+00	0.25887865 1 - 1.407788	0.0279707
2011-2009	6.50E+00	0.92554532 1 - 2.074455	0.005251

**Cuadro 6.** Pares de años con diferencias significativas en la prueba de Tukey para el análisis de varianza de temperaturas medias.

<b>Pares</b>	<b>Diferencia</b>	<b>Intervalo de confianza</b>	<b><i>p</i> ajustada</b>
2011-1973	3.80E+00	0.487452967 - 7.1092137	0.0069388
2011-1974	4.07E+00	0.754952967 - 7.3767137	0.0020171
2011-1975	3.92E+00	0.604952967 - 7.2267137	0.004082
2011-1976	4.09E+00	0.781619633 - 7.4033804	0.001774
2011-1977	3.62E+00	0.306619633 - 6.9283804	0.0150922
2011-1978	3.60E+00	0.284119633 - 6.9058804	0.016566
2011-1979	3.87E+00	0.5582863 - 7.180047	0.0050512
2011-1980	3.38E+00	0.069952967 - 6.6917137	0.0385859
2011-1981	3.87E+00	0.559952967 - 7.1817137	0.0050132
2011-1986	3.80E+00	0.487452967 - 7.1092137	0.0069388
2011-1987	3.94E+00	0.6282863 - 7.250047	0.0036654
2011-1988	3.56E+00	0.249119633 - 6.8708804	0.0191193
2011-1990	4.17E+00	0.857452967 - 7.4792137	0.0012251
2011-1991	3.41E+00	0.099952967 - 6.7217137	0.0344362
2011-2001	3.32E+00	0.0132863 - 6.635047	0.0476308
2011-2008	4.22E+00	0.9057863 - 7.527547	0.0009639
2010-2009	3.49E+00	0.182452967 - 6.8042137	0.0249845
2011-2009	5.15E+00	1.8407863 - 8.462547	0.0000055
2012-2009	3.77E+00	0.457452967 - 7.0792137	0.0079203



**Figura 18.** Gráficas de caja para tres variables de la Estación San Pablo durante el periodo 1973-2013: temperatura media (arriba), temperatura mínima (en medio) y precipitación mínima (abajo).



**Figura 19.** Gráficas de caja para dos variables de las tres estaciones climáticas de Amealco de Bonfil, Querétaro: temperatura mínima (izquierda) y temperatura media (derecha).

## DISCUSIÓN

Sólo el 47% de las especies mostró ambas fenofases durante el año de recolecta. Las especies que presentaron únicamente floración admiten dos explicaciones: la primera, que los tiempos de fructificación, por ser breves, no coincidieran con los de recolecta; la segunda, que la fructificación no se haya presentado. El hecho de que el calendario fenológico incluya especies sólo con eventos de fructificación indica que los esfuerzos de recolecta no fueron suficientes para cubrir todos los tiempos de floración, que se deducen breves. De hecho, las 28 especies de Asteraceae en floración se consideraron sólo por sus corolas persistentes, pues en ningún caso se observó la flor sin polinizar. Aunque podrían inferirse los patrones de floración faltantes, es difícil establecer con seguridad si se deben considerar para el mismo mes que la fructificación, el mes anterior o ambos, ya que no hay estudios fenológicos para las especies en cuestión.

Agosto siempre tuvo la mayor cantidad de especies en los tiempos de ocurrencia, seguido de cerca por septiembre y octubre en picos de actividad y por octubre en finales de actividad. Los tres meses mantuvieron sus respectivas posiciones una vez incluidos los registros de herbario, aunque cada uno aumentó ligeramente sus cantidades en picos de actividad. Agosto también presentó los porcentajes más altos de sincronización para las dos fenofases (25.26% para ambos casos), mientras octubre (18.95%) y septiembre (16.84%) fueron segundos lugares para floración y para fructificación, respectivamente. Los tres meses se agrupan con julio en el dendrograma de floración y con noviembre-diciembre en el de fructificación, pero los vectores de temperatura mínima y temperatura media en la ordenación sugieren que agosto-septiembre-octubre es un conjunto independiente. En los análisis de *environmental fitting* se observa que estos meses tienen una correlación positiva con las variables en el caso de la floración y negativa con respecto a la fructificación.

Lo anterior indica que la época reproductiva en el área de estudio va de agosto a octubre, con un pico de actividad en el primer mes, cuando la mayoría de las especies sincronizan sus eventos reproductivos. La temperatura ambiental es la variable que desencadena el inicio las fenofases en este periodo del año, lo que corresponde a lo dicho por Fenner

(1998) y Alvarado *et al.* (2002) para bosques templados. Los valores de temperatura media y temperatura mínima aumentan a través de la época reproductiva, lo que sucesivamente favorece la floración y desfavorece la fructificación. El hecho de que agosto sea pico de actividad para ambas fenofases, sin embargo, hace pensar que los valores de las variables climáticas al inicio de la época reproductiva bastan para disparar los eventos reproductivos en la mayoría de las especies.

Dos estudios fenológicos en bosques templados de Michoacán no mostraron una época reproductiva definida para 13 especies arbóreas (Cortés-Flores *et al.*, 2011) y para 112 especies dominantes (Cornejo-Tenorio e Ibarra-Manríquez, 2007). En el segundo caso se encontró correlación entre los patrones fenológicos y la precipitación, positiva para floración y negativa para fructificación, una dinámica similar a la de los bosques tropicales. El periodo reproductivo en dicha comunidad vegetal se presenta en la época seca y en la de lluvias se observa un segundo pico, ambos correlacionados con la insolación (Ochoa-Gaona *et al.*, 2008), lo que difiere completamente a lo encontrado en el presente trabajo. La época reproductiva en “Las Adjuntas”, sin embargo, coincide con parte del periodo reproductivo principal de una comunidad de zonas áridas, el cual además se extiende tres meses más y muestra correlación positiva con las lluvias (León de la Luz *et al.*, 1996).

Marzo aparece como segundo lugar en los tiempos de inicio, con picos de actividad igual de altos que disminuyen en los meses siguientes hasta julio. Dichas posiciones se conservan después de incluir la información de herbario. En el dendrograma basado en la floración, marzo se incluye con abril, mayo, junio y noviembre, mientras el establecido con la fructificación reúne a marzo con abril y coloca a mayo, junio y julio en un grupo aparte. De estos meses, sólo mayo se encuentra muy cerca del vector de precipitación mínima, únicamente en la gráfica de ordenación basada en la fructificación. Dicho mes coincide con el segundo valor más alto de precipitación mínima, por lo que se considera una correlación positiva entre la variable ambiental y los eventos de fructificación.

Lo anterior sugiere una época reproductiva secundaria, de marzo a julio, de menor actividad y con predominancia de la floración. Este periodo del año corresponde a la época reproductiva principal en algunos bosques tropicales (Ochoa-Gaona *et al.*, 2008) y zonas áridas (León de la Luz *et al.*, 1996) de México, definidas por la insolación y la

precipitación, respectivamente. En el caso de “Las Adjuntas”, las variables ambientales podrían ser las mismas. Los picos de actividad de floración descienden conforme las variables de temperatura aumentan, lo que representa un efecto contrario al esperado. Los patrones de fructificación, relativamente uniformes de marzo a julio, tampoco parecen estar determinados por la temperatura pero sí por la precipitación mínima, al menos en mayo. Otros factores podrían estar influyendo en los eventos fenológicos reproductivos de estos meses, como la irradiación global solar, que es alta de marzo a septiembre en el suroeste de Querétaro (Almanza *et al.*, 1992; Estrada-Cajigal y Almanza, 2005), o la longitud del día, que comienza a extenderse desde el equinoccio de primavera en marzo y alcanza su máximo en junio (Ray, 1963). Cabe resaltar que este periodo del año presenta una menor actividad fenológica que la época reproductiva debido a que esta última procede a la época de crecimiento, determinada por la precipitación, lo que asegura grandes cantidades de fotosintatos disponibles para generar tejido no fotosintético y néctar (Lechowicz, 1995).

Febrero y diciembre presentaron siempre los números más bajos en los tiempos de ocurrencia. Al agregar los datos de herbario ambos meses se mantienen como bajas de actividad, aunque con un sutil aumento de sus cantidades; en inicios de actividad se les suma abril y en finales dicho mes junto con enero los desplazan con las cantidades más bajas. En el dendrograma basado en floración, diciembre se encuentra solo y febrero con enero, mientras en la gráfica de ordenación estos conjuntos se encuentran lejos entre sí y de los otros grupos. En el dendrograma de fructificación se repite el par enero-febrero y diciembre se agrupa con noviembre, pues ambos se separaron de agosto-septiembre-octubre debido a los vectores; además, enero y febrero se encuentran lejos del resto de los meses en la ordenación. Los tres meses corresponden al invierno y, por tanto, a los valores más bajos de las dos variables de temperatura significativas en el análisis de *environmental fitting*.

Los meses de invierno representan la época de menor actividad para la floración y la fructificación en “Las Adjuntas”, tal como advierten Fenner (1998) y Alvarado *et al.* (2002) para bosques templados. En esta estación del año los meses no sólo muestran los valores más bajos de temperatura media, temperatura mínima y precipitación mínima, sino que también son conocidos por las cortas longitudes en sus días (Ray, 1963) y, por ende, una escasa irradiación solar (Almanza *et al.*, 1992; Estrada-Cajigal y Almanza, 2005). De hecho,

Ray (1963) considera el invierno como una época de latencia en los bosques templados de la latitud 43° norte. Cabe señalar que noviembre, de características transitorias entre la época reproductiva y el periodo invernal de latencia, representa un mes peculiar con la más baja sincronización de especies para ambas fenofases y en el cual quizá el fotoperiodo o la irradiación solar juegan un papel más importante que la temperatura.

De acuerdo a los patrones de duración y frecuencia, el 58.95% de las especies presentó eventos fenológicos reproductivos de un mes una vez al año, el 21.05% de dos a siete meses una vez al año, el 14.74% de dos a seis meses dos veces al año y *Senecio inaequidens* tres eventos de cinco meses. *Solanum cervantesii*, *Stevia salicifolia*, *S. serrata* y *Salvia microphylla* mostraron frecuencias diferentes para floración y fructificación. Según Fenner (1998), sin embargo, la frecuencia de los eventos reproductivos en bosques templados tiende a ser anual. El calendario fenológico, de hecho, muestra huecos entre meses consecutivos para algunas especies, que bien podrían carecer de información debido a un esfuerzo de recolecta insuficiente ante periodos breves de floración o fructificación.

La sospecha parece confirmarse parcialmente con los registros de herbario para determinados casos. Para otras especies, en cambio, mientras la información de herbario mostró fenofases en meses adicionales a los observados en el área de estudio, los muestreos fenológicos confirmaron con certeza la ausencia de floración o de fructificación. Bernier y Périlleux (2005) afirman que, mientras el factor principal es favorable, en este caso la temperatura, variaciones en factores secundarios podrían anular el comienzo de la fenofase. Esto podría explicar las diferencias en los patrones fenológicos reproductivos de dos áreas con clima similar.

No se encontró información sobre recolectas hechas en el área de estudio o localidades cercanas, por lo que se decidió hacer una comparación con los registros para Amealco de Bonfil, Querétaro. Los 108 ejemplares encontrados cubrieron aproximadamente la mitad de las especies encontradas en “Las Adjuntas”, lo que ni siquiera permitió la construcción de un calendario fenológico regional. Sólo en *Dahlia coccinea* y *Salvia patens* hubo una coincidencia completa entre los patrones fenológicos del área de estudio y las localidades con vegetación similar en Amealco de Bonfil. Durante el filtrado de información se encontraron una gran cantidad de ejemplares correspondientes a las especies del área de

estudio, pero en sitios alterados como los bordes de las carreteras y las zonas de cultivo cercanos.

Aunque Ochoa-Gaona y de la Cruz-Arias (2002) concluyeron que la información de herbario es un complemento valioso para estudios fenológicos, en el caso de Amealco las localidades consideradas debido a los esfuerzos de recolecta aportan poca información comparable. Tomando en cuenta que México carece de redes de observación fenológica como Estados Unidos de América o Europa (Hopp, 1974; Haggerty y Mazer, 2008), las recolectas deberían concentrar esfuerzos adicionales al registro del estado fenológico de las especies, lo que ha permitido a otros países la realización de estudios fenológicos que cubren un largo plazo (Gallagher *et al.*, 2009).

Los patrones fenológicos reproductivos encontrados pueden extrapolarse cuatro décadas atrás en el área de estudio y dos hacia otras localidades de Amealco de Bonfil. Aunque al principio se encontraron diferencias significativas en los valores de temperatura mínima y temperatura media, las pruebas de Tukey demostraron que las únicas diferencias estaban dadas entre 2011 y al menos 20 años. El trabajo de campo, sin embargo, sólo consideró a octubre, noviembre y diciembre de 2011, meses que fueron considerados dentro de los valores normales de temperatura por el SMN (2011).

## CONCLUSIONES

La época reproductiva en “Las Adjuntas” va de agosto a octubre, tiene su pico de actividad y de sincronización en el primer mes y está determinada por la temperatura ambiental, positivamente para floración y negativamente para fructificación, como corresponde para otros bosques templados. Este periodo no corresponde al de comunidades similares pero sí al de zonas áridas en México. También se encontró una época reproductiva secundaria, de marzo a julio, con menor actividad, predominantemente de floración. Los eventos fenológicos reproductivos de este periodo del año parecen estar determinados por valores altos en precipitación mínima, fotoperiodo e irradiación solar. Los meses de invierno representan la época de menor actividad fenológica, que se relaciona con la latencia de semillas, debido a valores bajos de temperatura media, temperatura mínima, precipitación mínima, longitud del día e irradiación solar. Noviembre presenta características transitorias entre la época reproductiva y el periodo invernal y es un mes el cual el fotoperiodo y la irradiación causan la más baja sincronización de especies. Lo anterior aplica para 33 familias, 68 géneros y 95 especies.

De acuerdo a los patrones de frecuencia se infiere que es necesario aumentar los esfuerzos de recolecta para cubrir los periodos breves de floración y fructificación para completar las observaciones de algunas especies o para cubrir huecos en meses de observaciones consecutivas. La información de herbario resultó una fuente escasa de datos fenológicos adicionales, lo que resulta desafortunado debido a que se trata del único soporte para estudios fenológicos a largo plazo al carecer México de redes de observación fenológica. Se exhorta a los recolectores a centrar esfuerzos adicionales al registro del estado fenológico de las especies. Gracias a las bases de datos climáticas es posible extrapolar los patrones fenológicos reproductivos de “Las Adjuntas” cuatro décadas atrás en el área de estudio y dos atrás en otras localidades de Amealco de Bonfil.

## LITERATURA CITADA

1. Allen R.B. and K. Platt. 1990. Annual seedfall variation in *Nothofagus solandri* (Fagaceae), Canterbury, New Zealand. *Oikos* 57:199-206.
2. Almanza R., V. Estrada-Cajigal y A. Berrientos. 1992. Actualización de los mapas de irradiación global solar en la República Mexicana. Series del Instituto de Ingeniería 543.
3. Alvarado M. A., R. Foroughbakhch, E. Jurado y A. Rocha. 2002. El cambio climático y la fenología de las plantas. *Ciencia UANL* 5(4): 493-500.
4. Amano T., R. J. Smithers, T. H. Sparks and W. J. Sutherland. 2010. A 250-year index of first flowering dates and its response to temperature changes. *Proceedings of the Royal Society B* 277:2451-2457.
5. Andrade G., G. Calderón de Rzedowski, S. L. Camargo-Ricalde, R. Grether, H. M. Hernández, A. Martínez-Bernal, L. Rico, J. Rzedowski y M. Sousa. 2007. Leguminosae, subfamilia Mimosoideae. En: Rzedowski J. y G. Calderón de Rzedowski (Eds.), *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes* 150:1-230.
6. Arroyo J. 1988. Atributos florales y fenología de la floración en matorrales del sur de España. *Lagascalia* 15(1):43-78.
7. Bakht J., M. Shafi, H. Rehman, R. Uddin and S. Anwar. 2011. Effect of planting methods on growth, phenology and yield of maize varieties. *Pakistan Journal of Botany* 43(3): 1629-1633.
8. Batalha M. A. y F. R. Martins. 2004. Reproductive phenology of the cerrado plant community in Emas National Park (central Brazil). *Australian Journal of Botany* 52:149-161.
9. Bernier G. and C. Périlleux. 2005. A physiological overview of the genetics of flowering time control. *Plant Biotechnology Journal* 3:3-16.
10. Bravo-Monasterio P., J. San Martín y G. Baeza-H. 2012. Distribución, abundancia y fenología de orquídeas en un bosque caducifolio endémico de Chile central. *Polibotánica* 33:117-129.

11. Brummitt R. K. y Powell C. E. 1992. Authors of plant names. Royal Botanic Gardens, Kew. Gran Bretaña. 732 pp.
12. Calderón de Rzedowski G. 1998. Orobanchaceae. En: Rzedowski J. y G. Calderón de Rzedowski (Eds.), Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes 69:1-11.
13. Calderón de Rzedowski G. y J. Rzedowski. 2005. Flora fanerogámica del Valle de México. 2ª edición. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán. 1406 pp.
14. Carranza E. 2007. Convolvulaceae. En: Rzedowski J. y G. Calderón de Rzedowski (Eds.), Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes 151:1-131.
15. Carranza, E. 1995a. Salicaceae. En: Rzedowski J. y G. Calderón de Rzedowski (Eds.), Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes 37:1-21.
16. Carranza, E. 1995b. Betulaceae. En: Rzedowski J. y G. Calderón de Rzedowski (Eds.), Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes 39:1-22.
17. Castillejos Cruz C. y E. Solano. 2008. Polygonaceae. En: Rzedowski J. y G. Calderón de Rzedowski (Eds.), Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes 153:1-51.
18. Cifuentes L., F. Moreno y D. A. Arango. 2013. Comportamiento fenológico de *Euterpe oleracea* (Arecaceae) en bosques inundables del Chocó biogeográfico. Revista Mexicana de Biodiversidad 84:591-599.
19. Cornejo-Tenorio G. and G. Ibarra-Manríquez. 2007. Plant reproductive phenology in a temperate forest of the Monarch Butterfly Biosphere Reserve, Mexico. Interciencia 32:445-452.
20. Cortés-Flores J., G. Cornejo-Tenorio y G. Ibarra-Manríquez. 2011. Fenología reproductiva de las especies arbóreas de un bosque neotropical. Interciencia 36(8):608-613.
21. Cruz P., K. Acosta, J. R. Cure y D. Rodríguez. 2007. Desarrollo y fenología del lulo *Solanum quitoense* var. *septentrionale* bajo polisombra desde siembra hasta primera fructificación. Agronomía Colombiana 25(2), 288-298.
22. Espejo-Serna A., A. R. López-Ferrari y J. Ceja-Romero. 2009. Commelinaceae. En: Rzedowski J. y G. Calderón de Rzedowski (Eds.). Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes 162:1-122.

23. Espinoza-Avalos J. 2005. Fenología de macroalgas marinas. *Hidrobiológica* 15(1): 109-122.
24. Estrada-Cajigal Ramírez V. y R. Almanza Salgado. 2005. Irradiaciones global, directa y difusa, en superficies horizontales e inclinadas, así como irradiación directa normal, en la República Mexicana. Serie Investigación y Desarrollo 646.
25. Fanjul L. and V. L. Barradas. 1987. Diurnal and seasonal variation in the water relations in some deciduous and evergreen trees of a deciduous forest of the western coast of Mexico. *Journal of Applied Ecology* 24: 289-303.
26. Fenner M. 1998. The phenology of growth and reproduction in plants. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 1(1): 78–91.
27. Galindo Pacheco J. R. y J. Clavijo Porras. 2009. Fenología del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L. var. Santa Isabel) en la sabana de Bogotá en campo abierto y bajo cubierta plástica. *Revista Corpoica-Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 10(1):5-15.
28. Gallagher R. V., L. Hughes and M. R. Leishman. 2009. Phenological trends among Australian alpine species: using herbarium records to identify climate-change indicators. *Australian Journal of Botany* 57:1-9.
29. García E. 1964. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Ed. Offset Larios. México, D.F.
30. Graham, S. A. 1994. Lythraceae. En: Rzedowski J. y G. Calderón de Rzedowski (Eds.), *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes* 24:1-62.
31. Guitián J. y P. Guitián. 1990. Fenología de la floración y fructificación en plantas de un espinal del Bierzo (León, noroeste de España). *Anales Jardín botánico de Madrid*, 48(1):53-61.
32. Guitián J., J. Sánchez y M. Rodríguez-Guitián. 1992. Fenología de la floración en un área mediterránea del noroeste ibérico: contrastes con áreas eurosiberianas próximas. *Lazaroa* 13:111-119.
33. Haggerty B. P. and S. J. Mazer. 2008. *The Phenology Handbook. A guide to phenological monitoring for students, teachers, families, and nature enthusiasts.* University of California, Santa Barbara. California, USA.

34. Henríquez C. A., G. J. Sotes y R. O. Bustamante. 2012. Fenología reproductiva de *Pouteria splendens* (Sapotaceae). *Guyana Botánica* 69(2):251-255.
35. Hernández L., N. Hernández, F. Soto y M. A. Pino. 2010. Estudio fenológico preliminar de seis cultivares de habichuela de la especie *Phaseolus vulgaris* L. *Cultivos Tropicales* 31(1): 54-61.
36. Hidalgo M.I. y B. Cabezudo. 1994. Fenología y volumen de floración del matorral de la Sierra de Mijas (Málaga, s. España). *Acta Botanica Malacitana* 19:123-136.
37. Hopp R. J. 1974. Plant phenology observation network. pp. 25-43. In: H. Lieth (Ed.). *Phenology and seasonality modelling*. Springer-Verlag. New York, EE.UU.
38. Ibarra-Manríquez G. 1992. Fenología de las palmas de una selva cálida húmeda de México. *Bulletin de l'Institut Français d'Etudes Andines* 21(2):669-683.
39. INEGI. 2012. Anuario Estadístico de Querétaro 2012 (Versión electrónica). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México, D.F.
40. Keatley M. R. and I. L. Hudson. 2010. Phenological research: introduction and Overview. In: I. L. Hudson and M. R. Keatley (Eds.), *Phenological research: methods for environmental and climate change analysis*. Springer. New York, NY. p. 1-22.
41. Lechowicz M. J. Seasonality of flowering and fruiting in temperate forest trees. *Canadian Journal of Botany* 73:175-182.
42. Leith H. 1974. *Phenology and seasonal modeling*. Springer-Verlag. New York, NY.
43. León de la Luz J. L., R. C. Benet y M. Cruz Estrada. 1996. Fenología floral de una comunidad árido-tropical de Baja California Sur, México. *Acta Botánica Mexicana* 35:45-64.
44. Linnaeus C. 1751. *Philosophia Botanica*. R. Kiesewetter. Stockholm.
45. Loope L.L. 1980. Phenology of flowering and fruiting in plant communities of Everglades National Park and Biscayne National Monument, Florida. South Florida Research Center Report T-593.
46. Lopes Borges A. E., H. Morais, A. Bernardo y A. Saraiva Lopes. 1993. Relaciones entre la fenología y los elementos minerales durante el ciclo vegetativo, en algunas especies aromáticas. En: Congreso Forestal Español. Lourizán, España. pp. 335-341.

47. Lot A. y F. Chiang (compiladores). 1986. Manual de herbario: administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. Consejo Nacional de la Flora de México A.C. México, D.F.
48. Martos J. R., M. Scarpati, C. Rojas, G. E. Delgado. 2009. Fenología de algunas especies que son alimento para la pava aliblanca *Penelope albipennis*. Revista Peruana de Biología 15(2): 51-58.
49. Meagher T. R. and L. F. Delph. 2001. Individual flower demography, floral phenology and floral display size in *Silene latifolia*. Evolutionary Ecology Research 3: 845-860.
50. Milla Gutiérrez R. 2005. Fenología y variaciones estacionales de nutrientes en fanerófitos mediterráneos. Ecosistemas 14(3):148-152.
51. Miranda F. y E. Hernández X. 1963. Los tipos de Vegetación de México y su clasificación. Boletín de la Sociedad Botánica de México 28:29-176.
52. Missouri Botanical Garden. 2014. Tropicos.org. <http://www.tropicos.org>.
53. Morren C. 1849. Le Globe, le Temps et la Vie. Bulletins de l'Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique XVI: 660-684.
54. Nelson R. 2009. Correlaciones entre la fenología reproductiva de la vegetación y variables climáticas en los Altos Llanos Centrales Venezolanos. Acta Botánica Venezuelica 32(2):333-362.
55. Norton D. A. and D. Kelly. 1988. Mast seeding over 33 years by *Dacrydium cupressinum* Lamb. (rimu) (Podocarpaceae) in New Zealand: the importance of economies of scale. Functional Ecology 2: 399-408.
56. Novoa S., A. Ceroni y C. Arellano. 2005. Contribución al conocimiento de la fenología del cactus *Neoraimondia arequipensis* subsp. *roseiflora* (Werdermann & Backeberg) Ostolaza (Cactaceae) en el Valle del Río Chillón, Lima-Perú. Ecología Aplicada 4(1-2):35-40.
57. Noworolnik K. 2012. Morphological characters, plant phenology and yield of spring barley (*Hordeum sativum* L.) depending on cultivar properties and sowing date. Acta Agrobotanica 65(2):171-176.
58. Ocampo Acosta G. 2003a. Buddlejaceae. En: Rzedowski J. y G. Calderón de Rzedowski (Eds.), Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes 115:1-35.

59. Ocampo Acosta G. 2003b. Plantaginaceae. En: Rzedowski J. y G. Calderón de Rzedowski (Eds.), Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes 120:1-26.
60. Ochoa-Gaona S. y V. de la Cruz-Arias. 2002. La distribución y fenología de la flora arbórea del estado de Tabasco con base en la información de herbario. Universidad y Ciencia 18(36):114-127.
61. Ochoa-Gaona S., I. Pérez Hernández y B. H. J. de Jong. 2008. Fenología reproductiva de las especies arbóreas del bosque tropical de Tenosique, Tabasco, México. Revista de Biología Tropical 56(2):657-673.
62. Oksanen J., F. G. Blanchet, R. Kindt, P. Legendre, P. R. Minchin, R. B. O'Hara, G. L. Simpson, P. Solymos, M.H.H. Stevens and H. Wagner. 2013. vegan: Community Ecology Package. R package version 2.0-10. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>
63. Olivares S.P. y F.A. Squeo. 1999. Patrones fenológicos en especies arbustivas del desierto costero del norte-centro de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 72:353-370.
64. Pineda-Herrera E., J. I. Valdez-Hernández y M. A. López-López. 2012. Fenología de *Schizolobium parahyba* y *Vochysia guatemalensis* en una selva alta perennifolia de Oaxaca, México. Botanical Sciences 90(2):185-193.
65. Puppi G. 2007. Origin and development of phenology as a science. Italian Journal of Agrometeorology XX(3):24-29.
66. R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>
67. Rathcke B. and E. P. Lacey. 1985. Phenological patterns of terrestrial plants. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics 16:179-214.
68. Ray P. M. 1963. La planta viviente. Compañía Editorial Continental. México, D.F.
69. Rodríguez R. L. y E. Sanoja. 2008. Fenología, biología floral y de polinización de especies de la familia Vochysiaceae en la Guayana Venezolana. Acta Botánica Venezuelica 31(2):331-366.
70. Rzedowski J. 1978. La vegetación de México. Editorial Limusa. México, D.F.

71. Rzedowski J. 1995. Polemoniaceae. En: Rzedowski J. y G. Calderón de Rzedowski (Eds.), Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes 33:1-41.
72. Rzedowski J. 1997. Campanulaceae. En: Rzedowski J. y G. Calderón de Rzedowski (Eds.), Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes 58:1-64.
73. Rzedowski J. 2002. Verbenaceae. En: Rzedowski J. y G. Calderón de Rzedowski (Eds.), Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes 100:1-145.
74. Rzedowski J. 2005. Rosaceae. En: Rzedowski J. y G. Calderón de Rzedowski (Eds.), Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes 135:1-163.
75. Rzedowski J. y G. Calderón de Rzedowski. 2008. Compositae, tribu Heliantheae I. En: Rzedowski J. y G. Calderón de Rzedowski (Eds.), Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes 157:1-166.
76. Rzedowski J. y G. Calderón de Rzedowski. 2011. Compositae, tribu Heliantheae II. En: Rzedowski J. y G. Calderón de Rzedowski (Eds.), Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes 172:1-100.
77. San Martín J., A. Villa y C. Ramírez. 2002. Fenología y crecimiento vegetativo de *Beilschmiedia berteriana* (Gay) Kosterm. en la precordillera andina de Chile central (35° 52' S / 71° 06' W). BOSQUE 23(1): 37-45.
78. Semarnat. 2009. El medio ambiente en México 2009: en resumen. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F.
79. Semarnat. 2010. Atlas Geográfico del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Edición 2010. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F.
80. SMN (Servicio Meteorológico Nacional). 2010. Normales Climatológicas por Estación.  
[http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=42&Itemid=28](http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=28)
81. SMN (Servicio Meteorológico Nacional). 2011. Reporte anual 2011. Servicio Meteorológico Nacional y Comisión Nacional del Agua. México D.F.
82. Sparks T. H., A. Menzel and N. C. Stenseth. 2009. European cooperation in plant phenology. Climate Research 39:175-177.
83. Stevens P. F. 2012. Angiosperm Phylogeny Website.  
<http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>.

84. The Angiosperm Phylogeny Group. 1998. An ordinal classification for the families of flowering plants. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 85(4):531-553.
85. Theophrastus. 1916a. *Enquiry into plants (Books I-V)*. Translation by A. Hort. Harvard University Press. Cambridge, MA.
86. Theophrastus. 1916b. *Enquiry into plants (Books VI-IX)*. Translation by A. Hort. Harvard University Press. Cambridge, MA.
87. Torres C. y L. Galetto. 2008. Importancia de los polinizadores en la reproducción de Asteraceae de Argentina central. *Acta Botánica Venezolana* 31(2):473-494.
88. Urrego L. E. y J. I. del Valle. 2001. Relación fenología-clima de algunas especies de los humedales forestales (guandales) del pacífico sur colombiano. *Interciencia* 26(4):150-156.
89. Vázquez García E., E. E. Román Avendaño y R. Ariza Flores. 2008. Fenología y unidades calor de genotipos de papayo en el sur de Tamaulipas, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31(3):45-48.
90. Vílchez B., R. Chazdon y W. Alvarado. 2008. Fenología reproductiva de las especies del dosel en bosques secundarios y primarios de la región Huetar Norte de Costa Rica y su influencia en la regeneración vegetal. *Kurú: Revista Forestal Mesoamericana* 15(5):1-18.
91. Villarreal J. A. 1998. Gentianaceae. En: Rzedowski J. y G. Calderón de Rzedowski (Eds.), *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes* 65:1-56.
92. Villarreal J. A. 2000a. Caprifoliaceae. En: Rzedowski J. y G. Calderón de Rzedowski (Eds.), *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes* 88:1-17.
93. Villarreal J. A. 2000b. Compositae, tribu Tageteae. En: Rzedowski J. y G. Calderón de Rzedowski (Eds.), *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes* 113:1-89.
94. Villasana R. A. y A. Suárez de Giménez. 1997. Estudio fenológico de dieciséis especies forestales presentes en la Reserva Forestal Imataca estado Bolívar-Venezuela. *Revista Forestal Venezolana* 41(1):13-21
95. Villaseñor J.L. y Ortiz E. 2012. La familia Asteraceae en la flora del Bajío y de regiones adyacentes. *Acta Botánica Mexicana* 100:259-291.
96. Zamudio S. 2009. Berberidaceae. En: Rzedowski J. y G. Calderón de Rzedowski (Eds.), *Flora del Bajío y métodos de Regiones Adyacentes* 163:1-40.

97. Zamudio S., J. Rzedowski, E. Carranza y G. Calderón de Rzedowski. 1992. La vegetación del estado de Querétaro. Instituto de Ecología, A.C. México. 92 pp.

## APÉNDICES

**Apéndice 1.** Ejemplares de respaldo recolectados en el área de estudio entre octubre de 2011 y septiembre de 2012. Todos los números de recolecta pertenecen a E. Sánchez-Landaverde. **Localidad:** “Las Adjuntas”, 1.5 km al SE de Mesillas, Amealco de Bonfil, Querétaro. **Coordenadas:** 20°6'46" N y 100°0'5.5" O. **Altitud:** 2394 m. **Tipo de vegetación:** encinar con vegetación riparia.

División/Familia/Especie	Ejemplares de respaldo
<b>PINOPHYTA</b>	
<b>Pinaceae</b>	
<i>Pinus leiophylla</i> Schiede ex Schltdl. & Cham	138, fotografías
<i>Pinus teocote</i> Schltdl. & Cham.	139, fotografías
<b>MAGNOLIOPHYTA</b>	
<i>Monocotiledóneas</i>	
<b>Amaryllidaceae</b>	
<i>Sprekelia formosissima</i> (L.) Herb.	67
<i>Zephyranthes fosteri</i> Traub	70, 77
<b>Commelinaceae</b>	
<i>Tripogandra purpurascens</i> (S. Schauer) Handlos	13
<b>Cyperaceae</b>	
<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i> (C.C. Gmel.) Palla	55
<i>Eudicotiledóneas</i>	
<b>Amaranthaceae</b>	
<i>Gomphrena serrata</i> L.	91
<b>Apiaceae</b>	
<i>Eryngium heterophyllum</i> Engelm.	97
<i>Coriandrum sativum</i> L.	151
<b>Apocynaceae</b>	
<i>Asclepias angustifolia</i> Schweigg.	46, 65, 78
<i>Asclepias linaria</i> Cav.	58
<b>Asteraceae</b>	
<i>Acourtia cordata</i> (Cerv.) B.L. Turner	30

<i>Ageratina choricephala</i> (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob.	41
<i>Ageratina deltoidea</i> (Jacq.) R.M. King & H. Rob.	31
<i>Ageratina glabrata</i> (Kunth) R.M. King & H. Rob.	36, 43
<i>Ageratina oligocephala</i> (DC.) R.M. King & H. Rob.	5
<i>Ageratina petiolaris</i> (Moc. ex DC.) R.M. King & H. Rob.	39, 44, 56, 80, 88
<i>Ageratum corymbosum</i> Zuccagni	8, 29, 106, 149
<i>Baccharis heterophylla</i> Kunth	53
<i>Bidens odorata</i> Cav.	6, 99
<i>Brickellia diffusa</i> (Vahl) A. Gray	104
<i>Brickellia nutanticeps</i> S.F. Blake	37
<i>Conyza coronopifolia</i> Kunth	105
<i>Cosmos bipinnatus</i> Cav.	4, 154
<i>Dahlia coccinea</i> Cav.	112
<i>Dahlia rudis</i> Sørensen	113
<i>Erigeron delphinifolius</i> Willd.	90
<i>Erigeron galeottii</i> (A. Gray) Greene	102
<i>Gnaphalium attenuatum</i> DC.	35, 147
<i>Heterotheca inuloides</i> Cass.	101
<i>Inula eupatorioides</i> DC.	111
<i>Piqueria trinervia</i> Cav.	125, 150
<i>Pseudognaphalium canescens</i> (DC.) Anderb.	110
<i>Pseudognaphalium purpurascens</i> (DC.) Anderb.	18, 26, 33, 75, 114, 161
<i>Psilactis asteroides</i> A. Gray	92
<i>Roldana albonervia</i> (Greenm.) H. Rob. & Brettell	45
<i>Senecio inaequidens</i> DC.	10, 22, 66, 74, 129
<i>Senecio salignus</i> DC.	57, 62
<i>Stevia eupatoria</i> (Spreng.) Willd.	103
<i>Stevia incognita</i> Grashoff	3, 153
<i>Stevia salicifolia</i> Cav.	1, 23, 32, 86, 158
<i>Stevia serrata</i> Cav.	2, 79, 87, 109, 157
<i>Stevia viscida</i> Kunth	120
<i>Tagetes erecta</i> L.	15, 82, 130
<i>Tagetes lucida</i> Cav.	7, 100, 156
<i>Tithonia tubiformis</i> (Jacq.) Cass.	12

<i>Verbesina virgata</i> Cav.	128, 148
<b>Berberidaceae</b>	
<i>Berberis moranensis</i> Schult. & Schult. f.	72
<b>Betulaceae</b>	
<i>Alnus jorullensis</i> Kunth	141
<b>Cactaceae</b>	
<i>Opuntia robusta</i> J.C. Wendl.	Fotografías
<b>Campanulaceae</b>	
<i>Lobelia irasuensis</i> Planch. & Oerst.	122, 144
<b>Caprifoliaceae</b>	
<i>Symphoricarpos microphyllus</i> Kunth	127, 146
<b>Convolvulaceae</b>	
<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth	134
<b>Ericaceae</b>	
<i>Arctostaphylos pungens</i> Kunth	160
<b>Euphorbiaceae</b>	
<i>Euphorbia campestris</i> S. Geuns	137
<b>Fabaceae</b>	
<i>Brongniartia intermedia</i> Moric. ex Ser.	11
<i>Calliandra grandiflora</i> (L'Hér.) Benth.	42
<i>Cologania broussonetii</i> (Balb.) DC.	132
<i>Dalea reclinata</i> (Cav.) Willd.	20, 119, 159
<i>Lupinus campestris</i> Cham. & Schltld.	107
<i>Macroptilium gibbosifolium</i> (Ortega) A. Delgado	108
<i>Mimosa lacerata</i> Rose	136
<i>Trifolium wormskioldii</i> Lehm.	93
<b>Fagaceae</b>	
<i>Quercus castanea</i> Née	63
<i>Quercus grisea</i> Liebm.	64, 140
<i>Quercus laeta</i> Liebm.	48
<b>Gentianaceae</b>	
<i>Halenia brevicornis</i> (Kunth) G. Don	25
<i>Gentiana caliculata</i> Lex.	34
<b>Lamiaceae</b>	

<i>Lepechinia schiedeana</i> (Schltdl.) Vatke	133
<i>Salvia coccinea</i> Buc'hoz ex Etl.	116
<i>Salvia hirsuta</i> Jacq.	115
<i>Salvia mexicana</i> L.	16, 118, 163
<i>Salvia microphylla</i> Kunth	21, 27, 52, 61, 68, 152
<i>Salvia patens</i> Cav.	19, 83, 117
<i>Salvia polystachia</i> Cav.	17, 28, 84, 155
<i>Salvia tiliifolia</i> Vahl	121
<b>Lythraceae</b>	
<i>Cuphea aequipetala</i> Cav.	95
<b>Onagraceae</b>	
<i>Oenothera rosea</i> L'Hér. ex Aiton	14
<b>Orobanchaceae</b>	
<i>Castilleja arvensis</i> Schltdl. & Cham.	145, fotografía
<i>Conopholis alpina</i> Liebm.	Fotografías
<i>Lamourouxia rhinanthifolia</i> Kunth	123
<b>Plantaginaceae</b>	
<i>Plantago australis</i> Lam.	98
<b>Polemoniaceae</b>	
<i>Loeselia mexicana</i> (Lam.) Brand	40, 76
<b>Polygalaceae</b>	
<i>Monnina xalapensis</i> Kunth	38
<b>Polygonaceae</b>	
<i>Polygonum mexicanum</i> Small	9, 69, 89, 96, 142
<b>Rosaceae</b>	
<i>Crataegus mexicana</i> DC.	49, 164
<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	50, 60
<b>Rubiaceae</b>	
<i>Bouvardia laevis</i> M. Martens & Galeotti	71, 81
<i>Bouvardia ternifolia</i> (Cav.) Schltdl.	51, 59, 73, 85, 94
<b>Salicaceae</b>	
<i>Salix bonplandiana</i> Kunth	47
<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	143
<b>Scrophulariaceae</b>	

<i>Buddleja sessiliflora</i> Kunth	54, 131
<b>Solanaceae</b>	
<i>Solanum cervantesii</i> Lag.	24, 135, 162
<i>Solanum nigrum</i> L.	124
<b>Verbenaceae</b>	
<i>Verbena litoralis</i> Kunth	126

---

**Apéndice 2.** Ejemplares de herbario recolectados entre julio de 1986 y octubre de 2013 en localidades Amealco de Bonfil, Querétaro, con encinar o bosque de *Quercus* como tipo de vegetación original, en diferentes grados de perturbación y asociado o no a coníferas o vegetación acuática. La información fue tomada de la base de datos del herbario “Dr. Jerzy Rzedowski” (QMEX).

Fecha	Localidad	Tipo de vegetación	Especie	Ejemplar		
1986	Julio	La Muralla	Bosque de encino	<i>Salvia amarissima</i> (Lamiaceae)	E. Argüelles, 2561	
		La Muralla	Bosque de encino	<i>Solanum cervantesii</i> (Solanaceae)	E. Argüelles, 2560	
1987	Noviembre	Alrededores de Chitejé	Bosque de encino	<i>Ageratina oligocephala</i> (Asteraceae)	J. Rzedowski, 45727	
1988	Diciembre	8 km al NE de San Pablo	Bosque de encino	<i>Alnus jorullensis</i> subsp. <i>jorullensis</i> (Betulaceae)	J. Rzedowski, 47964	
		8 km al NE de San Pablo	Bosque de encino	<i>Brickellia nutanticeps</i> (Asteraceae)	J. Rzedowski, 47956	
1989	Julio	Laguna de Servín	Cerca de bosque de encino	<i>Pinus teocote</i> (Pinaceae)	J. Rzedowski, 48575	
	Octubre	8 km al NE de San Pablo	Bosque de encino	<i>Pinus leiophylla</i> (Pinaceae)	J. Rzedowski, 49151	
1990	Agosto	El Picacho	Bosque de encino y madroño	<i>Arctostaphylos pungens</i> (Ericaceae)	V. Serrano, 81	
		El Picacho	Bosque de encino y madroño	<i>Bidens odorata</i> (Asteraceae)	V. Serrano, 122	
		La Beata	Bosque de encino	<i>Cologania broussonetii</i> (Fabaceae)	V. Serrano, 12	
		La Beata	Bosque de encino	<i>Cologania broussonetii</i> (Fabaceae)	V. Serrano, 130	
		El Picacho	Bosque de encino y madroño	<i>Cuphea aequipetala</i> (Lythraceae)	V. Serrano, 83	
		La Beata	Cerca de bosque de encino	<i>Dahlia coccinea</i> (Asteraceae)	V. Serrano, 115	
		El Picacho	Bosque de encino y madroño	<i>Lupinus campestris</i> (Fabaceae)	V. Serrano, 77	
		El Picacho	Cerca de bosque encino y madroño	<i>Pseudognaphalium purpurascens</i> (Asteraceae)	V. Serrano, 21	
		El Picacho,	Bosque de encino	<i>Stevia eupatoria</i> (Asteraceae)	V. Serrano, 11	
		El Picacho	Bosque de encino y madroño	<i>Stevia eupatoria</i> (Asteraceae)	V. Serrano, 11	
		Octubre	El Picacho	Cerca de bosque de encino	<i>Bouvardia ternifolia</i> (Rubiaceae)	V. Serrano, 1
		El Picacho	Bosque de encino y madroño	<i>Loeselia mexicana</i> (Lamiaceae)	V. Serrano, 2	
		El Picacho	Bosque de encino y madroño	<i>Salvia microphylla</i> (Lamiaceae)	V. Serrano, 91	
		El Picacho	Bosque de encino	<i>Symphoricarpos microphyllus</i> (Caprifoliaceae)	V. Serrano, 123	
1991	Enero	El Picacho	Bosque de encino y madroño	<i>Crataegus mexicana</i> (Rosaceae)	V. Serrano, 132	
	Junio	El Picacho	Bosque de encino	<i>Calliandra grandiflora</i> (Fabaceae)	V. Serrano, 155	
		El Picacho	Cultivo junto a bosque de encino	<i>Calliandra grandiflora</i> (Fabaceae)	V. Serrano, 88	
	Julio	±8 km al NE de Amealco	Bosque de encino	<i>Salvia patens</i> (Lamiaceae)	E. Carranza, 3280	
	Agosto	2 km de Laguna de Servín	Bosque de encino	<i>Arctostaphylos pungens</i> (Ericaceae)	H. Díaz, 6899	
		El Picacho	Bosque de encino	<i>Asclepias linaria</i> (Apocynaceae)	V. Serrano, 15	
		El Picacho	Bosque de encino y madroño	<i>Cuphea aequipetala</i> (Lythraceae)	V. Serrano, 19	
		El Picacho	Bosque de encino y madroño	<i>Dalea reclinata</i> (Fabaceae)	V. Serrano, 35	

		El Picacho	Bosque de encino y madroño	<i>Symphoricarpos microphyllus</i> (Caprifoliaceae)	V. Serrano, 134
	Octubre	9 km al N de Amealco	Pastizal y encinar adyacente	<i>Eryngium heterophyllum</i> (Apiaceae)	J. Rzedowski, 51136
	Noviembre	El Picacho	Bosque de encino	<i>Baccharis heterophylla</i> (Asteraceae)	V. Serrano, 28
		El Picacho	Bosque de encino y madroño	<i>Bidens odorata</i> (Asteraceae)	V. Serrano, 17
		Barrio de Tenasdá, San Ildefonso	Bosque de encino y madroño	<i>Bidens odorata</i> (Asteraceae)	V. Serrano, 928
		El Picacho	Bosque de encino y madroño	<i>Loeselia mexicana</i> (Lamiaceae)	V. Serrano, 18
		El Picacho	Bosque de encino y madroño	<i>Loeselia mexicana</i> (Lamiaceae)	V. Serrano, 11
1992	Octubre	Laguna de Servín	Bosque de pino y encino	<i>Dahlia coccinea</i> (Asteraceae)	V. Serrano, 180
		Laguna de Servín	Bosque de pino y encino	<i>Piqueria trinervia</i> (Asteraceae)	V. Serrano, 171
		Laguna de Servín	Bosque de pino y encino	<i>Salvia patens</i> (Lamiaceae)	V. Serrano, 172
	Noviembre	Cerro de Don Nica, Cañada del Venado	Bosque de encino y <i>Alnus</i>	<i>Alnus jorullensis</i> subsp. <i>jorullensis</i> (Betulaceae)	H. Díaz, 7355
		Cerro de Don Nica, Cañada del Venado	Bosque de encino y <i>Alnus</i>	<i>Alnus jorullensis</i> subsp. <i>lutea</i> (Betulaceae)	H. Díaz, 7313
		Cerro de Don Nica, Cañada del Venado	Bosque de encino y <i>Alnus</i>	<i>Alnus jorullensis</i> subsp. <i>lutea</i> (Betulaceae)	H. Díaz, 7354
		Cerro de Don Nica, Cañada del Venado	Bosque de encino y <i>Alnus</i>	<i>Solanum cervantesii</i> (Solanaceae)	H. Díaz, 7330
1995	Agosto	El Picacho	Bosque de encino y madroño	<i>Bidens odorata</i> (Asteraceae)	V. Serrano, 330
		El Picacho	Bosque de encino y madroño	<i>Stevia eupatoria</i> (Asteraceae)	V. Serrano, 313
	Noviembre	San Martín	Vegetación subacuática cerca de encinar	<i>Plantago australis</i> subsp. <i>hirtella</i> (Plantaginaceae)	A. García, 10
		La Beata	Vegetación acuática cerca de encinar	<i>Polygonum mexicanum</i> (Polygonaceae)	A. García, 7
1996	Abril	15 km al NO de Amealco	Bosque de encino y pino	<i>Crataegus mexicana</i> (Rosaceae)	G. Garrido, ND
	Julio	San José Ithó, ctra. Amealco-Santiago	Vegetación subacuática cerca de encinar	<i>Eryngium heterophyllum</i> (Apiaceae)	M. Martínez, 3359
		Km 36.5 ctra. Amealco-Santiago Mixquititlán	Bosque de encino alterado con vegetación acuática	<i>Monnina xalapensis</i> (Polygalaceae)	M. Martínez, 3371
	Octubre	2.5 km SE La Manzana	Bosque de encino	<i>Salvia amarissima</i> (Lamiaceae)	G. Garrido, ND
	Noviembre	El Picacho	Bosque de encino y madroño	<i>Crataegus mexicana</i> (Rosaceae)	V. Serrano, 489
		Km 50 carretera Huimilpan-Amealco	Vegetación subacuática cerca de encinar	<i>Piqueria trinervia</i> (Asteraceae)	M. Martínez, 3584
		La Beata	Vegetación acuática cerca de encinar	<i>Salix bonplandiana</i> (Salicaceae)	M. Martínez, 3564
1997	Mayo	El Picacho	Bosque de encino y madroño	<i>Crataegus pubescens</i> (Rosaceae)	V. Serrano, 512
1998	Febrero	El Picacho	Cerca de bosque de encino	<i>Buddleja sessiliflora</i> (Scrophulariaceae)	V. Serrano, 637
1999	Mayo	El Picacho	Bosque de encino	<i>Baccharis heterophylla</i> (Asteraceae)	V. Serrano, 639
	Septiembre	El Picacho	Bosque de encino y madroño	<i>Stevia viscida</i> (Asteraceae)	V. Serrano, 704
	Octubre	El Picacho	Bosque de encino	<i>Eupatorium schaffneri</i> (Asteraceae)	V. Serrano, 717
		El Picacho	Bosque de encino y madroño	<i>Loeselia mexicana</i> (Lamiaceae)	V. Serrano, 723
		El Picacho	Bosque de encino	<i>Piqueria trinervia</i> (Asteraceae)	V. Serrano, 722
		El Picacho	Bosque de encino y madroño	<i>Senecio burchellii</i> (Asteraceae)	V. Serrano, 720
	Noviembre	El Picacho	Bosque de encino y madroño	<i>Senecio burchellii</i> (Asteraceae)	V. Serrano, 724

2000	Enero	Laguna de Servín	Bosque de pino y encino	<i>Ageratina glabrata</i> (Asteraceae)	Y. Rico, 11	
		Laguna de Servín	Bosque de pino y encino	<i>Asclepias linaria</i> (Apocynaceae)	Y. Rico, 8	
		Laguna de Servín	Bosque de pino y encino	<i>Brickellia nutanticeps</i> (Asteraceae)	Y. Rico, 1	
		El Picacho	Bosque de encino y madroño	<i>Buddleja sessiliflora</i> (Scrophulariaceae)	V. Serrano, 735	
2001	Febrero	Abril	Laguna de Servín	Bosque de pino y encino	<i>Crataegus mexicana</i> (Rosaceae)	Y. Rico, 30
		La Beata	El Rayo	Bosque de pino y encino	<i>Ageratina petiolaris</i> (Asteraceae)	P. Ornelas, 1a
2001	Marzo	La Beata	Bosques de encino y abies	<i>Crataegus mexicana</i> (Rosaceae)	A. Báez, 12	
		Abril	Laguna de Servín	Bosque de pino y encino	<i>Quercus castanea</i> (Fagaceae)	P. Ornelas, 7a
	Agosto	La Beata	Bosque de pino y encino	<i>Asclepias linaria</i> (Apocynaceae)	P. Ornelas, 22a	
		±2 km al S de Laguna de Servín	Bosque de encino	<i>Opuntia robusta</i> (Cactaceae)	A. Cabrera, 32	
		±2 km al S de Laguna de Servín	Bosque de encino y pino	<i>Dahlia coccinea</i> (Asteraceae)	E. Carranza, 6210	
	Septiembre	El Aserrín	Bosque de encino y pino	<i>Salvia patens</i> (Lamiaceae)	E. Carranza, 6214	
	2002	Julio	Laguna de Servín	Bosque de encino	<i>Pinus teocote</i> (Pinaceae)	V. Serrano, 34
Laguna de Servín			Bosque de encino	<i>Arctostaphylos pungens</i> (Ericaceae)	L. Hernández, 4929	
Laguna de Servín			Bosque de encino	<i>Berberis moranensis</i> (Berberidaceae)	L. Hernández, 4946	
Laguna de Servín			Bosque de encino	<i>Calliandra grandiflora</i> (Fabaceae)	L. Hernández, 4926	
Laguna de Servín			Bosque de encino	<i>Crataegus mexicana</i> (Rosaceae)	L. Hernández, 4947	
Laguna de Servín			Bosque de encino	<i>Monnina xalapensis</i> (Polygalaceae)	L. Hernández, 4936	
2003	Agosto	La Beata	Bosque de encino	<i>Arctostaphylos pungens</i> (Ericaceae)	C. Romero, 1	
		La Beata	Bosque de encino	<i>Arctostaphylos pungens</i> (Ericaceae)	J. Galicia, 4	
2004	Julio	Octubre	Laguna de Servín	Bosque de pino y encino	<i>Dahlia coccinea</i> (Asteraceae)	V. Serrano, 178
		San Miguel Tlaxcaltepec	Bosque de encino con vegetación acuática	<i>Bouvardia ternifolia</i> (Rubiaceae)	P. Balderas, 625	
		San Miguel Tlaxcaltepec	Bosque de encino con vegetación acuática	<i>Calliandra grandiflora</i> (Fabaceae)	P. Balderas, 617	
		San Miguel Tlaxcaltepec	Bosque de encino con vegetación acuática	<i>Dahlia coccinea</i> (Asteraceae)	P. Balderas, 618	
		San Miguel Tlaxcaltepec	Bosque de encino con vegetación acuática	<i>Gnaphalium canescens</i> (Asteraceae)	P. Balderas, 635	
		San Miguel Tlaxcaltepec	Bosque de encino con vegetación acuática	<i>Senecio burchellii</i> (Asteraceae)	P. Balderas, 638	
	Septiembre	2 km al NE de San Pablo	Bosque de encino con vegetación acuática	<i>Trifolium wormskioldii</i> (Fabaceae)	P. Balderas, 627	
2007	Agosto	Barrio de Tenasdá, San Ildefonso	Bosque de encino	<i>Solanum cervantesii</i> (Solanaceae)	R. Jones, 3050	
		Octubre	El Picacho	Bosque de pino y encino	<i>Dahlia coccinea</i> (Asteraceae)	V. Serrano, 953
		Noviembre	El Ocote Grande, San Ildefonso	Bosque de encino	<i>Senecio burchellii</i> (Asteraceae)	V. Serrano, 221
2008	Octubre	El Ocote Grande, San Ildefonso	Cultivo junto a bosque de encino	<i>Coriandrum sativum</i> (Apiaceae)	V. Serrano, 970	
		El Ocote Grande, San Ildefonso	Bosque de pino y encino perturbado	<i>Quercus castanea</i> (Fagaceae)	V. Serrano, 977	
2008	Octubre	Carretera Amealco-Santiago Mezquititlán	Cerca de bosque de encino	<i>Cosmos bipinnatus</i> (Asteraceae)	V. Serrano, 1024	
2009	Febrero	El Ocote Grande, San Ildefonso	Bosque de pino y encino	<i>Eupatorium petiolare</i> (Asteraceae)	V. Serrano, 1041	

2010	Octubre	San Nicolás de la Torre	Bosque de pino y encino	<i>Loeselia mexicana</i> (Lamiaceae)	N.D., N.D.
2011	Julio	En las afueras de San Ildefonso 3 km al SE de La Beata	Cerca de bosque de encino Cerca de bosque de encino	<i>Pinus leiophylla</i> (Pinaceae) <i>Pinus teocote</i> (Pinaceae)	O. Segura, 45 O. Segura, 41
	Noviembre	San Martín San Martín	Bosque de pino y encino Bosque de pino y encino	<i>Eupatorium deltoideum</i> (Asteraceae) <i>Crataegus mexicana</i> (Rosaceae)	M. Zepeda, 19 M. Zepeda, 9
2012	Noviembre	San Nicolás de la Torre	Bosque de pino y encino	<i>Ageratum corymbosum</i> (Asteraceae)	B. Ibarra, 8
2013	Agosto	Parte baja del cerro de La Beata La Beata La Beata La Beata La Beata	Bosque de encino Bosque de encino Bosque de encino Bosque de encino Bosque de encino	<i>Asclepias linaria</i> (Apocynaceae) <i>Asclepias linaria</i> (Apocynaceae) <i>Pinus teocote</i> (Pinaceae) <i>Pinus teocote</i> (Pinaceae)	N. Fourrey, 15 E. González, 3 C. Andrade, 1 J. Díaz, 1
	Octubre	La Beata	Bosque de encino	<i>Dahlia coccinea</i> (Asteraceae)	E. Jiménez, 10

