



**Universidad de San Carlos de Guatemala  
Dirección General de Investigación  
Programa Universitario de Investigación  
en Recursos Naturales y Ambiente**

INFORME FINAL

**FENOLOGÍA REPRODUCTIVA DE ÁRBOLES POTENCIALMENTE ÚTILES PARA  
RESTAURAR BOSQUES NUBOSOS**

Equipo de Investigación

**MSc. Javier Antípatro Rivas Romero (Coordinador)**

Jacob de Jesús Álvarez Requena (Auxiliar de Investigación II)

**Guatemala febrero de 2018**

Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas  
Centro de Estudios Conservacionistas  
Escuela de Biología

M.Sc. Gerardo Arroyo Catalán  
Director General de Investigación

Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar  
Coordinador General de Programas

Ing. Agr. Augusto Saúl Guerra Gutiérrez  
Coordinador Programa Universitario de Investigación  
en Recursos Naturales y Ambiente

M.Sc. Javier Antípatro Rivas Romero  
Coordinadora del Proyecto de Investigación

Br. Jacob de Jesús Alvarez Requena  
Auxiliar de Investigación II

Partida Presupuestaria  
4.8.63.2.02  
Año de ejecución: 2017

## Índice

<b>1.</b>	<b>Resumen .....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Abstract.....</b>	<b>2</b>
<b>3.</b>	<b>Introducción .....</b>	<b>3</b>
<b>4.</b>	<b>Marco teórico y estado del arte .....</b>	<b>4</b>
<b>4.1.</b>	<b>Fenología.....</b>	<b>4</b>
<b>4.2</b>	<b>Descripción de las especies del estudio.....</b>	<b>6</b>
<b>5.</b>	<b>Materiales y métodos .....</b>	<b>24</b>
<b>5.1.</b>	<b>Área de estudio: .....</b>	<b>24</b>
<b>5.2</b>	<b>Método .....</b>	<b>25</b>
<b>5.2.1</b>	<b>Muestreo y diseño de muestreo.....</b>	<b>25</b>
<b>5.2.2</b>	<b>Técnica .....</b>	<b>25</b>
<b>5.2.3</b>	<b>Instrumento .....</b>	<b>26</b>
<b>5.2.4</b>	<b>Procesamiento de datos y plan de análisis .....</b>	<b>26</b>
<b>6.</b>	<b>Operacionalización de variables.....</b>	<b>27</b>
<b>7.</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>28</b>
<b>7.1</b>	<b>Matriz de Resultados .....</b>	<b>41</b>
<b>7.2</b>	<b>Impacto esperado .....</b>	<b>42</b>
<b>8.</b>	<b>Análisis y discusión de resultados.....</b>	<b>42</b>
<b>8.1</b>	<b>Sincronía de las fenofases reproductivas .....</b>	<b>42</b>
<b>8.2.</b>	<b>Correlación de la fenofases reproductivas con la precipitación y temperatura .....</b>	<b>43</b>
<b>8.3.</b>	<b>Periodos de mayor producción de frutos.....</b>	<b>44</b>
<b>9.</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>47</b>
<b>10.</b>	<b>Referencias .....</b>	<b>49</b>
<b>11.</b>	<b>Apéndice 1. Boleta de monitoreo fenológico.....</b>	<b>57</b>
<b>12.</b>	<b>Actividades de gestión, vinculación y divulgación .....</b>	<b>59</b>
<b>12.1.</b>	<b>Vinculación.....</b>	<b>59</b>

**12.2 Estrategia de difusión, publicación ..... 59**

**Índice de Tablas**

Tabla 1. Número de individuos monitoreados por sitio de estudio ..... 28

Tabla 2. Patrón de sincronía de las fenofases reproductivas de las especies monitoreadas en el estudio, de abril de 2017 a marzo de 2018 en Sibinal, SM..... 31

Tabla 3. Índice de Fournier (%) de las especies monitoreadas de abril/2017 a marzo/2018 en Sibinal, SM ..... 32

Tabla 4. Variables climáticas correlacionadas con el Índice de Fournier medio mensual calculado para las especies en estudio..... 33

Tabla 5. Correlaciones de Spearman de los índices de Fournier medios mensuales de las fenofases de cada especie con la temperatura media mensual y la precipitación..... 33

Tabla 6. Temporada (seca, lluviosa) en la que las especies en estudio desarrollan flores abiertas y frutos maduros en Sibinal, San Marcos..... 39

Tabla 7. Periodo principal de fructificación (frutos maduros) de las especies monitoreadas en el estudio ..... 40

**Índice de Figuras**

Figura 1. Inflorescencia masculina de *Hedyosmum mexicanum* ..... 7

Figura 2. Infrutescencias maduras de *Hedyosmum mexicanum* ..... 7

Figura 3. Flores de *Ocotea salvinii*..... 9

Figura 4. Frutos de *Ocotea salvinii*..... 9

Figura 5. Flores y botones florales de *Litsea glaucescens*..... 11

Figura 6. Frutos inmaduros de *Litsea glaucescens* ..... 11

Figura 7. Flores de *Miconia glaberrima* ..... 13

Figura 8. Frutos de *Miconia glaberrima* ..... 13

Figura 9. Flores de *Fuchsia arborescens*..... 15

Figura 10. Frutos de *Fuchsia arborescens* ..... 15

Figura 11. Flores de *Prunus lundelliana* ..... 17

Figura 12. Fruto de *Prunus brachybotrya* ..... 17

Figura 13. Flor de *Chiranthodendron pentadactylon* ..... 19

Figura 14. Fruto de <i>Chiranthodendron pentadactylon</i> .....	19
Figura 15. Inflorescencia de <i>Cornus disciflora</i> .....	21
Figura 16. Frutos maduros de <i>Cornus disciflora</i> .....	21
Figura 17. Flores de <i>Parathesis reflexa</i> .....	23
Figura 18. Frutos de <i>Parathesis reflexa</i> .....	23
Figura 19. Ubicación de los sitios de estudio .....	24
Figura 20. Estación meteorológica instalada en la aldea Vega del Volcán .....	30
Figura 21. Diagrama ombrotérmico de 2010-2017 de la estación “San Marcos”, SM .....	30
Figura 22. Índices de actividad (sincronía) e intensidad (índice de Fournier) de las fenofases flor abierta y fruto maduro en <i>Hedyosmum mexicanum</i> , de abril/17 a marzo/18 en Sibinal San Marcos, y su relación con la precipitación mensual.....	34
Figura 23. Índices de actividad (sincronía) e intensidad (índice de Fournier) de las fenofases flor abierta y fruto maduro en <i>Ocotea salvinii</i> , de abril/17 a marzo/18 en Sibinal San Marcos, y su relación con la precipitación mensual.....	34
Figura 24. Índices de actividad (sincronía) e intensidad (índice de Fournier) de las fenofases flor abierta y fruto maduro en <i>Litsea glaucescens</i> , de abril/17 a marzo/18 en Sibinal San Marcos, y su relación con la precipitación mensual.....	35
Figura 25. Índices de actividad (sincronía) e intensidad (índice de Fournier) de las fenofases flor abierta y fruto maduro en <i>Miconia glaberrima</i> , de abril/17 a marzo/18 en Sibinal San Marcos, y su relación con la precipitación mensual.....	35
Figura 26. Índices de actividad (sincronía) e intensidad (índice de Fournier) de las fenofases flor abierta y fruto maduro en <i>Fuchsia arborescens</i> , de abril/17 a marzo/18 en Sibinal San Marcos, y su relación con la precipitación mensual.....	36
Figura 27. Índices de actividad (sincronía) e intensidad (índice de Fournier) de las fenofases flor abierta y fruto maduro en <i>Prunus lundelliana</i> , de abril/17 a marzo/18 en Sibinal San Marcos, y su relación con la precipitación mensual.....	36
Figura 28. Índices de actividad (sincronía) e intensidad (índice de Fournier) de las fenofases flor abierta y fruto maduro en <i>Prunus brachybotrya</i> , de abril/17 a marzo/18 en Sibinal San Marcos, y su relación con la precipitación mensual.....	37

Figura 29. Índices de actividad (sincronía) e intensidad (índice de Fournier) de las fenofases flor abierta y fruto maduro en <i>Chiranthodendron pentadactylon</i> , de abril/17 a marzo/18 en Sibinal San Marcos, y su relación con la precipitación mensual.....	37
Figura 30. Índices de actividad (sincronía) e intensidad (índice de Fournier) de las fenofases flor abierta y fruto maduro en <i>Cornus disciflora</i> , de abril/17 a marzo/18 en Sibinal San Marcos, y su relación con la precipitación mensual.....	38
Figura 31. Índices de actividad (sincronía) e intensidad (índice de Fournier) de las fenofases flor abierta y fruto maduro en <i>Parathesis reflexa</i> , de abril/17 a marzo/18 en Sibinal San Marcos, y su relación con la precipitación mensual.....	38
Figura 32. Durante la presentación de avances del proyecto, Sibinal-San Marcos, 18 de octubre de 2017 .....	60
Figura 33. Parte de los asistentes que participaron en la presentación de avances .....	60

## Fenología reproductiva de árboles potencialmente útiles para restaurar bosques nubosos

### 1. Resumen

La fenología estudia los cambios estacionales en los ciclos de vida de los organismos, y los factores bióticos-abióticos que los regulan. Es una ciencia importante, principalmente por los efectos que el cambio climático tiene en los ciclos de vida. En Guatemala se conocen cinco estudios fenológicos, de ellos, dos en bosques nubosos, ecosistemas particularmente susceptibles al cambio climático. En el bosque nuboso del volcán Tacaná, San Marcos, de abril/17 a marzo/18 se determinaron los patrones fenológicos de 10 especies potencialmente útiles para restaurar bosques nubosos. Con binoculares se registraron cada 15 días las fenofases reproductivas (floración, fructificación) de 15 individuos/especies. Se calcularon los índices de actividad (sincronía) y de Fournier (intensidad); se correlacionaron los índices de Fournier medios mensuales con la temperatura media mensual y la precipitación mensual, y se delimitaron los periodos en que se producen más frutos. La mayoría de las especies tuvieron alta sincronía en ambas fenofases (>60%). Seis de las correlaciones fueron significativas ( $p < .01$ ), tres con la temperatura (floración de *Chiranthodendron pentadactylon* Larreat.  $r_s = -0.76$ , y fructificaciones de *Prunus brachybotrya* Zucc.  $r_s = -0.75$  y de *Cornus disciflora* DC.  $r_s = 0.77$ ) y tres con la precipitación (fructificación de *P. brachybotrya*  $r_s = -0.86$ , y floración y fructificación de *C. pentadactylon*  $r_s = -0.77$ ,  $r_s = 0.86$  respectivamente). En general los patrones de floración y fructificación fueron estacionales, la primera en la temporada seca y la segunda en la lluviosa, y los periodos en que las especies presentan frutos maduros fueron relativamente largas (> 100 días). Conocer estos periodos permitirá planificar la colecta de semillas para programas de restauración ecológica.

*Palabras clave:* Volcán Tacaná; Sibinal; Floración; Fructificación; *Ocotea salvinii*

## 2. Abstract

Phenology studies the seasonal changes in the life cycles of organisms, and the biotic and abiotic factors that regulate them. It is an important science, mainly for the effects that climate change has in the life cycles. In Guatemala, five phenological studies are known, two of them in cloud forests, ecosystems particularly susceptible to climate change. In the cloud forest of Tacaná volcano, San Marcos, from april/17 to march/18 were determined the phenological patterns of 10 species potentially useful to restore cloud forests. With help of binoculars, there were registered each 15 days the reproductive phenophases (flowering, fructification) of 15 individuals/species. There were calculated the index of activity (synchrony) and Fournier (intensity); there were correlated the average monthly index of Fournier with average monthly temperature and monthly precipitation, and there were delimited the periods where more fruits are produced. The most of species had high synchrony in both phenophases (more than 60%). Six of the correlations were significative (p less than .01), three with temperature (flowering of *Chiranthodendron pentadactylon* Larreat.  $r_s = -0.76$ , and fructification of *Prunus brachybotrya* Zucc.  $r_s = -0.75$  and *Cornus disciflora* DC.  $r_s = 0.77$ ) and three with precipitation (fructification of *P. brachybotrya*  $r_s = -0.86$ , and flowering and fructification of *C. pentadactylon*  $r_s = -0.77$ ,  $r_s = 0.86$  respectively). Generally, flowering and fructification patterns were seasonal, first one in dry season and second one in rainy season, and periods in which species show ripe fruits were relatively long (more than 100 days). To know these periods will allow to plan the collection of seeds for ecological restoration programs

**Key words:** Tacaná volcano; Sibinal; flowering; fructification; *Ocotea salvinii*



### 3. Introducción

La fenología es la ciencia que se encarga de estudiar los cambios estacionales en los ciclos de vida de los organismos, y los factores bióticos y abióticos que regulan estos cambios (Smith & Smith, 2001).

El interés por conocer los patrones fenológicos de los organismos inició con los grupos cazadores-recolectores, quienes necesitaban saber los momentos y lugares donde las especies de su interés estarían presentes y/o producirían las estructuras que recolectaban (Schwartz, 2013). Pero fue hasta finales del siglo XX cuando el interés científico se hizo más evidente, principalmente por los efectos que el cambio climático puede tener en los ciclos de vida de los organismos (Cleland, Chuine, Menzel, Mooney, & Schwartz, 2007; Parmesan, 2007). Sin embargo, estos estudios se han realizado mayormente en latitudes medias (Schwartz, 2013), por lo que especialistas resaltan la necesidad de generar datos fenológicos de especies tropicales, en regiones y ecosistemas poco estudiados, como la centroamericana y los bosques de montaña (Inouye & Wielgolaski, 2013; Morellato *et al.*, 2013). Entre estos ecosistemas, resaltan los bosques nubosos, que son particularmente susceptibles al cambio climático (Golicher, Cayuela, & Newton, 2012).

En Guatemala se conocen solo cinco estudios fenológicos, de los cuales únicamente dos se han desarrollado en bosques nubosos (García, 2015; Flores, 2012; Morales *et al.*, 2005; Ramírez, 1997; Rivas, 2008), por lo que es importante desarrollar más investigaciones al respecto. En este estudio se generó información sobre el tema, al establecer el patrón fenológico de 10 especies que son relativamente comunes en los bosques nubosos del país, que tienen algún grado de amenaza y/o son de importancia social, cultural y/o ecológica (Lorea-Hernández, 2011; Lorea-Hernández & González-Espinosa, 2011; Oldfield, Lusty, & MacKinven, 1998; Ramírez-Marcial & González-Espinosa, 2011; Rivas, 2008). El estudio se realizó en el bosque nuboso del volcán Tacaná, uno de los bosques menos explorado del país y se trató de contestar las siguientes preguntas de investigación: ¿las fenofases reproductivas de las especies seleccionadas son sincrónicas?, ¿las fenofases están relacionadas con la precipitación y la temperatura?, ¿cuánto duran las fenofases reproductivas? y ¿cuándo producen más frutos las especies seleccionadas?; para ellos se plantearon tres objetivos, 1) establecer si las fenofases reproductivas de las especies seleccionadas son sincrónicas, 2) determinar si las fenofases reproductivas se correlacionan

con la precipitación y la temperatura, y 3) delimitar los periodos de mayor producción de frutos y la duración de los mismos.

La hipótesis que se puso a prueba fue que los patrones fenológicos de las especies seleccionadas están relacionados con la precipitación y la temperatura.

El conocer las temporadas de fructificación de las plantas, y en especial los periodos de mayor producción de frutos, permite planificar la colecta de semillas para programas de manejo y conservación forestal (Ochoa-Gaona, Pérez, & De Jong, 2008), por lo que la información generada permitirá manejar de mejor forma las especies seleccionadas y promover su uso en programas de restauración o reforestación, con lo cual se estará contribuyendo al cumplimiento de la Estrategia de Restauración del Paisaje Forestal diseñada para el país (Mesa de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala, 2015).

## **4. Marco teórico y estado del arte**

### **4.1. Fenología**

La fenología es la ciencia que se encarga de estudiar los cambios estacionales en los ciclos de vida de los organismos, y los factores bióticos y abióticos que regulan estos cambios (Smith & Smith, 2001). Entre los factores abióticos que pueden influir en la fenología de las plantas están el largo del día (Marques, Roper, & Baggio, 2004), la temperatura (Morellato *et al.*, 2000), el tipo de suelo (Cardoso, Marques, Botosso, & Marques, 2012) y la precipitación (Günter *et al.*, 2008).

Es importante conocer los patrones fenológicos de las plantas porque los mismos pueden influir en las actividades, movimientos y reproducción de los animales (Peres, 1994; Solórzano, Castillo, Valverde, & Ávila, 2000), así como también permite planificar de mejor forma la colecta de semillas para programas de manejo y conservación forestal (Ochoa-Gaona *et al.*, 2008).

Su importancia se hizo evidente principalmente a finales del siglo XX, especialmente por las alteraciones que el cambio climático puede tener en los ciclos de vida de los organismos (Cleland *et al.*, 2007; Parmesan, 2007).

Tradicionalmente en los estudios fenológicos son cuatro los procesos básicos, también llamados fenofases que se registran:

- Floración: se registra el estado en el cual se encuentran las flores en el momento de la observación, es decir como botón o flor abierta.
- Fructificación: su registro se toma en el momento en que son visible los frutos.
- Caída del follaje: se toma desde el momento en que se inicia la floración.
- Brotación foliar: se registra desde que se observan los brotes foliares hasta que las hojas hayan alcanzado su tamaño normal.

En Guatemala sólo se conocen cinco estudios fenológicos; el primero de ellos fue realizado por Ramírez (1997), quien evaluó el patrón fenológico de 14 especies arbóreas en el Parque Nacional Tikal, las especies fueron seleccionadas en base a su abundancia e importancia alimenticia para la fauna cinegética del área; en este caso las especies mostraron estacionalidad en la floración y fructificación, dándose la primera en la temporada seca y la segunda en la lluviosa.

El segundo estudio fue realizado por Morales y colaboradores (2005) en la Reserva de Biosfera Sierra de Las Minas, quienes estudiaron 20 especies arbóreas alimenticias de fauna cinegética en tres tipos de bosque y encontraron que las especies se comportan como un sistema dinámico asincrónico que responde a cambios climáticos y/o presiones antropogénicas que modifican el microclima de cada localidad, razones por las cuales no pudieron detectar patrones definidos.

El tercer estudio, al igual que el de Morales y colaboradores (2005), se llevó a cabo en un bosque nuboso (volcán San Pedro); el mismo fue ejecutado por Rivas (2008), quien determinó el patrón fenológico de diez especies alimenticias del pavo de cacho (*Oreophasis derbianus* Gray, 1844). Se determinó que tanto para la floración como para la fructificación las especies estudiadas mostraron 3 patrones fenológicos, para la fructificación observó que algunas especies lo hacen en la estación lluviosa, mientras que otras desarrollan frutos durante todo el año, pero con leves aumentos al final de la estación lluviosa o en la transición lluviosa-seca.

Los dos estudios restantes, al igual que el de Ramírez (1997), se realizaron en los bosques húmedos del departamento de Petén. El primero de ellos, en el sitio arqueológico Yaxhá, en el cual Flores (2012) registro la fenología de 15 especies importantes en la dieta de los vertebrados de la región; luego de los 24 meses que duro el estudio, encontró que la foliación y la floración estuvieron altamente concentradas en marzo, abril y mayo, y que la

temperatura y precipitación influyen en los patrones fenológicos. Por su parte García (2015) caracterizó los patrones fenológicos de 12 especies de importancia ecológica en tres biotopos ubicados dentro de la Reserva de Biosfera Maya; para este conjunto de especies encontró que la floración aumentó en los meses secos y que la fructificación se mantuvo relativamente constante.

#### 4.2 Descripción de las especies del estudio

*Hedyosmum mexicanum* C. Cordem. Chloranthaceae (Té de Montaña).

Árbol dioico (flores masculinas y femeninas en individuos distintos) común en bosques nubosos que puede llegar a alcanzar los 20m de altura (Standley & Steyermark, 1952; World Conservation Monitoring Centre, 1998). También se le conoce con los nombres palo de agua, té azteca, té maya, té de montaña/monte, mazorco, guardalagua (en México), ocze (en Huehuetenango, Guatemala), onj o onc (en idioma queqchi'), sandío (en Jalapa, Guatemala) (Calderón, 2006; Standley & Steyermark, 1952).

Se distribuye desde el sur de México hacia Guatemala, Honduras, Costa Rica y Panamá, desde 1200 a 2900 msnm (Calderón, 2006; Standley & Steyermark, 1952).

Posee un tronco grueso, sus hojas poseen peciolo corto funeliforme de hasta 2.5cm de largo; las láminas foliares glabras son suculentas a subcoriáceas, casi lanceoladas u oblongo-lanceoladas, usualmente 12-20 cm largo y 3-6 cm ancho, acuminadas, agudo a atenuado en la base, con margen crenado-aserrado muy marcado usualmente (aunque en ocasiones fino); posee estípulas pequeñas, multi-laciniadas. Las inflorescencias masculinas son espigas axilares o terminales de 3-13 cm de largo y 5-8 mm de grosor, solitarias o en grupos de 3 (la central más larga), con pedúnculos 3-20 mm curvados y laxos (Figura 1). Las flores pistiladas son muy numerosas y se encuentran en inflorescencias con aspecto de cabezas densas, ovoideas o subglobosas (30-70 grupos de 3-5 flores cada uno, 90-350 flores en total), cada cabeza puede ser solitaria o estar en grupos (las axilares más pequeñas), y poseen brácteas florales carnosas fusionadas tanto dentro como entre los agregados; la cabeza fructífera es de 2-3 cm de largo y 1.5-2 cm de grosor, muy carnosa y jugosa (dulce), blanquizca o amarillenta al madurar (Calderón, 2006; P. Standley & Steyermark, 1952) (Figura 2).

En el occidente de Guatemala se prepara una bebida, sustituto del café, mediante la adición de dos o tres hojas en una taza de agua caliente, de ahí su nombre palo de té/té de montaña (Standley & Steyermark, 1952).



*Figura 1.* Inflorescencia masculina de *Hedyosmum mexicanum*



*Figura 2.* Infrutescencias maduras de *Hedyosmum mexicanum*

*Ocotea salvinii* Mez. Lauraceae (Canoj)

Árbol en peligro de extinción que se distribuye únicamente en algunos bosques nubosos de Chiapas y Guatemala (Lorea-Hernández, 2011).

Es un árbol de 9-15m o más de altura, las ramas son fornidas, densas y cercanamente ferruginosas-tomentosas. Las hojas sobre peciolos gruesos de 2.5 cm de largo, coriáceas, elípticas a ovado-elíptico, 9-16 cm de largo y 3.5-8.5 cm de ancho, agudas o acuminadas, agudas a redondeadas en la base, márgenes recurvados en la base y formando un saco, color verde brillante y lustroso en la superficie, glabras o casi glabras, la venación prominente y cercanamente reticulada, cubiertas en el envés con un tomento ferruginoso muy denso. Las inflorescencias panículas subpiramidales, más cortas que las hojas, densamente ferruginosas-tomentosas, con muchas flores, sobre pedicelos gruesos de 1-3 mm de largo. Las flores ferruginosas-tomentulosas (Figura 3). Perianto como un tubo obsoleto, los segmentos en general ovados, agudos. Filamentos escasamente pubescentes, cortos, aquellos de la tercera serie con 2 pequeñas glándulas basales sésiles y globosas. Anteras suborbiculares, redondeadas en el ápice. Los estaminodios conspicuos, cordados-sagitados, el estípite escasamente piloso. Los ovarios glabros, con el estilo ligeramente más corto. El fruto maduro oval-globoso, de 3 cm de largo y 2 cm de ancho, generalmente redondeado en el ápice (Figura 4); cúpula en forma de platillo de 1 mm de ancho, doble-marginado, con un pedicelo corto y grueso. De entre todas las Lauraceae de Guatemala, esta planta se puede reconocer fácilmente por su tomento ferruginoso muy denso en el envés de las hojas.



*Figura 3. Flores de Ocotea salvinii*



*Figura 4. Frutos de Ocotea salvinii*

*Litsea glaucescens* Kunth. Lauraceae (Laurel)

Se encuentra en bosques nubosos húmedos o secos, laderas con maleza, y más a menudo en lugares abiertos de bosques mixtos o de pino-encino, entre 1300-3500 msnm. Se distribuye en México, Guatemala, El Salvador y Honduras (Standley & Steyermark, 1946).

Es un arbusto o árbol usualmente 3-12 m de alto, densamente ramificado con ramas glabras o puberulentas y delgadas. Las hojas son coriáceas en peciolo delgado de 18 mm de largo, lanceoladas o elípticas-lanceoladas de 8 cm de largo y 2.5 cm de ancho, glabras, agudas a largo-acuminado, agudas o subagudas en la base, penni-nervadas u obscuramente triple-nervadas, cercana y conspicuamente con venas reticuladas, lustrosas y verde fuerte en el haz, glaucescente y verde más claro en el envés. Inflorescencias axilares, solitarias o en fascículos, simples o corimbos, los pedúnculos glabros, los involucros 5-9-floreos, las flores de color amarillo o blanco-amarillento (Figura 5). En las flores los pedicelos glabros o casi glabros, sin tubo de perianto, los lóbulos ovales, subobtusos o subagudas, delgadas, glabras; estambres 3-seriados, los filamentos glabros. El fruto maduro es globoso y negro de 9 mm de diámetro (Standley & Steyermark, 1946) (Figura 6).

Guzmán-Gutiérrez, Gómez-Cansino, García-Zebadúa, Jiménez-Pérez, & Reyes-Chilpa (2012) hacen referencia al uso tradicional de la planta, mediante infusiones, para tratar afecciones como diarrea y vómitos, dolor de huesos, baños postparto, cólicos en niños. También mencionan el uso para tratar enfermedades relacionadas al sistema nervioso central, como tristeza, nervios, enojo, y susto; para lo cual se hierve las hojas junto con otras hojas medicinales como la menta, el cedrón, canela, entre otras. En su estudio los autores comprobaron la capacidad antidepressiva que poseen los aceites esenciales de la especie, principalmente de los monoterpenos  $\beta$ -pinene y linalool, respaldando así el uso tradicional de esta planta para tratar la tristeza.





*Figura 5. Flores y botones florales de Litsea glaucescens*



*Figura 6. Frutos inmaduros de Litsea glaucescens*

*Miconia glaberrima* Schldl. Naudin. Melastomataceae (Zacatzán).

También se conoce como uva (en Huehuetenango), o como cenizo, patashtillo, hojas de lata, entre otros (en México). Es un árbol dioico (flores masculinas y femeninas en individuos distintos) que alcanza los 10 m de alto. Se encuentra en bosques nubosos, bosques húmedos, bosque mixto y en ocasiones en bosque de pino, desde 900-2500 msnm, distribuyéndose desde el sur de México hasta Panamá (Aguilar-Rodríguez & Castro-Plata, 2006; Ibarra-Manríquez, Meave, Cornejo-Tenorio, & De Santiago, 2011; Standley & Williams, 1963).

Arbusto o árbol pequeño, de hasta 8 m de alto, completamente o casi glabro, las ramas son delgadas, obtusamente tetragonas. Las hojas membranosas o usualmente gruesas y firmes, de color verde seco o verde amarillento, alcanzan 8-14 cm de largo y 2.5-5 cm de ancho, se encuentran montadas sobre peciolo 1-3.5 cm de largo, su forma es elípticas-oblongas a laceolado-oblongo, acuminadas, a menudo abruptamente, mayormente agudas en la base, 3-nervadas o con pequeñas venas adicionales cercanas al margen, las venas internas a veces alzadas ligeramente por encima de la base de la hoja pero generalmente son basales o casi basales, márgenes enteros o inconspicuamente ciliados-aserrados. Las inflorescencias son panículas piramidales de 6-14 cm de largo, con pedúnculo corto, libremente ramificadas, con muchas flores las cuales en su mayoría con pedicelos. Las flores 5-meras funcionalmente unisexuales (Figura 7). Poseen hipantio hemisférico a cilíndrico-campanulado, glabro, de 1.5 cm de largo, el cáliz generalmente lobado y en forma de reborde, los sépalos pequeños; los pétalos son blancos a rosado, obovados de 1-2 mm de largo y 1.5 mm de ancho, glabros. Poseen estambres isomórficos obovoides a cuneiformes, anteras oblongas, subuladas o cuneadas, conectivo sencillo prolongado 0.25 mm desprovisto de apéndices. El estilo glabro es angostamente cilíndrico de 1-3 mm de largo, estigma no expandido, ovario 3-locular parcialmente ínfero. Los frutos son bayas globosas pequeñas de 4-5 mm de diámetro, blancas o teñidas de rosado o morado (Figura 8) (Almeda, 1993; Standley & Williams, 1963).

De acuerdo al estudio de Aguilar-Rodríguez & Castro-Plata (2006), este árbol tiene fibras de buena calidad para ser empleadas como pulpa para papel.



*Figura 7. Flores de Miconia glaberrima*



*Figura 8. Frutos de Miconia glaberrima*

*Fuchsia arborescens* Sims. Onagraceae (Palo de Reyna).

Arbusto o árbol pequeño de uso ornamental. Cuenta con varios nombres comunes, entre los que destacan adelaída, aretillo o flor de arete, don diego de día, flor o amor de verano, amor fino, nance de montaña (en Quetzaltenango), entre otros (Acosta-Castellanos & González-Espinosa, 2011; Standley & Williams, 1963b).

Se encuentra desde bosques nubosos y bosques húmedos, hasta bosques mixtos y también a menudo en el borde del bosque en prados y matorrales, entre los 1300-2900 msnm, distribuyéndose desde el sur de México hacia Guatemala, Honduras, Costa Rica, y Panamá (Acosta-Castellanos & González-Espinosa, 2011; Standley & Williams, 1963b).

El palo de reina puede llegar a medir 1.5-8 m de alto, es glabro o casi glabro, con tronco corto y grueso, y con una copa densa y redondeada. Las hojas son opuestas o ternadas, de peciolo delgado, oblanceoladas u oblongo-lanceoladas de 7-20 cm de largo, ápice agudo a acuminado, atenuadas en la base, de margen entero o serrado, pálidas en el envés. Las flores hermafroditas de coloración rosa-morado (mayormente lila), alrededor de 12 mm de largo, formando panículas terminales largas y usualmente densas (Figura 9). Los lóbulos del cáliz son casi iguales al tubo, linear-oblongos, obtusos, reflejados en las flores; los capullos florales son redondos o muy obtusos en el ápice, los pétalos son más cortos que los sépalos. Los estambres usualmente conspicuos y exertos. Los frutos son subglobosos, de 1 cm de diámetro máximo cuando están frescos, color morado oscuro o morado-negro, en abundante floración (Figura 10) (Standley & Williams, 1963b).



*Figura 9. Flores de Fuchsia arborescens*



*Figura 10. Frutos de Fuchsia arborescens*

*Prunus lundelliana* Standl. Rosaceae (Cerecillo).

Se encuentra en bosques nubosos mixtos de montaña, entre 500-2000 msnm, siendo endémico para Chiapas (México) y Guatemala (Standley & Steyermark, 1946b).

Es un árbol glabro de 5-18 m de alto. Las hojas sobre peciolo delgado de 1-1.5 cm largo, lanceoladas-oblongas a elípticas-ovadas, 7-15 cm de largo y 2.5-7 cm de ancho, largo-acuminadas, agudas a redondeadas en la base, usualmente delgadas y color verde claro, enteras, de tonalidades café en el envés cuando secas, cargan 3-4 glándulas pequeñas separadas de la costa, la venación inconspicua. Poseen racimos axilares o provenientes de nodos deshojados, 3-5 cm de largo, corto-pedunculados, de pocas a muchas flores, el pedicelo delgado 4-9 mm de largo. En la flor el cáliz generalmente campanulado es de 3 mm de ancho y alto, con sépalos muy cortos y en general redondeados; los pétalos son blancos de 2 mm de largo. El ovario es glabro (Figura 11) (Standley & Steyermark, 1946b).

*Prunus brachybotrya* Zucc. Rosaceae (Palo Negro).

Se encuentra en bosques nubosos, desde los 500-2700 msnm, siendo endémica para el Sur de México y Guatemala (Standley & Steyermark, 1946b).. Según Rzedowski & Calderón (2005) en México se le conoce como naranjillo colorado, capulincillo, o huevo de gato; mientras que (Standley & Steyermark, 1946b) mencionan que se le conoce como escobo y puc en Guatemala.

Es un árbol de 9-12 m de alto, que puede alcanzar los 35 m, con un tronco de 40 cm de diámetro, con corteza áspera y surcada, completamente glabro. Estipulas lineares de 6-9 mm de largo, a veces algo falcadas. Las hojas sobre esbeltos o gruesos peciolo mayormente de 12-15cm de largo, lanceoladas-oblongas o lanceoladas-oval, usualmente de 7-13 cm de largo y 2-5 cm de ancho, margen entero, comúnmente gruesas y coriáceas, acuminadas o largo-acuminadas, redondeadas o muy obtusas en la base, cargando 2 glándulas debajo a lo largo de la costa cercana a la base de la hoja (en ocasiones ausentes), la costa esbelta elevada, los nervios y venas no elevados e inconspicuos. Las flores en racimos solitarios de 6 cm de largo en las axilas foliares, laxos y bastante densos, casi sésiles o con pedúnculos de 2 cm largo, con varias flores, los pedicelos 4-7 mm de largo. Flores aromáticas con el cáliz de 2-3.5 mm de largo y ancho, glabro por dentro, y los pétalos blancos suborbiculares de 1.5-2 mm de diámetro; estambres cerca de 20, anteras oblongas a casi circulares, estilo cerca de 2

mm de largo, estigma disciforme. El fruto globoso-alargado o algo oblato de 1-1.6 cm (o más) de diámetro, negro en la madurez (Figura 12) (Rzedowski & Calderón, 2005; Standley & Steyermark, 1946b).



*Figura 11. Flores de Prunus lundelliana*



*Figura 12. Fruto de Prunus brachybotrya*

*Chiranthodendron pentadactylon* Larreat. Malvaceae (Kananac)

Árbol monotípico (único representante de su género) endémico para México (Morelos, Michoacán, Oaxaca, Chiapas) y Guatemala. Es un árbol típico de bosques nubosos, es abundante en muchos lugares de bosques nubosos mixtos de alta montaña, y también se le puede encontrar ocasionalmente en campos donde el bosque ha sido eliminado y probablemente en algunas regiones rurales; creciendo entre los 2000-3000 msnm. También se le conoce con los nombres de mano de león/mico/dragón, árbol de las manitas, camxochitl, canaco, canague, teyagua, tayuyo (en el Volcán de Agua), y majagua (en Zacapa) (Acosta-Castellanos, Ramírez-Marcial, González-Espinosa, Lorea-Hernández, & Meave, 2011; Standley & Steyermark, 1949).

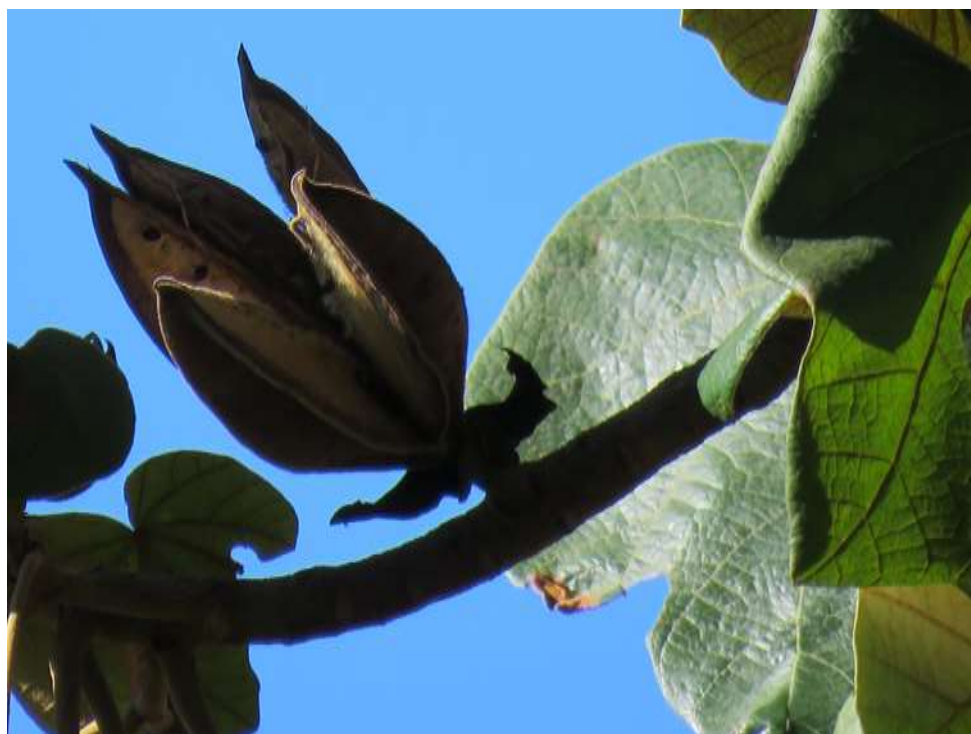
Un árbol de 12-30 m de alto (o más), el tronco frecuentemente 1-2 m de diámetro. Las hojas con peciolo largo, más o menos ovado-redondeado, 12-30 cm de largo, subagudas a acuminadas, profunda y estrechamente cordadas en la base, superficialmente lobadas o subenteras, verde oscuro y glabro el haz, denso a libremente café-tomentosa el envés, palmado-nervado. Pedúnculos más cortos que el cáliz, el cáliz 3.5-5 cm de largo, café-tomentoso de afuera y glabro adentro con un rojo oscuro “espeluznante”, con una larga cueva nectífera dentro de la base de cada lóbulo. La columna del estambre igualando el cáliz, cargando en su ápice 5 ramificaciones largas y curvadas, estas prolongadas hacia muy delgadas puntas (Figura 13). La cápsula oblonga-elipsoide, muy dura y leñosa, 10-15 cm de largo, fuertemente 5-lobada, los ángulos estrechos y sin filo (Figura 14). En las semillas el arilo de un naranja vistoso (Acosta-Castellanos et al., 2011; Standley & Steyermark, 1949).

Sus hojas se utilizan para envolver tamales y existen reportes que una infusión de las flores era usada por los indígenas para tratar úlceras crónicas, oftalmia, y hemorroides, pero es más probable que lo que usen sea el néctar copioso y bastante espeso que se acumula en los cálices; también se menciona que sus flores son usadas para enfermedades del corazón (Acosta-Castellanos et al., 2011; Standley & Steyermark, 1949).





*Figura 13. Flor de Chiranthodendron pentadactylon*



*Figura 14. Fruto de Chiranthodendron pentadactylon*

*Cornus disciflora* DC. Cornaceae (Zapuyul).

También se le conoce como canelo/palo canelo, aceituno o mimbre prieto (en México). Se encuentra en bosques húmedos y bosques nubosos de montaña, también en menor medida en bosques de *Cupressus* y bosques de pino, de 2000-3000 msnm, distribuyéndose desde México hacia Guatemala, El Salvador, Honduras, Costa Rica y Panamá (Aguilar-Rodríguez & Castro-Plata, 2006; Carranza, 1992; Standley & Williams, 1966).

Este árbol se puede encontrar desde 6-25 m de altura, con un tronco promedio de 40 cm de diámetro, corteza de color café claro o grisáceo, algo áspera o rugosa. Las ramas con nudos conspicuos, los vástagos jóvenes adpresos seríceos. Las hojas opuestas con peciolo delgados, de forma lanceoladas a lanceoladas-oblongas, mayormente 6-15 cm de largo y 2-6 cm de ancho, agudas a largo-acuminado, y agudas en la base, glabras en el haz (o escasamente pelosas), pálidas en el envés (usualmente) y minuciosamente pubescentes con pequeños tricomas malpigiáceos adpresos (a veces con pelos extendidos). Las inflorescencias capituliformes, las cabezas se encuentran sobre un largo pedúnculo de aproximadamente 1 cm de largo, formando cabezas con 12-15 flores sésiles y usualmente con 4 brácteas subyacentes. Las flores con pétalos blancuzcos o verde-amarillentos de 3-3.5 mm de largo, ovario 1-2 mm, estambres largamente exertos, filamentos 2 mm, anteras 1 mm (Figura 15). Los frutos son drupas elipsoidales de 12-14 mm de largo, morados a morado oscuro cuando maduran (Figura 16) (Carranza, 1992; Standley & Williams, 1966).

Sus fibras son de calidad regular para ser empleadas como pulpa para papel (Aguilar-Rodríguez & Castro-Plata, 2006).



*Figura 15. Inflorescencia de Cornus disciflora*



*Figura 16. Frutos maduros de Cornus disciflora*

*Parathesis reflexa* Brandege. Myrsinaceae (Chims).

Se encuentra en bosques nubosos de barrancos y laderas montañosas, a 3000 msnm o menos, siendo endémica para Chiapas (México) y Guatemala (Ricketson & Pipoly, 2015; Lundell, 1966).

Arbusto o árbol pequeño de hasta 10 m de alto, sus ramas son relativamente robustas y anguladas disminuyendo hasta los 3-6mm de diámetro y son ligeramente ferruginosas-tomentosas con pelos dendroides rojizos. Sus hojas alcanzan 10-23 cm de largo y 3-7.5cm ancho, con peciolo de 1-2.5cm largo, siendo hojas casi elípticas, lanceoladas u oblongo-lanceoladas con margen entero a crenulado, el ápice casi abruptamente acuminado y de base acuminada y decurrente, son membranosas a cartáceas, el haz es glabro excepto cerca de la vena media, las nervaduras secundarias 34-42 pares conspicuamente impresas en el haz, el envés es más pálido con las nervaduras ligeramente elevadas y pubescente en la base y en el peciolo con pelos ferruginosos dendroides. Con hojas terminales a veces reducidas a estructuras similares a brácteas, las inflorescencias son terminales de aspecto piramidal de 8-25 cm de largo, 2- o 3-paniculadas, largamente pedunculadas, minuciosamente flocoso-tomentoso con pelos ferruginosos dendroides, los pedicelos son delgados (5-12mm largo), las ramas en corimbos con 5-9 flores. Las flores 5- o rara vez 6-meras, umbeladas, minuciosamente papilosas-tomentosas (Figura 17). Los sépalos son estrechamente triangulares hasta 1.5 mm largo, acuminados, densamente puntados, papilosos-puberulentos. Los pétalos son lanceolados hasta 5 mm largo, papilosos-tomentosos sobre toda la superficie interior, con puntos negros en líneas. Estambres de 2.75-3mm largo como filamentos glabros, en ocasiones con puntos negros; con anteras erectas y delgadas, lanceoladas, alrededor de 2 mm de largo, dorso-fijas un tercio sobre la base, inconspicuamente puntadas dorsalmente con dispersas y minúsculas glándulas naranja-negro. El ovario es ovoide, tomentoso sobre la superficie completa a la base, los pelos sobre y en la base del estilo son simples o multiramificados, el estilo alrededor de 45 mm de largo, la placenta subglobosa, y los óvulos pequeños de 8-10 uniseriados y encapsulados. Los frutos son subglobosos, alcanzan una coloración tinto-morado y alrededor de 1cm de diámetro cuando maduros (Figura 18) (Lundell, 1966; Ricketson & Pipoly, 2015).



*Figura 17. Flores de Parathesis reflexa*



*Figura 18. Frutos de Parathesis reflexa*

## 5. Materiales y métodos

### 5.1. Área de estudio:

El estudio se llevó a cabo en el volcán Tacaná y su área de influencia, específicamente en los bosques nubosos del parque municipal Canjulá, caserío Las Pilas Frontera y de las aldeas Chocabj y Vega del Volcán, municipio de Sibinal, departamento de San Marcos (Figura 19).

El volcán Tacaná (lat.  $15^{\circ}07'54''$ , long.  $92^{\circ}06'30''$ ) sirve de límite entre México y Guatemala, es el segundo volcán más alto de Guatemala (4,092.63msnm) y de Centroamérica en general, es uno de los 4 volcanes activos de Guatemala, del cual se ha generado detallada información sobre los efectos de sus erupciones (Macías *et al.*, 2010; Rodríguez, 2010; Rouwet, Inguaggiato, Taran, Varley, & Santiago, 2009; Scolamacchia & Macías, 2015).

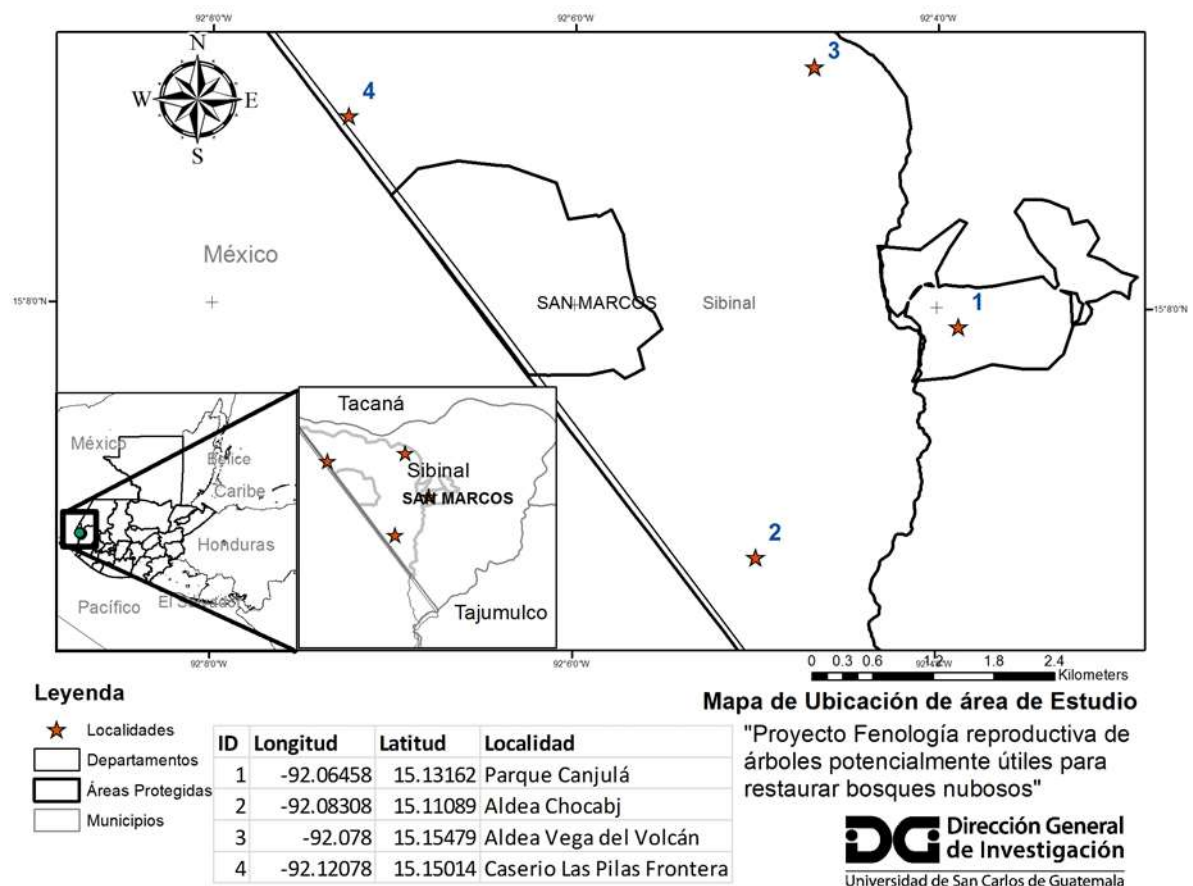


Figura 19. Ubicación de los sitios de estudio

Biológicamente es una localidad poco estudiada, pero de alta importancia como lo evidencia el que sea una de las áreas importantes para la conservación de aves (IBAS) identificadas para Guatemala (Eisermann & Avendaño, 2009). Los componentes biológicos han sido estudiados principalmente en el lado mexicano, favorecido quizás por ser Reserva de Biosfera desde el año 2003; del lado guatemalteco solo se conocen los estudios realizados por Viñals (1993) y Suchini *et al.* (1999), ambos relacionados con su composición florística. El volcán Tacaná y su área de influencia en Guatemala, abarcan 31.50 Km<sup>2</sup>, de los cuales, el 29.7% (9.35 Km<sup>2</sup>) corresponden a la Zona de Veda Definitiva. Altitudinalmente va desde los 2250 msnm en la aldea Chocabj hasta los 4100 msnm en la cumbre del volcán. La vegetación dominante por debajo de 2800 msnm es latifoliada del tipo nuboso, entre 2800 y 3100 msnm se encuentra vegetación mixta y la parte superior del volcán es dominada por coníferas (principalmente *Pinus hartwegii* Lindl.) (Rivas, 2015).

## **5.2 Método**

### **5.2.1 Muestreo y diseño de muestreo**

Se seleccionaron 15 individuos adultos que tuvieran la copa visible y un diámetro a la altura del pecho igual o mayor 15 cm ( $DAP \geq 15$  cm) de cada una de las diez especies con potencial para restaurar bosques nubosos del altiplano occidental del país. La selección de las especies se realizó con base en su abundancia, grado de amenaza e importancia social, cultural y/o ecológica (Lorea-Hernández, 2011; Lorea-Hernández & González-Espinosa, 2011; Oldfield *et al.*, 1998; Ramírez-Marcial & González-Espinosa, 2011; Rivas, 2008). Quince individuos por especie es la muestra recomendada por Morellato *et al.* (2010) para estudios fenológicos con árboles tropicales.

Para su identificación, cada individuo se marcó con pintura de aceite. A cada individuo se le asignó un código que indico el nombre de la especie y el número de individuo (1-15) (por ejemplo, el individuo No. 1 de *Ocotea salvinii* se indicó con el código OS1).

### **5.2.2 Técnica**

Con la ayuda de binoculares (9X45), aproximadamente cada 15 días, durante un año (de abril/2017 a marzo/2018) se registraron las fenofases reproductivas (floración –botón, flor abierta- y fructificación -fruto verde, fruto maduro) mediante la ponderación sugerida

por Fournier (1978), la cual va de cero a cuatro (0: ausencia, 1: 1-25%; 2: 26-50%; 3: 51-75%, 4: 76-100% de actividad en cada fenofase). Esta ponderación es utilizada comúnmente en estudios fenológicos (Morellato *et al.*, 2010).

### 5.2.3 Instrumento

Para registrar la información en campo se utilizaron boletas diseñadas para el efecto (ver apéndice 1). Posteriormente la información se vació en hojas de Excel.

Para el registro de las variables climáticas se utilizó una estación meteorológica automática, la cuales fueron complementadas con registros de la estación meteorológica “San Marcos”.

### 5.2.4 Procesamiento de datos y plan de análisis

Para establecer si las fenofases reproductivas de las especies seleccionadas eran sincrónicas (una misma fenofase ocurre simultáneamente en todos los individuos muestreados) se calculó el Índice de Actividad (IA) propuesto por Bencke y Morellato (2002). Este índice muestra la proporción de individuos que presenta determinada fenofase en una población en un tiempo determinado; cuando menos del 20% de los individuos manifiestan la fenofase, se considera que hay asincronía, cuando la fenofase ocurre entre el 21 y 60% de los individuos, se considera que la sincronía es baja, mientras que cuando más del 60% de los individuos presentan la fenofase, la sincronía es alta.

Para establecer si la precipitación y la temperatura influyen en las fenofases, se correlacionaron estas variables con el índice de Fournier (FI) promedio mensual calculado para cada especie. El valor de este índice se obtiene de la siguiente formula:

$$\%FI = \left[ \sum_{i=1}^n x_i / (n * 4) \right] * 100$$

Donde  $n$  es el número de individuos muestreados y  $x_i$  es el valor asignado a cada individuo  $i$  en la escala de 0 a 4 (Morellato, Alberti, & Hudson, 2010). Para la correlación se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman.

La duración de la fructificación fue la diferencia de días entre la aparición y desaparición de los frutos; se calculó la duración media de cada especie, su desviación estándar, el coeficiente de variación y los intervalos de confianza.



### 6. Operacionalización de variables

Objetivo específicos	VARIABLES	Técnicas	Instrumentos	Medición o cualificación
Establecer si las fenofases reproductivas de las especies seleccionadas son sincrónicas.	Fenofases reproductivas (floración y fructificación)	Observación directa con ayuda de binoculares de los individuos seleccionados.	Boleta de campo y base datos en formato Excel.	Cálculo del índice de Actividad para cada especie y fenofase (proporción de individuos de cada especie que presentan una determinada fenofase).
Determinar si las fenofases reproductivas de las especies seleccionadas se correlacionan con la precipitación y la temperatura.	Fenofases reproductivas	Observación directa con ayuda de binoculares de los individuos seleccionados.	Registro en boletas de los datos fenológicos posteriormente analizados en computadora.	Cálculo del índice de Fournier para cada especie cada 15 días.
	Temperatura media Precipitación en mm	Las variables climáticas se registraron en una estación meteorológica.	Los datos climáticos se registraron en la estación meteorológica y posteriormente se analizaron en computadora.	Temperatura media mensual Precipitación mensual en mm
Delimitar los periodos de mayor producción de frutos de las especies seleccionadas y la duración de los mismos.	Periodo y duración de la mayor producción de frutos de cada especie	Observación directa con ayuda de binoculares de los individuos seleccionados.	Boleta de campo y base datos en formato Excel. Estación meteorológica que registró las variables climáticas.	Cantidad de días en que los individuos muestreados presentan frutos.

## 7. Resultados

Como se había planificado, se marcaron 15 individuos de las 10 especies. Sin embargo, en el transcurso del estudio, fueron cortados 4 individuos de *Fuchsia arborescens*. La distribución de los árboles en los 4 sitios de monitoreo se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Número de individuos monitoreados por sitio de estudio

Especie	Sitios de Estudio			
	Parque Canjulá	Aldea Chocabj	Aldea Vega del Volcán	Caserio Las Pilas Frontera
<i>Hedyosmum mexicanum</i>			9	6
<i>Ocotea salvinii</i>			15	
<i>Litsea glaucescens</i>			5	10
<i>Miconia glaberrima</i>	6	9		
<i>Fuchsia arborescens</i>		15		
<i>Prunus lundelliana</i>	13		2	
<i>Prunus brachybotrya</i>			15	
<i>Chiranthodendron pentadactylon</i>		5	10	
<i>Cornus disciflora</i>			7	8
<i>Parathesis reflexa</i>			9	6
Total individuos	19	29	72	30

De abril de 2017 a marzo de 2018 se realizaron 25 monitoreos; en la mayoría de los meses se realizaron dos monitoreos, sin embargo, en mayo y diciembre se realizaron tres y en septiembre solo uno.

Para facilitar la visualización de los resultados, se presentan los obtenidos para cada objetivo.

### Objetivo No. 1

Establecer si las fenofases reproductivas de las especies seleccionadas son sincrónicas.

La mayoría de las especies tuvieron alta sincronía en ambas fenofases (Tabla 2). Las excepciones fueron *P. brachybotrya* en la que la sincronía fue baja o se careció de la misma, *P. lundelliana* que, aunque en los picos de floración y fructificación tuvo alta sincronía, también mostro periodos de baja sincronía y de asincronía, y *Litsea glaucescens* en la que la sincronía de la fructificación fue baja.

### Objetivo No. 2

Determinar si las fenofases reproductivas de las especies seleccionadas se correlacionan con la precipitación y la temperatura.

Se calculó el índice de Fournier (índice de intensidad) de las especies en cada monitoreo y posteriormente se obtuvo el valor medio mensual (Tabla 3).

Para las variables climáticas se instaló una estación meteorológica en la aldea Vega del Volcán (2,500 msnm) (Figura 20), sin embargo, la misma empezó a registrar datos hasta finales de julio, por lo que para el periodo de abril a julio se utilizaron las registradas por la estación meteorológica “San Marcos” del Insivumeh, la cual se localiza en cabecera departamental de San Marcos (latitud 14.954167° longitud 91.809444°; 2,420 msnm). La temperatura media mensual y la precipitación mensual de ambas estaciones se correlacionan positivamente ( $r = 0.95$  y  $r = 0.99$ , respectivamente;  $p < .05$ ), por lo que se consideró que se podían utilizar dichos registros. Como la temperatura media mensual de la estación “San Marcos” es en promedio 0.5 °C menor a la de Vega del Volcán, se restó esa cantidad. Asimismo, en promedio la estación de Vega del Volcán registró 19.7 mm de lluvia más que la estación “San Marcos”, por lo que dicha cantidad se sumó a los valores de la estación “San Marcos” que se utilizaron en las correlaciones.

Los valores de temperatura media mensual y de precipitación mensual utilizados se muestran en la Tabla 4. El diagrama ombrotérmico de Gausson elaborado con base en los registros de la estación “San Marcos” (Figura 21) indica que la temporada seca (periodo con déficit de lluvia) inicia en noviembre y finaliza en febrero (marzo y abril pueden considerarse transitorios entre la temporada seca y la lluviosa). La temperatura media mensual varía poco,

en la estación de Vega del Volcán de agosto/17 a marzo/18 la media fue de 12.8 °C, siendo noviembre y enero los más fríos (11 °C), y agosto el más cálido (14.5 °C).

Seis de las correlaciones fueron significativas ( $p \leq .01$ ), tres con la temperatura media mensual y tres con la precipitación mensual. La floración de *Chiranthodendron pentadactylon* fue la única que se correlaciono negativamente con ambas variables; de las cuatro restantes, dos se correlacionaron con la temperatura media mensual, una negativamente (fructificación de *P. brachybotrya*) y la otra positivamente (fructificación de *C. disciflora*), y dos con la precipitación mensual, una negativamente (fructificación de *P. brachybotrya*) y la otra positivamente (fructificación de *C. pentadactylon*) (Tabla 5).



Figura 20. Estación meteorológica instalada en la aldea Vega del Volcán

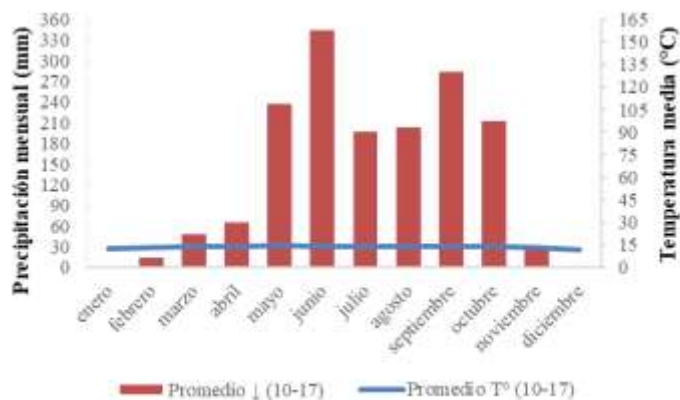


Figura 21. Diagrama ombrotérmico de 2010-2017 de la estación “San Marcos”, SM

Tabla 2. Patrón de sincronía de las fenofases reproductivas de las especies monitoreadas en el estudio, de abril de 2017 a marzo de 2018 en Sibinal, SM

Monit.	<i>Hedyosmum mexicanum</i>		<i>Ocotea salvinii</i>		<i>Litsea glaucescens</i>		<i>Miconia glaberrima</i>		<i>Fuchsia arborescens</i>		<i>Prunus lundelliana</i>		<i>Prunus brachybotrya</i>		<i>Chiranthodendron pentadactylon</i>		<i>Cornus disciflora</i>		<i>Parathesis reflexa</i>	
	Fl	Fr	Fl	Fr	Fl	Fr	Fl	Fr	Fl	Fr	Fl	Fr	Fl	Fr	Fl	Fr	Fl	Fr	Fl	Fr
abr-01	0	100	60	60	43	56	13	53	93	93	7	80	0	13	93	80	0	100	40	100
abr-02	0	100	33	73	47	60	13	53	93	93	7	60	0	20	80	93	0	100	33	100
may-01	0	100	20	80	47	50	13	53	93	93	7	53	0	27	73	93	0	100	27	100
may-02	0	100	7	80	47	50	13	53	87	93	0	33	0	20	67	87	0	100	13	100
may-03	0	100	20	80	27	40	13	47	87	93	0	33	27	13	60	73	0	100	13	100
jun-01	0	100	27	80	40	50	13	40	79	93	0	20	33	7	53	73	0	100	20	100
jun-02	0	100	33	80	33	50	13	33	79	93	0	13	60	0	47	73	0	100	20	100
jul-01	0	100	67	80	80	40	13	33	77	85	0	7	47	7	47	80	0	100	40	100
jul-02	0	100	100	80	93	50	20	27	77	77	47	0	40	13	47	80	0	100	93	100
ago-01	0	100	93	80	100	50	40	27	92	77	67	0	27	13	40	80	0	100	100	100
ago-02	0	100	100	80	100	50	73	20	100	100	87	0	33	7	40	80	0	100	100	100
sep-01	80	100	100	93	93	40	80	7	100	100	87	0	40	0	60	80	73	100	100	100
oct-01	100	80	80	93	93	50	87	7	92	92	87	13	40	7	60	80	80	100	100	100
oct-02	100	80	93	87	93	50	87	7	92	85	87	13	60	7	87	73	80	93	100	100
nov-01	100	90	100	93	93	50	93	13	83	92	93	20	47	27	93	80	93	93	87	100
nov-02	100	80	80	93	100	50	100	27	75	83	100	40	13	40	100	73	93	80	87	100
dic-01	100	90	67	80	100	40	100	40	75	83	93	47	7	40	100	67	87	73	80	93
dic-02	100	100	67	80	100	40	100	60	83	92	93	40	0	53	100	67	93	80	80	93
dic-03	100	100	40	80	100	40	100	53	83	75	80	80	7	53	100	80	93	80	80	93
ene-01	100	100	40	87	100	40	93	53	92	83	33	73	7	47	100	60	93	60	80	87
ene-02	100	100	20	87	100	40	87	67	92	83	33	87	7	40	100	73	93	67	80	93
feb-01	60	100	0	87	100	40	73	80	91	91	7	87	0	47	93	73	93	60	47	93
feb-02	0	100	7	80	100	40	47	80	73	100	20	87	13	47	93	73	93	93	47	80
mar-01	0	100	0	80	100	50	47	80	73	100	0	87	13	60	93	73	93	93	40	87
mar-02	0	100	0	73	100	50	20	80	55	91	20	93	27	60	93	73	73	87	20	100

Fl: floración; Fr: fructificación.

Intensidad de la sincronía: 20% ≤ asincronía; 21-60% baja sincronía; &gt; 60% alta sincronía

Tabla 3. Índice de Fournier (%) de las especies monitoreadas de abril/2017 a marzo/2018 en Sibinal, SM

Fecha Monitoreo	<i>Hedyosmum mexicanum</i>		<i>Ocotea salvinii</i>		<i>Litsea glaucescens</i>		<i>Miconia glaberrima</i>		<i>Fuchsia arborescens</i>		<i>Prunus lundelliana</i>		<i>Prunus brachybotrya</i>		<i>Chiranthodendron pentadactylon</i>		<i>Cornus disciflora</i>		<i>Parathesis reflexa</i>	
	Fl	Fr <sup>1</sup>	Fl	Fr	Fl	Fr <sup>1</sup>	Fl	Fr	Fl	Fr	Fl	Fr	Fl	Fr	Fl	Fr	Fl	Fr	Fl	Fr
Abr1	0	80	25	23	21	17	12	28	47	38	2	38	0	5	25	35	0	52	18	58
Abr2	0	80	12	42	30	18	7	23	43	38	3	17	0	5	23	47	0	50	13	62
May1	0	85	5	48	30	15	7	27	38	40	3	18	0	7	23	50	0	55	12	63
May2	0	85	2	50	23	15	5	32	30	50	0	17	0	5	22	47	0	53	3	75
May3	0	82.5	12	50	7	10	7	25	45	37	0	12	8	3	22	43	0	52	7	65
Jun1	0	82.5	12	50	12	13	5	17	38	41	0	8	12	2	17	47	0	50	8	67
Jun2	0	87.5	15	47	17	13	5	13	38	43	0	3	18	0	13	53	0	50	8	67
Jul1	0	85	32	42	47	10	8	12	44	33	0	2	13	2	18	52	0	62	10	62
Jul2	0	80	53	33	52	13	7	10	42	35	23	0	12	3	20	45	0	62	25	60
Ago1	0	75	42	37	57	13	13	10	50	31	30	0	8	3	18	48	0	63	28	60
Ago2	0	70	47	33	57	13	30	5	54	38	40	0	10	2	15	45	0	60	42	53
Sep1	20	67.5	53	33	58	10	43	2	50	44	45	0	10	0	25	48	23	52	45	48
Oct1	65	37.5	30	42	58	13	52	2	46	42	37	3	15	2	25	38	25	43	45	48
Oct2	85	32.5	37	42	62	15	60	2	48	37	38	3	28	2	37	37	33	38	45	50
Nov1	85	25	48	35	50	18	62	3	44	42	42	5	18	7	45	38	38	43	37	48
Nov2	45	30	40	28	70	13	70	7	38	35	52	10	3	12	55	25	35	33	43	52
Dic1	90	37.5	33	23	70	10	63	10	38	35	53	12	2	12	52	27	38	30	38	52
Dic2	55	35	32	23	68	10	58	17	44	38	38	10	0	15	57	25	43	37	38	50
Dic3	45	52.5	18	27	72	10	62	18	42	31	28	25	2	15	57	28	47	32	35	47
Ene1	50	62.5	15	30	70	10	72	17	46	33	12	27	2	13	53	27	50	25	37	45
Ene2	50	67.5	5	40	73	10	52	25	46	35	10	28	2	12	57	32	47	30	35	47
Feb1	20	52.5	0	35	72	13	40	43	45	45	2	32	0	12	50	32	48	23	25	40
Feb2	0	70	2	32	72	10	25	38	36	43	7	30	3	12	48	32	35	32	30	38
Mar1	0	73	0	33	72	13	28	38	36	43	0	30	8	15	48	32	40	33	25	38
Mar2	0	78	0	35	67	13	12	47	27	43	5	38	15	18	47	33	18	37	12	47

Fl: floración; Fr: fructificación.

<sup>1</sup> % obtenido a partir del patrón fenológico de 10 individuos hembra.

Tabla 4. Variables climáticas correlacionadas con el Índice de Fournier medio mensual calculado para las especies en estudio

Mes	Temperatura media mensual °C	Precipitación mensual mm
<sup>Δ</sup> abril	13.2*	70.7**
<sup>Δ</sup> mayo	13.8*	223.9**
<sup>Δ</sup> junio	13.6*	421.3**
<sup>Δ</sup> julio	13.2*	144.2**
Agosto	14.5	208.6
septiembre	14	298.6
Octubre	14	225.8
noviembre	11	11.4
diciembre	12.5	0.6
Enero	11	11.4
Febrero	12	1.8
Marzo	13	63.2

<sup>Δ</sup>Se tomó de la estación meteorológica “San Marcos”

\*Al valor original se le restaron 0.5 °C

\*\*Al valor original se le sumaron 19.7 mm

Tabla 5. Correlaciones de Spearman de los índices de Fournier medios mensuales de las fenofases de cada especie con la temperatura media mensual y la precipitación

Especie	rs T° media mensual		rs ↓ mensual	
	Fl	Fr	Fl	Fr
<i>Hedyosmum mexicanum</i>	-0.31	0.38	-0.30	0.50
<i>Ocotea salvinii</i>	0.38	0.50	0.29	0.69
<i>Litsea glaucescens</i>	-0.59	0.13	-0.70	0.13
<i>Miconia glaberrima</i>	-0.45	-0.42	-0.54	-0.42
<i>Fuchsia arborescens</i>	0.45	0.27	0.21	0.30
<i>Prunus lundelliana</i>	-0.05	-0.68	-0.22	-0.63
<i>Prunus brachybotrya</i>	0.21	-0.75*	0.43	-0.86*
<i>Chiranthodendron pentadactylon</i>	-0.76*	0.73	-0.77*	0.86*
<i>Cornus disciflora</i>	-0.70	0.77*	-0.71	0.69
<i>Parathesis reflexa</i>	-0.03	0.41	-0.15	0.51

Fl: floración; Fr: fructificación.

\*  $p < .01$ . Valor crítico de  $rs_{(01, 12)} = \pm 0.727$

Para visualizar el patrón de las especies con relación a la precipitación (meteorológico que muestra más variabilidad), se graficaron las fenofases más importantes reproductivamente (flor abierta y fruto maduro) (Figuras 22-31). Estas gráficas muestran la temporada en que las especies florecen y fructifican (Tabla 6).

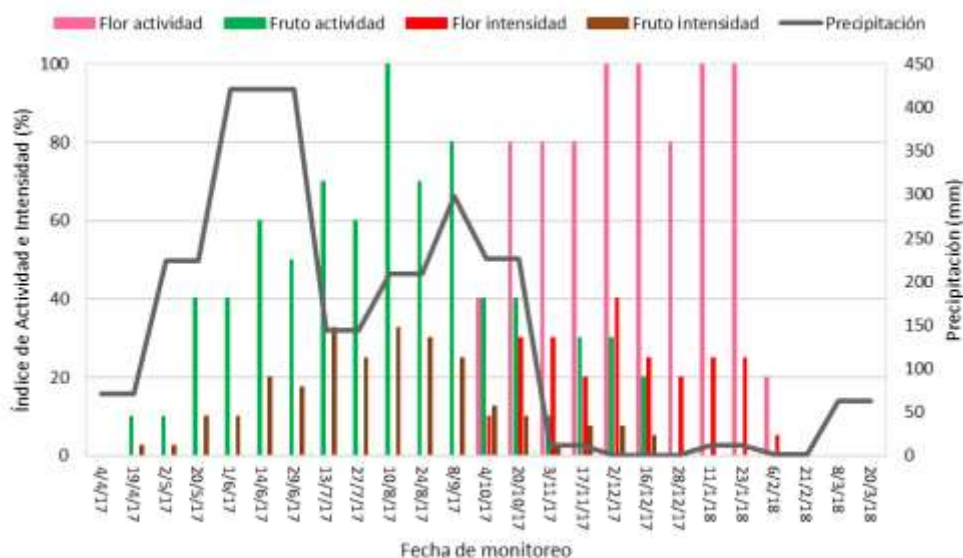


Figura 22. Índices de actividad (sincronía) e intensidad (índice de Fournier) de las fenofases flor abierta y fruto maduro en *Hedyosmum mexicanum*, de abril/17 a marzo/18 en Sibinal San Marcos, y su relación con la precipitación mensual

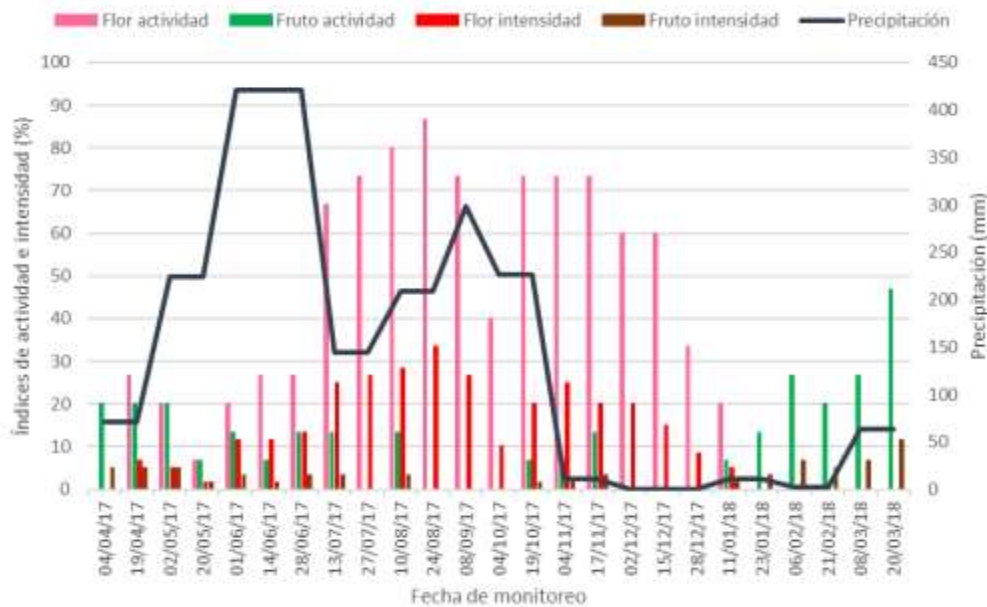


Figura 23. Índices de actividad (sincronía) e intensidad (índice de Fournier) de las fenofases flor abierta y fruto maduro en *Ocotea salvini*, de abril/17 a marzo/18 en Sibinal San Marcos, y su relación con la precipitación mensual



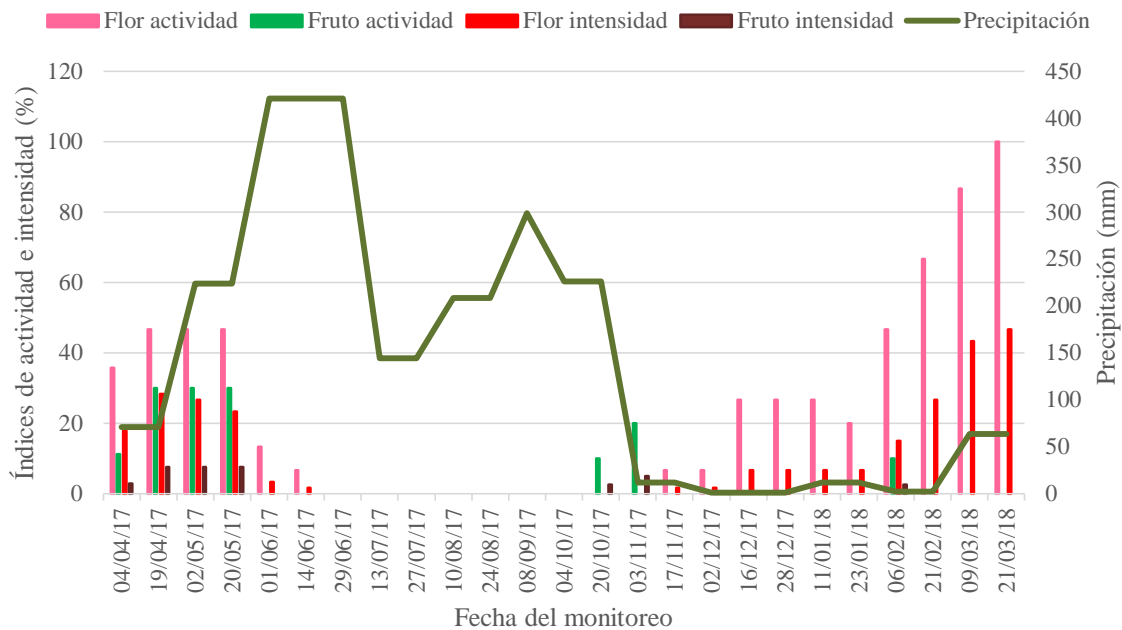


Figura 24. Índices de actividad (sincronía) e intensidad (índice de Fournier) de las fenofases flor abierta y fruto maduro en *Litsea glaucescens*, de abril/17 a marzo/18 en Sibinal San Marcos, y su relación con la precipitación mensual

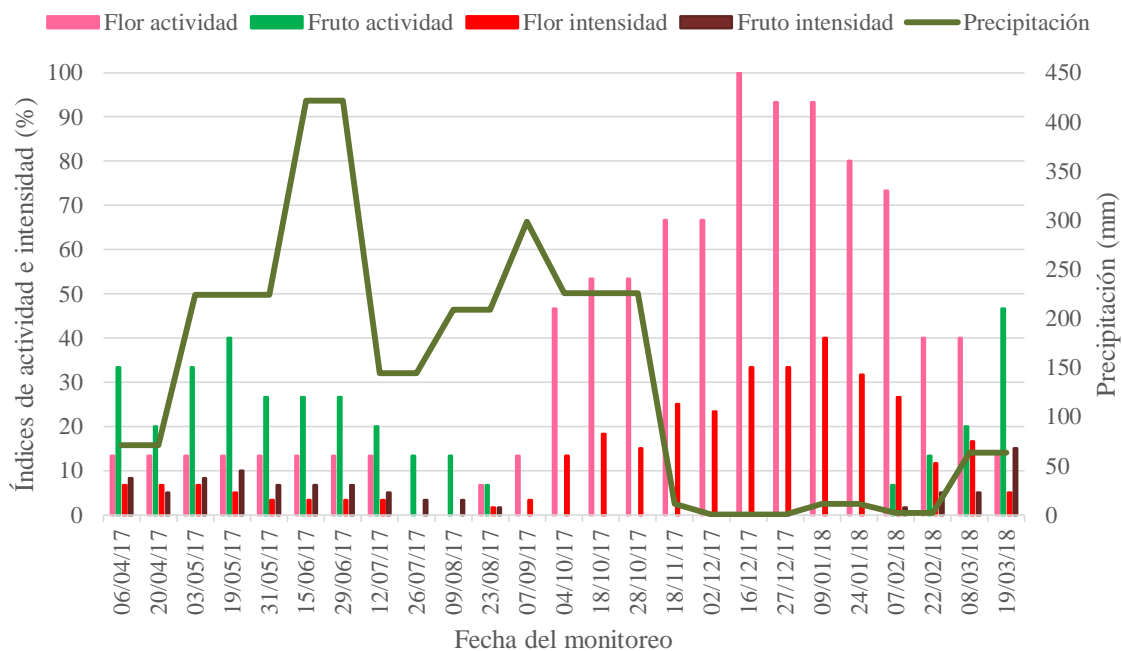


Figura 25. Índices de actividad (sincronía) e intensidad (índice de Fournier) de las fenofases flor abierta y fruto maduro en *Miconia glaberrima*, de abril/17 a marzo/18 en Sibinal San Marcos, y su relación con la precipitación mensual

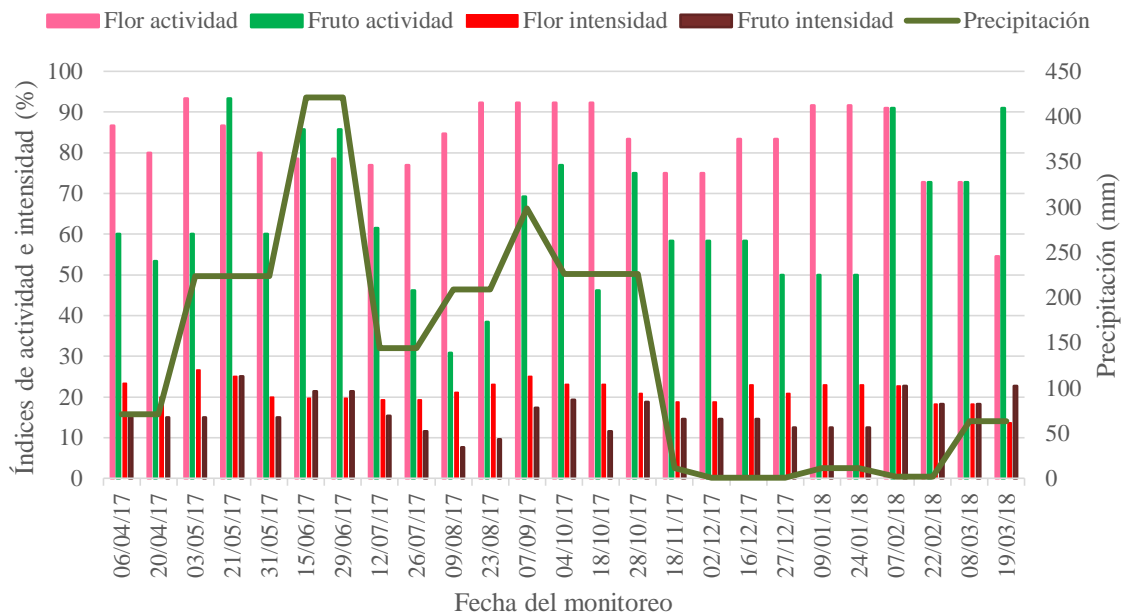


Figura 26. Índices de actividad (sincronía) e intensidad (índice de Fournier) de las fenofases flor abierta y fruto maduro en *Fuchsia arborescens*, de abril/17 a marzo/18 en Sibinal San Marcos, y su relación con la precipitación mensual

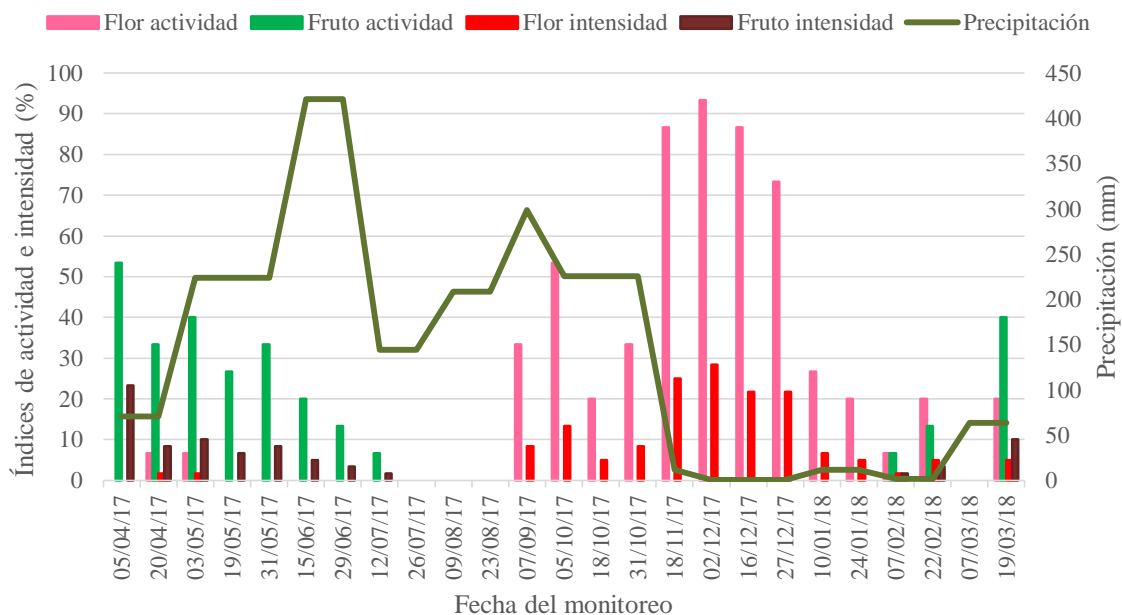


Figura 27. Índices de actividad (sincronía) e intensidad (índice de Fournier) de las fenofases flor abierta y fruto maduro en *Prunus lundelliana*, de abril/17 a marzo/18 en Sibinal San Marcos, y su relación con la precipitación mensual

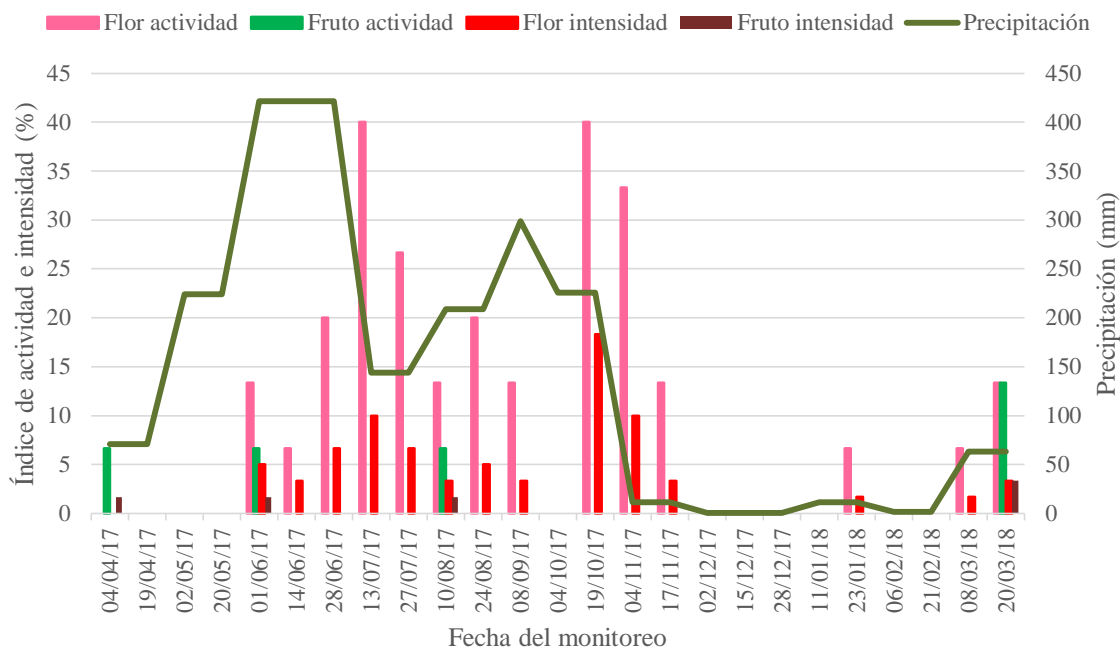


Figura 28. Índices de actividad (sincronía) e intensidad (índice de Fournier) de las fenofases flor abierta y fruto maduro en *Prunus brachybotrya*, de abril/17 a marzo/18 en Sibinal San Marcos, y su relación con la precipitación mensual

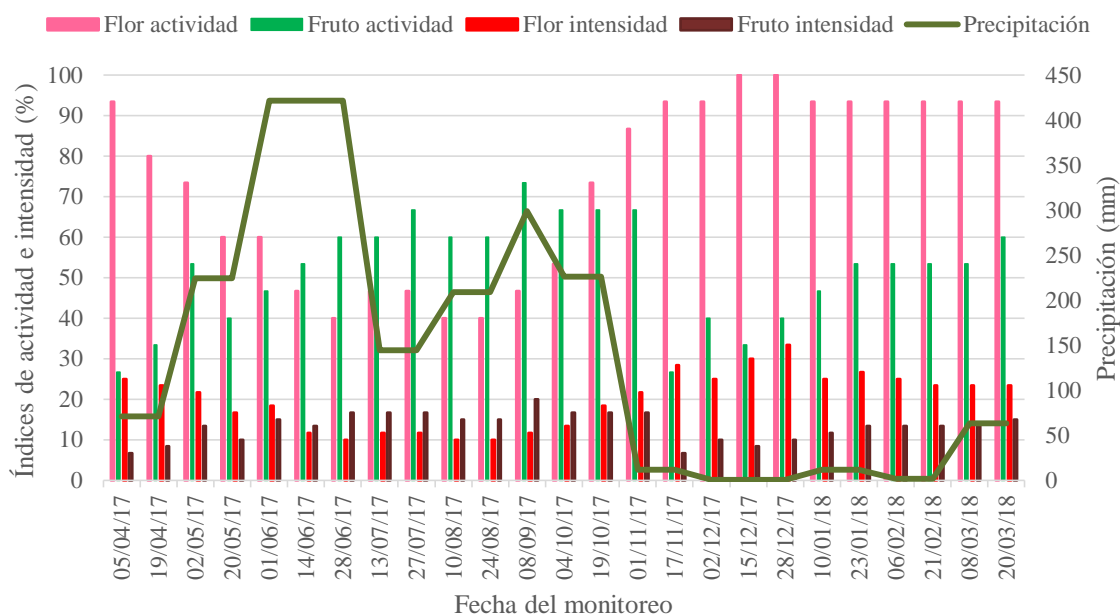


Figura 29. Índices de actividad (sincronía) e intensidad (índice de Fournier) de las fenofases flor abierta y fruto maduro en *Chiranthodendron pentadactylon*, de abril/17 a marzo/18 en Sibinal San Marcos, y su relación con la precipitación mensual

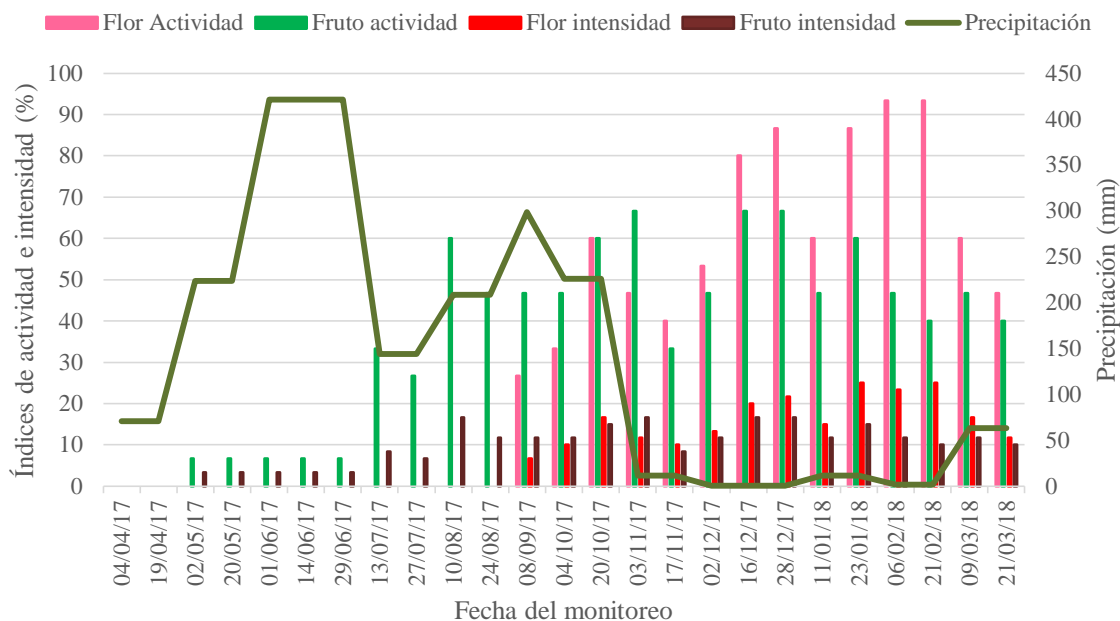


Figura 30. Índices de actividad (sincronía) e intensidad (índice de Fournier) de las fenofases flor abierta y fruto maduro en *Cornus disciflora*, de abril/17 a marzo/18 en Sibinal San Marcos, y su relación con la precipitación mensual

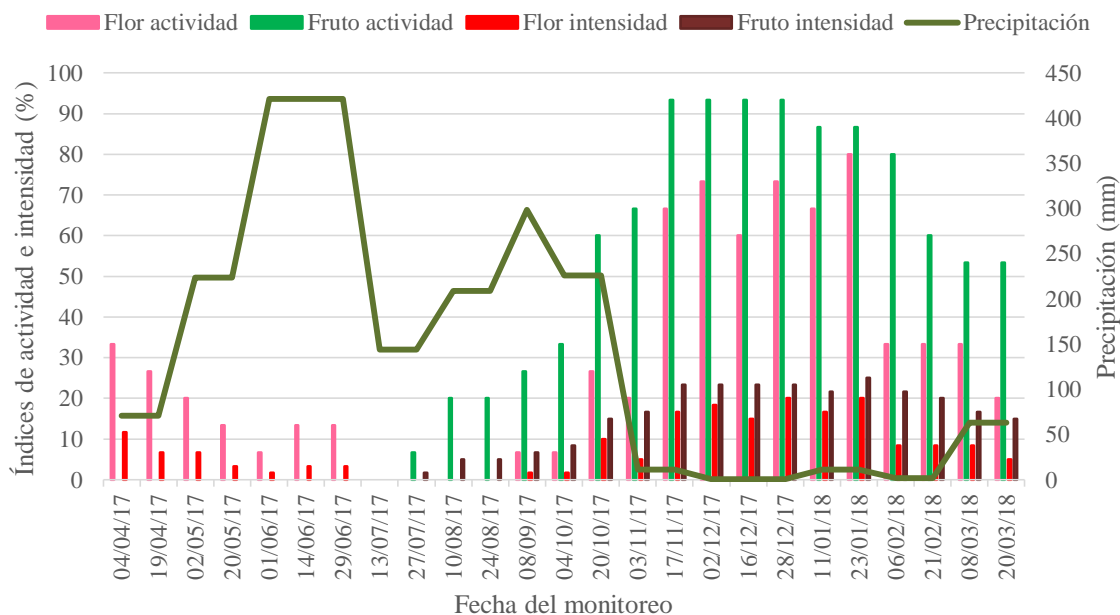


Figura 31. Índices de actividad (sincronía) e intensidad (índice de Fournier) de las fenofases flor abierta y fruto maduro en *Parathesis reflexa*, de abril/17 a marzo/18 en Sibinal San Marcos, y su relación con la precipitación mensual

Tabla 6. Temporada (seca, lluviosa) en la que las especies en estudio desarrollan flores abiertas y frutos maduros en Sibinal, San Marcos

		Temporada	
		Seca (nov-feb)	Lluviosa (mar-oct)
<i>Hedyosmum mexicanum</i>	Flor abierta	X	
	Fruto maduro		X
<i>Ocotea salvinii</i>	Flor abierta	Finaliza en la primer parte (diciembre)	Inicia en la segunda parte (julio)
	Fruto maduro	No se pudo establecer con certeza porque los frutos alcanzan la madures fisiológica sin cambiar a negro, sin embargo los datos y observaciones indican que inicia con la temporada seca y finaliza al inicio de la lluviosa	
<i>Litsea glaucescens</i>	Flor abierta	Final de la temporada	Inicios de la temporada
	Fruto maduro		No fue claro el patrón, sin embargo los datos sugieren que es durante el primer cuarto de esta temporada.
<i>Miconia glaberrima</i>	Flor abierta	X	
	Fruto maduro		X (primera mitad)
<i>Fuchsia arborescens</i>	Flor abierta	X	X
	Fruto maduro	X	X (con leve disminución al inicio de la segunda parte de la temporada)
<i>Prunus lundelliana</i>	Flor abierta	X	
	Fruto maduro		X (principalmente en el primer cuarto de la temporada)
<i>Prunus brachybotrya</i>	Flor abierta	X (segunda parte)	
	Fruto maduro		Patrón poco definido; los datos sugieren el inicio de esta temporada
<i>Chiranthodendron pentadactylon</i>	Flor abierta	X (todo el tiempo, pero principalmente en esta temporada)	
	Fruto maduro		X (todo el tiempo, pero principalmente en la segunda parte de esta temporada)
<i>Cornus disciflora</i>	Flor abierta	X	
	Fruto maduro	X (finaliza en la primer parte de esta temporada)	X (segunda parte)
<i>Parathesis reflexa</i>	Flor abierta	X	
	Fruto maduro	X	

## Objetivo No. 3

Delimitar los periodos de mayor producción de frutos de las especies seleccionadas y la duración de los mismos.

En la Tabla 7 se presenta el periodo en la que las especies del estudio desarrollan frutos maduros y las fechas aproximadas en que ocurre esta fenofase.

Tabla 7. Periodo principal de fructificación (frutos maduros) de las especies monitoreadas en el estudio

Especie	Duración Media (desviación estándar) (días)	n	Periodo aproximado de fructificación
<i>Hedyosmum mexicanum</i>	126 (55)	10	De mediados de junio a mediados de octubre
<i>Ocotea salvinii</i>			No se pudo establecer exactamente la fenofase de frutos maduros, porque aun cuando mantienen color verde, ya han alcanzado la madurez fisiológica suficiente para germinar, sin embargo, por la presencia de frutos maduros (en función de la coloración oscura) y por los índices de actividad e intensidad, el periodo va de febrero a mayo.
<i>Litsea glaucescens</i>			Mostro un patrón poco definido, sin embargo se considera que el periodo principal es en abril y mayo
<i>Miconia glaberrima</i>	128 (39.3)	5	Marzo a mediados de julio
<i>Fuchsia arborescens</i>			Fructifico todo el año, así que no se puede definir un periodo principal
<i>Prunus lundelliana</i>	69 (30.5)	8	Mediados de marzo a finales de mayo
<i>Prunus brachybotrya</i>			No mostro un patrón definido, pero con base a los índices de actividad e intensidad, el periodo va de marzo hasta abril.
<i>Chiranthodendron pentadactylon</i>			Hay frutos todo el año, pero los datos sugieren dos picos, uno de mediados de enero a finales de marzo y el otro de mediados de junio hasta principios de noviembre.
<i>Cornus disciflora</i>	198 (68.4)	9	Mediados de agosto hasta finales de febrero
<i>Parathesis reflexa</i>	149 (33.6)	14	De octubre a finales de febrero

n = cantidad de árboles que se promediaron para establecer el periodo de fructificación

### 7.1 Matriz de Resultados

Objetivo Específico	Resultado Esperado	Resultado Obtenido
Establecer si las fenofases reproductivas de las especies seleccionadas son sincrónicas.	Se espera establecer si las especies seleccionadas son sincronicas en sus fenofases, es decir, se establecerá el porcentaje de los individuos marcados/especies que florecen o fructifican al mismo tiempo	Se estableció el tipo de sincronía que presentan las 10 especies del estudio (Tabla 2). Resalta que la mayoría de las especies tuvieron alta sincronía en ambas fenofases reproductivas (floración y fructificación). Las excepciones fueron <i>Prunus brachybotrya</i> , <i>P. lundelliana</i> y <i>Litsea glaucescens</i> .
Determinar si las fenofases reproductivas de las especies seleccionadas se correlacionan con la precipitación y la temperatura.	Se determinará si las fenofases reproductivas de las especies seleccionadas están relacionadas con la precipitación y temperatura	Se calculó el índice de Fournier (índice de intensidad) de las especies en cada monitoreo y posteriormente se obtuvo el valor medio mensual (Tabla 2). Los valores de la temperatura media mensual y la precipitación mensual se obtuvieron de una estación meteorología que se instaló en la Aldea Vega del Volcán, los cuales fueron complementados con registros de la estación “San Marcos” del INSIVUMEH (Tabla 4). Seis de las correlaciones fueron significativas ( $p < .01$ ), tres con la temperatura media mensual y tres con la precipitación mensual (Tabla 5). También se graficaron los índices de actividad (sincronía) e intensidad (índice de Fournier) con el patrón de lluvia (Figuras 22-31); estas gráficas muestran la temporada en que las especies presentan flores abiertas y frutos maduros (Tabla6).
Delimitar los periodos de mayor producción de frutos de las especies seleccionadas y la duración de los mismos.	Se delimitarán los periodos (meses) en los cuales las especies seleccionadas producen más frutos y el largo de estos periodos	Se delimitaron los periodos (meses) en los que las especies producen más frutos (Tabla 7). Por el patrón que mostraron y/o porque sus frutos maduran fisiológicamente sin cambiar de color, no se pudo establecer el largo del periodo de fructificación (frutos maduros) de <i>Ocotea salvinii</i> , <i>Litsea glaucescens</i> , <i>Fuchsia arborescens</i> , <i>Prunus brachybotrya</i> y <i>Chiranthodendron pentadactylon</i> .

## **7.2 Impacto esperado**

A corto plazo, la información sobre los periodos de fructificación de las especies potencialmente útiles para restaurar bosques nubosos será útil a los pobladores y autoridades locales del municipio de Sibinal, en especial de las comunidades Toniná, Maravillas, Chocabj, Vega del Volcán y Pilas Frontera, que se encuentran en el área de influencia del volcán Tacaná, para saber las fechas exactas cuando deben recolectar semillas de estas especies. Con las semillas se puede enriquecer el vivero municipal y crear otros en las comunidades donde se generen plántulas para programas de restauración tanto en el municipio como en los departamentos cercanos que cuenten con áreas degradadas donde originalmente había bosque nuboso.

A largo plazo los datos del proyecto pueden ser la línea base de un plan de monitoreo fenológico que las autoridades locales y/o las responsables de la conservación de la biodiversidad del país deben impulsar en regiones importantes biológicamente como es el área de estudio.

En general los datos fenológicos de las especies seleccionadas son importantes para el conocimiento y uso sustentable de la biodiversidad del país, especialmente porque varias de ellas son especies amenazadas y/o con importancia social, cultural y/o ecológica de un ecosistema poco estudiado como el bosque nuboso.

## **8. Análisis y discusión de resultados**

### **8.1 Sincronía de las fenofases reproductivas**

La alta sincronía en la floración y fructificación que presentaron la mayoría de las especies del estudio (Tabla 2), puede aumentar su éxito reproductivo al permitir a sus polinizadores y dispersores acceder a más recursos (ej. néctar y frutos) y facilitar el entrecruzamiento, lo cual ha sido documentado en varias especies y ecosistemas (Boulay, Carro, Soriguer, & Cerda, 2007; de Buen & Ornelas, 2001; Pires, Silva, & Freitas, 2014; Rodríguez-Pérez & Traveset, 2016).

De las tres especies (*P. brachybotrya*, *P. lundelliana* y *L. glaucescens*) que mostraron sincronía baja o asincronía, se desconocen sus patrones de sincronía en otras localidades, por lo que no es posible establecer si los que mostraron en el estudio son los normales o si algún



fenómeno climático o biótico pudo alterar su comportamiento. De las tres, es probable que *L. glaucescens* y principalmente *P. brachybotrya* hayan presentado un patrón anormal. La primera solo tuvo baja sincronía en la fructificación, probablemente debido a la pérdida de las flores por el viento, lo cual causó que no se desarrollaran adecuadamente los frutos.

La baja sincronía o asincronía de ambas fenofases en *P. brachybotrya* fue más evidente, lo cual podría dar indicios que es el patrón normal, pero para confirmarlo es necesario monitorearla por más tiempo.

## **8.2. Correlación de la fenofases reproductivas con la precipitación y temperatura**

*Chiranthodendron pentadactylon* fue la especie que más se correlacionó con las variables climáticas, la fructificación lo hizo positivamente con la precipitación y la floración negativamente con ambos meteoros. Durante el estudio se registraron flores y frutos durante todo el año, pero las primeras principalmente durante la temporada seca y los segundos durante la lluviosa (Tabla 6), lo cual concuerda con las correlaciones, es decir, conforme aumenta la lluvia, más frutos se producen, mientras que en condiciones secas y de baja temperatura, más flores se producen. Al ser una especie vulnerable a la extinción, monotípica, endémica regional y de importancia cultural, merece una atención especial.

Aparentemente soporta cierto grado de perturbación, ya que se le ha reportado en áreas donde el bosque ha sido removido, por lo que podría plantarse en parques y plazas del altiplano central y occidental, donde comúnmente se siembran coníferas o especies exóticas (podría ser el equivalente a la *Ceiba pentandra*, solo que en tierras altas). Sus flores rojas vistosas atraen aves nectarívoras y en sus ramas es común observar aves insectívoras alimentándose, por lo que su uso ornamental favorecería la avifauna. Para Ramírez-Marcial et al. (2003) es una especie con potencial medio para programas de restauración, con crecimiento rápido y tolerante a la sombra. Acosta-Castellanos et al. (2011) sugieren que los frutos deben recolectarse directamente del árbol, seleccionando aquellos que estén levemente abiertos en la parte distal; asimismo indican que las semillas pueden permanecer viables hasta siete meses almacenadas a 4 °C y con menos del 12% de humedad relativa. Para germinar las semillas se recomienda colocarlas en una capa húmeda de suelo y cubrirlas con una fina capa de hojarasca (Acosta-Castellanos et al., 2011).

La fructificación de *P. brachybotrya* se correlaciono negativamente tanto con la temperatura media mensual como con la precipitación mensual, sin embargo, por el patrón tan irregular que presentó esta especie, se considera que la significancia de ambas correlaciones fueron casuísticas y no reflejan realmente si las variables climáticas influyen en las mismas. Un periodo de monitoreo más largo permitiría aclarar el patrón fenológico de esta especie.

Es una especie considerada vulnerable a la extinción, que se ha usado como sombra en cultivos de café, y con potencial medio para programas de restauración (Ramírez-Marcial et al., 2003; Ramírez-Marcial & González-Espinosa, 2011a).

La fructificación de *Cornus disciflora* también se correlaciono con la temperatura media mensual, pero de forma positiva, lo que significa que al aumentar la temperatura, se producen más frutos; el mes más cálido es agosto, que es cuando ocurre el pico de fructificación de esta especie. Al igual que *C. pentadactylon* y *P. brachybotrya*, *C. disciflora* es catalogada como una especie vulnerable a la extinción (Oldfield et al., 1998). A pesar de sus amenazas, Fournier (2010) menciona que este árbol puede adaptarse a una amplia gama de condiciones de luz, creciendo en áreas abiertas o bajo doseles más cerrados. Así también, (Ramírez-Marcial et al., (2003) mencionan que su alta adaptabilidad y rápido crecimiento la hacen una especie con alto potencial para la restauración de bosques.

Con base en lo anterior se puede establecer que los patrones fenológicos de las especies seleccionadas parcialmente están relacionados con la precipitación y la temperatura.

A nivel de comunidad, la temporada de floración y fructificación es similar al del bosque premontano subtropical que reporta Morellato *et al.*, (2013), en el cual la primera ocurre principalmente en la temporada seca y la segunda en la lluviosa.

### **8.3. Periodos de mayor producción de frutos**

El periodo en que las especies del estudio presentan frutos maduros es relativamente larga (>100 días, Tabla 7), lo cual puede ser un indicio de la cantidad de frugívoros que mantienen una relación mutualista con ellas (Yang, Albert, & Carlo, 2013). Peters y colaboradores (2016), recomiendan que en los sistemas agroforestales deben utilizarse plantas que producen recursos alimenticios (frutos, néctar) por mucho tiempo, ya que esta

característica atraerá a muchos frugívoros o nectarívoros. Entre los géneros recomendados por estos autores están *Miconia* y *Ocotea*, los cuales están representados en este estudio por *M. glaberrima* y *O. salvinii*.

Datos fenológicos de las especies en el estudio solo se conocen los reportados por Ramírez-Marcial *et al.*, (2003) para *H. mexicanum*, *L. glaucescens*, *P. lundelliana* y *P. brachybotrya* en Chiapas, los de Williams-Linera, (2003) para *M. glaberrima* en Veracruz, los de González, Alvarez-Baños, & Cuevas (2016) para *F. arborescens* en Michoacán, los de Fournier (2010) para *Cornus disciflora* en Costa Rica y los de Rivas (2008) para *H. mexicanum*, *O. salvinii* y *C. pentadactylon* en el volcán San Pedro, Sololá.

Según Ramírez-Marcial *et al.* (2003) *H. mexicanum* florece en mayo y según Rivas (2008) de febrero a julio, pero principalmente en la temporada seca, ambos patrones coinciden levemente con el patrón registrado en este estudio, que fue durante la temporada seca (nov-feb); la fructificación, Rivas (2008) la reporta de mayo a septiembre, patrón bastante similar al registrado en este estudio, que fue de mediados de junio a mediados de octubre. Sus frutos son parte de la dieta de muchas aves (incluyendo al pavo de cacho). Según los criterios de la UICN, es una especie vulnerable a la extinción (World Conservation Monitoring Centre, 1998). En algunos estados mexicanos el árbol es utilizado como sombra para el cultivo de café (Calderón, 2006). Crece rápido en áreas sin sombra (Ramírez-Marcial *et al.*, 2003), por lo que puede ser utilizado para recrear las primeras etapas sucesionales.

Rivas (2008) reporta la floración de *Ocotea salvinii* de septiembre a enero (pico en noviembre) y la fructificación de febrero a marzo, aunque menciona que detectó frutos maduros todavía en mayo. Ambos patrones coinciden bastante con los registrados en Sibinal, los cuales fueron de julio a diciembre para la floración y de febrero a mayo para la fructificación. Es una de las especies más importantes en la alimentación del pavo de cacho y de otras aves características de los bosques nubosos (*Penelopina nigra* Fraser, 1852 y *Aulacorhynchus prasinus* Gould, 1834) (Rivas, 2008), por lo que sumado a su estatus de amenaza y su endemismo regional, la hacen una especie prioritaria para la conservación.

Los patrones de floración de *L. glaucescens* (jul-ago) y fructificación (diciembre) reportados por Ramírez-Marcial *et al.*, (2003) no coinciden con los registrados en este estudio (floración: septiembre-marzo; fructificación: abril-mayo). Hay que considerar que los datos presentados por Ramírez-Marcial *et al.* (2003) son complementarios, así que es posible que

algunos estén errados. Esta especie es de amplia importancia económica y cultural, sin embargo, se encuentra catalogada como una especie altamente vulnerable a la extinción, ello debido a su uso como condimento (Lorea-Hernández & González-Espinosa, 2011). Valle, Dávila, de la Rosa, Pérez, & Morales (2013) sugieren su propagación masiva a través de métodos biotecnológicos o micropropagación, sin embargo, a nivel local y a baja escala de producción el uso de semillas es una alternativa viable (Ramírez-Marcial et al., 2003).

Los datos de la floración de *Miconia glaberrima* (dic-mar), generados por Williams-Linera (2003), coinciden bastante con los obtenidos en este estudio (nov-feb), no así los de la fructificación (marzo-octubre vs. abril a mediados de julio). Las Melastomataceae en general (muchas ellas del género *Miconia*) constituyen un elemento fundamental en la alimentación de gran cantidad de aves (Kessler-Rios & Kattan, 2012), por lo que su uso en programas de restauración puede beneficiar a otras especies. *Miconia glaberrima* crece bien en áreas perturbadas, por lo que puede usarse como especie pionera en áreas sin cobertura.

Para *Fuchsia arborescens* González et al. (2016) reportan solo cinco meses de floración (dic-abril), patrón que contrasta bastante con el registrado en el estudio, que abarca prácticamente todo el año. El largo periodo de floración también fue reportado por Standley & Williams (1963b), por lo que tiene mucho potencial para utilizarse como una planta ornamental. Crece bien en áreas perturbadas, por lo que puede utilizarse en áreas bajo esas condiciones, además, al producir frutos todo el tiempo, puede atraer frugívoros que potencialmente dispersen las semillas de otras especies.

En el caso de *Prunus lundelliana*, los datos aportados por Ramírez-Marcial et al. (2003), tanto para la floración (sep-oct) como para fructificación (feb-mar) coinciden parcialmente con los obtenidos en el estudio (floración: nov-feb; fructificación: mar-abr). Se le considera en peligro de extinción por lo que requiere atención especial (Ramírez-Marcial & González-Espinosa, 2011b). En su estudio González-Espinosa y colaboradores (2007) mencionan que esta especie es una planta tolerante a la sombra pero intolerante a la sequía prolongada, por lo cual tendrá menor posibilidad de mantener poblaciones viables bajo un patrón de disturbio de hábitat. Siendo así, la propagación y reintroducción de esta planta podría basarse en el enriquecimiento de áreas forestales florísticamente empobrecidas.

La floración de *Chiranthodendron pentadactylon*, Rivas (2008) la reporta de noviembre a marzo, mientras que en el estudio se registraron flores durante todo el año, pero

principalmente en la temporada seca (que va de noviembre-febrero). En la fructificación los patrones coincidieron, ya que en ambos estudios se reportaron frutos durante todo el año.

Los patrones reportados por Fournier (2010) para la floración (nov-ene) y fructificación (sep-feb) de *Cornus disciflora* coinciden bastante con los obtenidos en este estudio (floración: nov-feb; fructificación: agosto-mediados de febrero), pese a que fueron generados en Costa Rica.

Las diferencias y similitudes presentadas por las especies en sus fenofases reproductivas en comparación a los generados en otras localidades, evidencian la necesidad de realizar estudios fenológicos en distintos sitios y bajo diferentes condiciones, para que así se puedan establecer de mejor forma sus patrones generales de floración y fructificación.

Para finalizar, es importante resaltar la necesidad de realizar más estudios fenológicos, principalmente en ecosistemas amenazados por el cambio climático como son los bosques nubosos (Ponce-Reyes, Nicholson, Baxter, Fuller, & Possingham, 2013; Rojas-Soto, Sosa, & Ornelas, 2012). La fenología puede prever los efectos del cambio climático en las distribuciones de las especies y en los procesos ecosistémicos tales como la polinización y dispersión de semillas, así también puede ayudar a evaluar y mitigar los efectos del cambio en el uso del suelo en las interacciones ecológicas, incluida la fragmentación del hábitat, los efectos de borde y el fuego (Morellato *et al.*, 2016). Así también, como en este estudio, los datos fenológicos permiten establecer los periodos para la colecta de semillas que puedan utilizarse en programas de restauración ecológica (Buisson, Alvarado, Le Stradic, & Morellato, 2017; Luna-Nieves, Meave, Morellato, & Ibarra-Manríquez, 2017; Ochoa-Gaona *et al.*, 2008; Omondi, Odee, Ongamo, Kanya, & Khasa, 2016). Al lado de la colecta de semillas, debe estar la creación y fortalecimiento de los viveros donde se propagaran las mismas, los viveros deben ser reconocidos como un componente integral de los objetivos de restauración de los bosques y una inversión prioritaria para asegurar que se alcancen esos objetivos (Haase & Davis, 2017).

## 9. Conclusiones

1. La mayoría de las especies tienen una sincronía alta en ambas fenofases, lo cual puede contribuir a su polinización, entrecruzamiento y dispersión de sus semillas.

2. *Chiranthodendron pentadactylon* fue la especie que más se correlaciono con las variables climáticas, la fructificación lo hizo positivamente con la precipitación ( $r_s = 0.86$ ;  $p < .01$ ) y la floración negativamente con ambos meteoros. ( $r_s = -0.76$  y  $r_s = -0.75$ ;  $p < .01$ , respectivamente).
3. La fructificación de *P. brachybotrya* se correlaciono negativamente tanto con la temperatura media mensual como con la precipitación mensual, sin embargo, por el patrón tan irregular que presentó esta especie, se considera que la significancia de ambas correlaciones fueron casuísticas y no reflejan realmente si las variables climáticas influyen en las mismas.
4. La fructificación de *Cornus disciflora* también se correlaciono positivamente con la temperatura media mensual ( $r_s = 0.77$ ;  $p < .01$ ), lo que significa que al aumentar la temperatura, se producen más frutos.
5. Los patrones fenológicos de las especies seleccionadas parcialmente están relacionados con la precipitación y la temperatura.
6. La mayoría de las especies florecen (flor abierta) en la temporada seca y fructifican (fruto maduro) en la lluviosa.
7. Los periodos largos de fructificación (> 100 días) que presentaron la mayoría de las especies puede ser un indicio de la cantidad de frugívoros que mantienen una relación mutualista con ellas.
8. Por el patrón que mostraron y/o porque sus frutos maduran fisiológicamente sin cambiar de color, no se pudo establecer el largo del periodo de fructificación (frutos maduros) de *Ocotea salvinii*, *Litsea glaucescens*, *Fuchsia arborescens*, *Prunus brachybotrya* y *Chiranthodendron pentadactylon*.
9. Las diferencias y similitudes presentadas por las especies en sus fenofases reproductivas en comparación a los generados en otras localidades, evidencian la necesidad de realizar estudios fenológicos en distintos sitios y bajo diferentes condiciones, para que así se puedan establecer de mejor forma sus patrones generales de floración y fructificación.
10. En general los datos fenológicos de las especies seleccionadas son importantes para el conocimiento y uso sustentable de la biodiversidad del país, especialmente porque varias de ellas son especies amenazadas y/o con importancia social, cultural y/o ecológica de un ecosistema poco estudiado como el bosque nuboso.

11. Estudios fenológicos pueden aportar información sobre los efectos del cambio climático en las interacciones bióticas (polinización, dispersión) y permiten establecer los periodos para la colecta de semillas que puedan utilizarse en programas de restauración ecológica.
12. El bosque nuboso del volcán Tacaná es estacional, la temporada seca (déficit de lluvia) va de noviembre a febrero y la lluviosa de marzo a octubre, aunque marzo y abril pueden considerarse transitorios entre ambas temporadas.
13. La temperatura es fría (media = 12.8°C<sub>(ago-mar)</sub>) y varía poco, los meses con menor temperatura son noviembre y enero (11°C) y el más cálido agosto (14.5 °C).

## 10. Referencias

- Acosta-Castellanos, S., & González-Espinosa, M. (2011). *Fuchsia arborescens* Sims. In M. González-Espinosa, J. A. Meave, F. G. Lorea-Hernández, G. Ibarra-Manríquez, & A. C. Newton (Eds.), *The Red List of Mexican Cloud Forest Trees* (p. 111). Cambridge: Fauna & Flora International.
- Acosta-Castellanos, S., Ramírez-Marcial, N., González-Espinosa, M., Lorea-Hernández, F. G., & Meave, J. A. (2011). *Chiranthodendron pentadactylon* Larreat. In M. González-Espinosa, J. A. Meave, F. G. Lorea-Hernández, G. Ibarra-Manríquez, & A. C. Newton (Eds.), *The Red List of Mexican Cloud Forest Trees* (p. 49). Cambridge: Fauna & Flora International.
- Aguilar-Rodríguez, S., & Castro-Plata, B. J. (2006). Anatomía de la madera de doce especies del bosque mesófilo de montaña del Estado de México. *Madera Y Bosques*, 12(1), 95–115. <http://doi.org/10.21829/myb.2014.203153>
- Almeda, F. (1993). Melastomataceae. *Flora Del Bajío Y de Regiones Adyacentes*, 10, 1–36.
- Bencke, C. S. C., & Morellato, L. P. C. (2002). Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. *Revista Brasil. Bot.*, 25(3), 269–275.
- Boulay, R., Carro, F., Soriguer, R. C., & Cerda, X. (2007). Synchrony between fruit maturation and effective dispersers' foraging activity increases seed protection against seed predators. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1625), 2515–2522. <http://doi.org/10.1098/rspb.2007.0594>

- Buisson, E., Alvarado, S. T., Le Stradic, S., & Morellato, L. P. C. (2017). Plant phenological research enhances ecological restoration. *Restoration Ecology*, 25(2), 164–171. <http://doi.org/10.1111/rec.12471>
- Calderón, G. (2006). Chloranthaceae. *Flora Del Bajío Y de Regiones Adyacentes*, 141, 1–7.
- Cardoso, F. C. G., Marques, R., Botosso, P. C., & Marques, M. C. M. (2012). Stem growth and phenology of two tropical trees in contrasting soil conditions. *Plant Soil*, 354, 269–281.
- Carranza, E. (1992). Cornaceae. *Flora Del Bajío Y de Regiones Adyacentes*, 8, 1–11.
- Cleland, E. E., Chuine, I., Menzel, A., Mooney, H. A., & Schwartz, M. D. (2007). Shifting plant phenology in response to global change. *TRENDS in Ecology and Evolution*, 22(7), 357–365.
- de Buen, L. L., & Ornelas, J. F. (2001). Seed dispersal of the mistletoe *Psittacanthus schiedeanus* by birds in Central Veracruz, Mexico. *Biotropica*, 33(3), 487–494. [http://doi.org/10.1646/0006-3606\(2001\)033{\[\]0487:SDOTMP}2.0.CO;2](http://doi.org/10.1646/0006-3606(2001)033{[]0487:SDOTMP}2.0.CO;2)
- Eisermann, K., & Avendaño, C. (2009). Important bird areas of the Neotropics: Guatemala. *Neotropical Birding*, 5, 4–11.
- Flores, M. E. (2012). *Estudio fenológico de quince especies arbóreas relacionadas con la alimentación de fauna silvestre en el bosque tropical lluvioso de Yaxhá, Petén*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Fournier, L. A. (1978). Un metodo cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Cespedesia*, 7, 25–26.
- Fournier, L. A. (2010). *Cornus disciflora* DC. In J. A. Vozzo (Ed.), *Manual de semillas de árboles tropicales* (pp. 413–414). Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal.
- García, M. (2015). *Levantamiento y evaluación de la línea base para el monitoreo de los efectos del cambio climático en la fenología reproductiva de especies vegetales de importancia ecológica en la reserva de biofera Maya*. Guatemala.
- Golicher, D. J., Cayuela, L., & Newton, A. C. (2012). Effects of climate change on the potential species richness of Mesoamerican forests. *Biotropica*, 44(3), 284–293.
- González-Espinosa, M., Ramírez-Marcial, N., Camacho-cruz, A., Holz, S. C., Rey-Benayas, J. M., & Parra-Vázquez, M. R. (2007). Restauración de bosques en



- territorios indígenas de Chiapas: modelos ecológicos y estrategias de acción. *Boletín de La Sociedad Botánica de México*, 80, 11–23. <http://doi.org/10.17129/botsci.1282>
- González, C., Alvarez-Baños, A., & Cuevas, E. (2016). Floral biology and pollination mechanisms of four Mexico-endemic *Fuchsia* species with contrasting reproductive systems. *Journal of Plant Ecology*, (January), rtw118. <http://doi.org/10.1093/jpe/rtw118>
- Günter, S., Stimm, B., Cabrera, M., Diaz, M. L., Lojan, M., Ordoñez, E., ... Weber, M. (2008). Tree phenology in montane forests of southern Ecuador can be explained by precipitation, radiation and photoperiodic control. *Journal of Tropical Ecology*, 24, 247–258.
- Guzmán-Gutiérrez, S. L., Gómez-Cansino, R., García-Zebadúa, J. C., Jiménez-Pérez, N. C., & Reyes-Chilpa, R. (2012). Antidepressant activity of *Litsea glaucescens* essential oil: Identification of  $\beta$ -pinene and linalool as active principles. *Journal of Ethnopharmacology*, 143(2), 673–679. <http://doi.org/10.1016/j.jep.2012.07.026>
- Ibarra-Manríquez, G., Meave, J. A., Cornejo-Tenorio, G., & De Santiago, J. R. (2011). *Miconia glaberrima* (Schltdl.) Naudin. In M. González-Espinosa, J. A. Meave, F. G. Lorea-Hernández, G. Ibarra-Manríquez, & A. C. Newton (Eds.), *The Red List of Mexican Cloud Forest Trees* (p. 107). Cambridge: Fauna & Flora International.
- Inouye, D. W., & Wielgolaski, F. E. (2013). Phenology at high altitudes. In M. D. Schwartz (Ed.), *Phenology: an integrative environmental science* (second, pp. 249–272). Springer Netherlands.
- Kessler-Rios, M. M., & Kattan, G. H. (2012). Fruits of Melastomataceae : phenology in Andean forest and role as a food resource for birds. *Journal of Tropical Ecology*, 28, 11–21. <http://doi.org/10.1017/S0266467411000642>
- Lorea-Hernández, F. G. (2011). *Ocotea salvinii* Mez. In M. González-Espinosa, J. A. Meave, F. G. Lorea-Hernández, G. Ibarra-Manríquez, & A. C. Newton (Eds.), *The Red List of Mexican Cloud Forest Trees* (p. 45). Cambridge: Fauna & Flora International.
- Lorea-Hernández, F. G., & González-Espinosa, M. (2011). *Litsea glaucescens* Kunth. In M. González-Espinosa, J. A. Meave, F. G. Lorea-Hernández, G. Ibarra-Manríquez, & A. C. Newton (Eds.), *The Red List of Mexican Cloud Forest Trees* (p. 42). Cambridge: Fauna & Flora International.

- Luna-Nieves, A. L., Meave, J. A., Morellato, L. P. C., & Ibarra-Manríquez, G. (2017). Reproductive phenology of useful Seasonally Dry Tropical Forest trees: Guiding patterns for seed collection and plant propagation in nurseries. *Forest Ecology and Management*, 393(March), 52–62. <http://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.03.014>
- Lundell, C. L. (1966). Myrsinaceae. In P. C. Standley & L. O. Williams (Eds.), *Flora of Guatemala - Part VIII, Number 2* (pp. 135–200). Estados Unidos: Fieldiana, Bot.
- Macías, J. L., Arce, J. L., García-Palomo, A., Mora, J. C., Layer, P. W., & Espíndola, J. M. (2010). Late-Pleistocene flank collapse triggered by dome growth at Tacaná volcano, México-Guatemala, and its relationship to the regional stress regime. *Bull Volcanol*, 72, 33–53.
- Marques, M. C. M., Roper, J. J., & Baggio, A. P. (2004). Phenological patterns among plant life-forms in a subtropical forest in southern Brazil. *Plant Ecology*, 173, 203–213.
- Mesa de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala. (2015). *Estrategia de restauración del paisaje forestal: mecanismo para el desarrollo rural sostenible de Guatemala*. Guatemala: INAB/Programa Forestal Nacional.
- Morales, J., Cóbar, A., Ramírez, F., Morales, A., González, M., Leonardo, R., & Moreira, J. (2005). *Programa piloto de conservación y manejo de especies cinegéticas en tres comunidades de la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas*. Guatemala.
- Morellato, L. P. C., Alberti, L. F., & Hudson, I. L. (2010). Applications of circular statistics in plant phenology: a case studies approach. In I. L. Hudson & M. R. Keatley (Eds.), *Phenological research. Methods for environmental and climate change analysis* (pp. 339–359). Springer Netherlands.
- Morellato, L. P. C., Alberton, B., Alvarado, S. T., Borges, B., Buisson, E., Camargo, M. G. G., ... Peres, C. A. (2016). Linking plant phenology to conservation biology. *Biological Conservation*, 195, 60–72. <http://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.12.033>
- Morellato, L. P. C., Camargo, M. G. G., & Gressler, E. (2013). A Review of Plant Phenology in South and Central America. In M. D. Schwartz (Ed.), *Phenology: An Integrative Environmental Science* (second, pp. 91–113). Springer Netherlands. [http://doi.org/10.1007/978-94-007-6925-0\\_6](http://doi.org/10.1007/978-94-007-6925-0_6)
- Morellato, L. P. C., Camargo, M. G. G., Neves, F. F. D., Luize, B. G., Mantovani, A., &

- Hudson, I. L. (2010). The Influence of Sampling Method, Sample Size, and Frequency of Observations on Plant Phenological Patterns and Interpretation in Tropical Forest Trees. In I. L. Hudson & M. R. Keatley (Eds.), *Phenological Research. Methods for Environmental and Climate Change Analysis* (pp. 99–121). Springer Netherlands.
- Morellato, L. P. C., Talora, D. C., Takahasi, A., Bencke, C. C., Romera, E. C., & Zipparro, V. B. (2000). Phenology of Atlantic Rain Forest Trees: A Comparative Study. *Biotropica*, *32*(4b), 811–823.
- Ochoa-Gaona, S., Pérez, I., & Jong, De, B. H. J. (2008). Fenología reproductiva de las especies arbóreas del bosque tropical de Tenosique, Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical*, *56*(2), 657–673.
- Oldfield, S., Lusty, C., & MacKinven, A. (1998). *The World List of Threatened Trees*. Cambridge: World Conservation Press.
- Omondi, S. F., Odee, D. W., Ongamo, G. O., Kanya, J. I., & Khasa, D. P. (2016). Synchrony in Leafing, Flowering, and Fruiting Phenology of *Senegalia Senegal* within Lake Baringo Woodland, Kenya: Implication for Conservation and Tree Improvement. *International Journal of Forestry Research*, 2016.  
<http://doi.org/10.1155/2016/6904834>
- Parmesan, C. (2007). Influences of species, latitudes and methodologies on estimates of phenological response to global warming. *Global Change Biology*, *13*, 1860–1872.
- Peres, C. A. (1994). Primate Responses to Phenological Changes in Amazonian Terra Firma Forest. *Biotropica*, *26*(1), 98–112.
- Peters, V. E., Carlo, T. A., Mello, M. A. R., Rice, R. A., Tallamy, D. W., Caudill, S. A., & Fleming, T. H. (2016). Using Plant–Animal Interactions to Inform Tree Selection in Tree-Based Agroecosystems for Enhanced Biodiversity. *BioScience*, *66*(12), 1046–1056. <http://doi.org/https://doi.org/10.1093/biosci/biw140>
- Pires, J. P. D. A. P., Silva, A. G. DA, & Freitas, L. (2014). Plant size, flowering synchrony and edge effects: What, how and where they affect the reproductive success of a Neotropical tree species. *Austral Ecology*, *39*(3), 328–336.  
<http://doi.org/10.1111/aec.12082>
- Ponce-reyes, R., Nicholson, E., Baxter, P. W. J., Fuller, R. A., & Possingham, H. (2013). Extinction risk in cloud forest fragments under climate change and habitat loss.

- Diversity and Distributions*, 19, 518–529. <http://doi.org/10.1111/ddi.12064>
- Ramírez-Marcial, N., Camacho-Cruz, A., & González-Espinosa, M. (2003). *Guía para la propagación de especies leñosas nativas de los Altos y montañas del Norte de Chiapas*. San Cristobal de las Casas: El Colegio de la Frontera Sur.
- Ramírez-Marcial, N., & González-Espinosa, M. (2011a). *Prunus brachybotrya* Zucc. In M. González-Espinosa, J. A. Meave, F. G. Lorea-Hernández, G. Ibarra-Manríquez, & A. C. Newton (Eds.), *The Red List of Mexican Cloud Forest Trees* (p. 74). Cambridge: Fauna & Flora International.
- Ramírez-Marcial, N., & González-Espinosa, M. (2011b). *Prunus lundelliana* Standl. In M. González-Espinosa, J. A. Meave, F. G. Lorea-Hernández, G. Ibarra-Manríquez, & A. C. Newton (Eds.), *The Red List of Mexican Cloud Forest Trees* (p. 74). Cambridge: Fauna & Flora International.
- Ramírez, C. (1997). *Fenología Reproductiva de 14 especies preferidas para alimentación por fauna cinegética en el bosque húmedo subtropical del Parque Nacional Tikal Petén, Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Ricketson, J. M., & Pipoly, J. J. (2015). *Parathesis reflexa* Brandege. Retrieved June 20, 2016, from <http://www.tropicos.org/Name/22000962?projectid=3>
- Rivas, J. (2008). *Densidad poblacional y fenología de las plantas alimenticias del Pavo de Cacho (Oreophasis derbianus G.R. Gray 1844) en el Parque Regional Municipal Chuwanimajuyu, Sololá*. Guatemala.
- Rivas, J. A. (2015). *Propuesta de monitoreo biológico en el volcán Tacaná y su zona de influencia en Guatemala*. Esquipulas Palo Gordo.
- Rodríguez-Pérez, J., & Traveset, A. (2016). Effects of flowering phenology and synchrony on the reproductive success of a long-flowering shrub. *AoB PLANTS*, 8. <http://doi.org/10.1093/aobpla/plw007>
- Rodríguez, E. (2010). Impacto de las erupciones volcánicas del Tacaná durante el Preclásico. In B. Arroyo, A. Linares, & L. Paiz (Eds.), *XXIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2009* (pp. 658–664). Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología.
- Rojas-Soto, O. R., Sosa, V., & Ornelas, J. F. (2012). Forecasting cloud forest in eastern and southern Mexico: Conservation insights under future climate change scenarios.

- Biodiversity and Conservation*, 21(10), 2671–2690. <http://doi.org/10.1007/s10531-012-0327-x>
- Rouwet, D., Inguaggiato, S., Taran, Y., Varley, N., & Santiago, J. A. (2009). Chemical and isotopic compositions of thermal springs, fumaroles and bubbling gases at Tacaná Volcano (Mexico – Guatemala): implications for volcanic surveillance. *Bull Volcanol*, 71, 319–335.
- Rzedowski, J., & Calderón, G. (2005). Rosaceae. *Flora Del Bajío Y de Regiones Adyacentes*, 135, 1–157.
- Schwartz, M. D. (2013). Introduction. In M. D. Schwartz (Ed.), *Phenology: An Integrative Environmental Science* (second, pp. 1–5). Springer Netherlands. [http://doi.org/10.1007/978-94-007-6925-0\\_1](http://doi.org/10.1007/978-94-007-6925-0_1)
- Scolamacchia, T., & Macías, J. L. (2015). *Active Volcanoes of Chiapas (Mexico): El Chichón and Tacaná*. Springer-Verlag.
- Smith, R., & Smith, T. (2001). *Ecología* (4ta.). Madrid: Pearson Educación.
- Solórzano, S., Castillo, S., Valverde, T., & Ávila, L. (2000). Quetzal Abundance in Relation to Fruit Availability in a Cloud Forest in Southeastern Mexico. *Biotropica*, 32(3), 523–532.
- Standley, P. C., & Steyermark, J. A. (1946a). Lauraceae. In P. C. Standley & J. A. Steyermark (Eds.), *Flora of Guatemala - Part IV* (pp. 302–344). Estados Unidos: Fieldiana, Bot.
- Standley, P. C., & Steyermark, J. A. (1946b). Rosaceae. In P. C. Standley & J. A. Steyermark (Eds.), *Flora of Guatemala - Part IV* (pp. 432–484). Estados Unidos: Fieldiana, Bot.
- Standley, P. C., & Steyermark, J. A. (1949). Sterculiaceae. In P. C. Standley & J. A. Steyermark (Eds.), *Flora of Guatemala - Part VI* (pp. 403–428). Estados Unidos: Fieldiana, Bot.
- Standley, P. C., & Williams, L. O. (1963a). Melastomaceae. In P. C. Standley & J. A. Steyermark (Eds.), *Flora of Guatemala - Part VII* (pp. 407–525). Estados Unidos: Fieldiana, Bot.
- Standley, P. C., & Williams, L. O. (1963b). Onagraceae. In P. C. Standley & L. O. Williams (Eds.), *Flora of Guatemala - Part VII* (pp. 525–564). Estados Unidos:

Fieldiana, Bot.

Standley, P. C., & Williams, L. O. (1966). Cornaceae. In P. C. Standley & L. O. Williams (Eds.), *Flora of Guatemala - Part VIII, Number 1* (pp. 67–69). Estados Unidos:

Fieldiana, Bot.

Standley, P., & Steyermark, J. (1952). Chloranthaceae. In P. Standley & J. Steyermark (Eds.), *Guatemala - Part III* (pp. 337–340). Estados Unidos: Fieldiana, Bot.

Suchini, A. E., Coronado, L. E., Rosales, A. C., Cazali, G. M., Lou, S., de Pöhl, E., ...

Marroquín, A. E. (1999). *Evaluación y conocimiento del patrimonio florístico de Guatemala*. Guatemala.

Valle, C. M., Dávila, C. A., de la Rosa, M. de L., Pérez, E., & Morales, J. F. (2013).

Propagación in vitro del laurel silvestre (*Litsea glaucenscens* Kunth) y análisis de la diversidad genética de las poblaciones del centro de México. *Investigación Y Ciencia*, 57, 19–26.

Viñals, J. (1993). *Estudio de la composición florística de las cimas de los volcanes Acatenango, Agua, Atitlán, Fuego, Santa María, Santo Tomas (Pecul), Tacaná, Tajumulco y Zunil en la República de Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Williams-Linera, G. (2003). Temporal and spatial phenological variation of understory shrubs in a tropical montane cloud forest. *Biotropica*, 35(1), 28–36.

<http://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2003.tb00259.x>

World Conservation Monitoring Centre. (1998). *Hedyosmum mexicanum*. Retrieved June 20, 2016, from

<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.1998.RLTS.T38920A10156431.en>.

Yang, S., Albert, R., & Carlo, T. A. (2013). Transience and constancy of interactions in a plant-frugivore network. *Ecosphere*, 4(12). <http://doi.org/10.1890/ES13-00222.1>

### 11. Apéndice 1. Boleta de monitoreo fenológico

#### MONITOREO FENOLÓGICO, VOLCÁN TACANÁ

**LOCALIDAD:** \_\_\_\_\_ **FECHA:** \_\_\_\_\_

**MONITORES:** \_\_\_\_\_

ESPECIE (No. Individuo)	FLORACIÓN		FRUCTIFICACIÓN	
	FLOR BOTÓN	FLOR ABIERTA	FRUTO VERDE	FRUTO MADURO

0 Ausencia del fenómeno. 1 Fenómeno presente entre 1 a 25%. 2 Fenómeno presente entre 26 a 50%.  
3 Fenómeno presente entre 51 a 75%. 4 Fenómeno presente entre 76 a 100%.





## **12. Actividades de gestión, vinculación y divulgación**

### **12.1. Vinculación**

Se mantuvo contacto con los alcaldes comunitarios y autoridades municipales, así como con grupos locales como la Asociación de Desarrollo Agroforestal Integral Sostenible con quienes se coordinó el trabajo de campo. Igualmente se mantuvo contacto con la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas de México, quien administra la Reserva de Biosfera Volcán Tacaná, a quienes también les serán útiles los datos generados en el estudio.

### **12.2 Estrategia de difusión, publicación**

El 18 de octubre se presentaron los avances del proyecto a los pobladores de Sibinal (Figura 32). La actividad se realizó en el salón principal de la municipalidad. En total asistieron 81 personas (Figura 33), de las cuales 16 fueron mujeres.

Todos los asistentes son pobladores del municipio (asistieron de 6 comunidades distintas). Se pretendía invitar a personal de INAB y CONAP, sin embargo, por el derrumbe que ocurrió a finales de septiembre en la entrada principal del municipio no fue posible contar con la presencia de los mismos.

Además, se está preparando un artículo científico que se someterá en la revista Ciencia, Tecnología y Salud editada por la Dirección General de Investigación. Asimismo, se está elaborando un folleto divulgativo donde se presentarán los hallazgos más significativos del estudio, el cual se entregará a los grupos y autoridades locales.

Por aparte, también se buscará presentar los resultados en eventos científicos tal como el congreso anual que organiza la Sociedad Mesoamericana para la Biología y la Conservación.



*Figura 32.* Durante la presentación de avances del proyecto, Sibinal-San Marcos, 18 de octubre de 2017



*Figura 33.* Parte de los asistentes que participaron en la presentación de avances

### Orden de pago

#### Contratados por la Dirección General de Investigación

Nombre	Categoría	Registro de personal	PAGO	
			SI	NO
Javier Antípatro Rivas Romero	Profesor Titular VI (Coordinador/investigador principal)	930129	X	
Jacob de Jesús Alvarez Requena	Auxiliar de Investigación II	20140340	X	

Nombre	Firma
Javier Antípatro Rivas Romero	
Jacob de Jesús Alvarez Requena	

Javier Antípatro Rivas Romero

Nombre coordinador del Proyecto de Investigación          firma

Augusto Saúl Guerra Gutiérrez

Vo.Bo. Nombre coordinador del Programa Universitario          firma

Julio Rufino Salazar Pérez

Vo.Bo. Nombre coordinador General de Programas          firma