



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

# POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

Centro de Investigaciones en Ecosistemas

IDENTIFICACIÓN, SELECCIÓN Y  
APROVECHAMIENTO DE ÁRBOLES  
SEMILLEROS EN ÁREAS DE  
CONSERVACIÓN COMUNITARIA EN EL  
MUNICIPIO DE CHURUMUCO,  
MICHOACÁN, MÉXICO.

# TESIS

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

P R E S E N T A

ADRIANA LIZZETTE LUNA NIEVES

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. GUILLERMO IBARRA MANRÍQUEZ

MORELIA, MICH.

2011



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Dr. Isidro Ávila Martínez  
Director General de Administración Escolar, UNAM  
**Presenta**

Por medio de la presente me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 22 de agosto del 2011, se acordó poner a su consideración el siguiente jurado para el examen de grado de Maestría en Ciencias Biológicas (Biología Ambiental) de la alumna Luna Nieves Adriana Lizzette con número de cuenta 300099119 con la tesis titulada: "Identificación, selección y aprovechamiento de árboles semilleros en áreas de conservación comunitaria en el municipio de Churumuco, Michoacán, México" bajo la dirección del Dr. Guillermo Barra Manríquez.

Presidente:	Dr. José Manuel Nolasco Moreno
Vocal:	Dra. Ana Laura Burgos Tomadú
Secretario:	Dra. Alicia Castillo Álvarez
Suplente:	Dra. María Guadalupe Williams Linares
Suplente:	Dr. Jorge Arturo Meave del Castillo

Sin otro particular, quedo de usted.

**ATENTAMENTE**  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, D.F. a 8 de noviembre del 2011.

*M. del Coro Arizmendi*  
DRA. MARÍA DEL CORO ARIZMENDI ARRIAGA  
COORDINADORA DEL PROGRAMA

## ÍNDICE

Agradecimientos.....	vii
Resumen.....	ix
Abstract.....	xi

### INTRODUCCIÓN

1.1 Conservación de los ecosistemas y desarrollo rural.....	1
1.2 Estudios fenológicos y épocas óptimas de recolección de semillas .....	4
1.3 Identificación y selección de árboles semilleros.....	6
1.4 Monitoreo comunitario.....	8
1.5 Objetivos.....	10

### MÉTODOS

2.1 Área de estudio.....	11
2.2 Selección de las especies de estudio.....	13
2.3 Diseño e implementación de un programa de monitoreo comunitario.....	14
2.4 Fenología .....	18
2.5 Identificación y selección de árboles semilleros.....	25
2.5.1 Delimitación de unidades ambientales.....	25
2.5.2 Caracterización de la variación fenotípica.....	26
2.5.3 Distribución y abundancia .....	28
2.5.4 Selección de árboles semilleros.....	28

### RESULTADOS

3.1 Implementación del programa de monitoreo comunitario.....	30
3.2 Fenología.....	31

3.2.1 Intensidad.....	31
3.2.2 Duración.....	37
3.2.3 Estacionalidad.....	38
3.2.4 Sincronía.....	43
3.2.5 Frecuencia.....	47
3.3 Identificación y selección de árboles semilleros.....	49
3.3.1 Identificación de unidades ambientales.....	49
3.3.2. Caracterización de la variación fenotípica.....	50
3.3.3 Distribución y abundancia.....	54
3.3.4 Selección de árboles semilleros.....	55
 <b>DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b>	
4.1 Patrones fenológicos.....	59
4.1.1 Foliación.....	59
4.1.2 Floración.....	61
4.1.3 Fructificación.....	63
4.2 Estrategias de recolección.....	66
4.3 Aprovechamiento de los árboles semilleros identificados.....	69
4.4 Monitoreo comunitario.....	73
4.5 Consideraciones finales.....	76
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>78</b>
<b>APÉNDICES.....</b>	<b>90</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localización y clima del área de estudio.....	12
<b>Figura 2.</b> Condiciones climáticas promedio de la región y del año de estudio.....	22
<b>Figura 3.</b> Clasificación de la forma de la copa.....	27
<b>Figura 4.</b> Intensidad promedio de la producción de hojas, flores y frutos en todas las especies de estudio.....	31
<b>Figura 5.</b> Intensidad promedio de la producción de hojas jóvenes y maduras a nivel de especie .....	34
<b>Figura 6.</b> Intensidad promedio de la producción de botones florales y flores en antesis a nivel de especie .....	35
<b>Figura 7.</b> Intensidad promedio de la producción de frutos inmaduros y maduros a nivel de especie .....	36
<b>Figura 8.</b> Estacionalidad de los eventos fenológicos de todas las especies evaluadas.....	42
<b>Figura 9.</b> Mapa de la zonificación con las seis unidades ambientales identificadas.....	51
<b>Figura 10.</b> Histogramas del índice de tamaño de las especies de estudio.....	53
<b>Figura 11.</b> Número de unidades ambientales en donde se encuentra cada especie y número de especies por unidad ambiental.....	54
<b>Figura 12.</b> Mapa de la ubicación de los árboles semilleros seleccionados.....	58

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Lista de especies seleccionadas .....	15
<b>Cuadro 2.</b> Características de los individuos evaluados para el seguimiento fenológico...	21
<b>Cuadro 3.</b> Promedio anual del índice de intensidad de Fournier de hojas, flores y frutos a nivel de especie.....	33
<b>Cuadro 4.</b> Valores promedio de la duración de los eventos fenológicos de todas las especies de estudio.....	37
<b>Cuadro 5.</b> Valores promedio de la duración de la foliación a nivel de especie.....	39
<b>Cuadro 6.</b> Valores promedio de la duración de la floración a nivel de especie.....	40
<b>Cuadro 7.</b> Valores promedio de la duración de la fructificación a nivel de especie.....	41
<b>Cuadro 8.</b> Valores de la estadística circular para evaluar la estacionalidad de la foliación a nivel de especie.....	44
<b>Cuadro 9.</b> Valores de la estadística circular para evaluar la estacionalidad de la floración a nivel de especie.....	45
<b>Cuadro 10.</b> Valores de la estadística circular para evaluar la estacionalidad de la fructificación a nivel de especie.....	46
<b>Cuadro 11.</b> Índice de sincronía de los eventos fenológicos a nivel de especie.....	48
<b>Cuadro 12.</b> Frecuencia de los eventos fenológicos a nivel de especie.....	49
<b>Cuadro 13.</b> Características de las unidades ambientales identificadas dentro del área de estudio .....	50
<b>Cuadro 14.</b> Abundancias de las especies evaluadas y número de árboles semilleros seleccionados dentro de cada unidad ambiental identificada.....	57
<b>Cuadro 15.</b> Calendario de fructificación de las especies evaluadas .....	67

## AGRADECIMIENTOS

En primera estancia quiero agradecer al Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México por la oportunidad que me brindó para cursar mis estudios de Maestría en el área de Biología Ambiental. Así mismo, agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico que me brindó para realizar mis estudios de posgrado (No. de becario 233735). Esta tesis recibió financiamiento por parte del programa COINBIO-Michoacán (SUMA-Mich/CONAFORT) a través del proyecto “Mantenimiento de Áreas Comunitarias de Conservación: ubicación de rodales semilleros” dirigido por el Grupo Balsas para Estudio y Manejo de Ecosistemas, A.C. quien además me brindó todo el respaldo técnico necesario durante el trabajo de campo.

Mis más sincero reconocimiento a la Dra. Ana Burgos Tornandú porque aunque no formó parte oficial de mi comité tutorial, fue un pilar fundamental en el desarrollo de este proyecto. Ana, te agradezco el que me hayas dado la oportunidad de incorporarme en este proyecto que conlleva una enorme responsabilidad con la comunidad, por el desinteresado apoyo intelectual y moral que siempre me brindaste en mi intento de combinar disciplinas científicas, y por la confianza que siempre mostraste en mi quehacer intelectual. Tu entrega, compromiso y dedicación fueron una gran inspiración que siempre me recordaron que la fidelidad a las convicciones propias y el trabajo constante nos brindan éxitos inimaginables.

Así mismo quiero expresar un enorme agradecimiento al Dr. Guillermo Ibarra Manríquez quien aceptó dirigir esta tesis bajo circunstancias poco convencionales. Memo, te agradezco infinitamente todas tus revisiones minuciosas, tus críticas siempre constructivas y aleccionadoras, tu disposición y, la paciencia e interés que siempre tuviste para atender todas mis inquietudes. Pero sobre todo, te agradezco el gran apoyo, la confianza, la amistad y el impulsarme a exigirme siempre más. La enorme pasión con la que haces tu trabajo y tu gran compromiso con el quehacer científico son un gran ejemplo a seguir.

A los Drs. Manuel Maass Moreno y Jorge Meave del Castillo, quienes formaron parte de mi comité tutorial, agradezco sus valiosas aportaciones y comentarios que fueron fundamentales para llevar a buen término este trabajo de tesis. A las Dras. Guadalupe Williams y Alicia Castillo, quienes formaron parte del jurado, agradezco sus comentarios y sugerencias en la revisión de este manuscrito, que sin duda lo enriquecieron y mejoraron.

Al Dr. Francisco Mesén Sequeira, con quien realicé una estancia de investigación en el Banco de Semillas del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), le agradezco el haberme enseñado todos los aspectos relacionados con el manejo forestal de las fuentes semilleras y las valiosas aportaciones que realizó en el análisis de los datos que enriquecieron enormemente este trabajo.

A los ejidatarios que conformaron el grupo de monitoreo comunitario, Lorenzo Sánchez Sánchez, Misael Rojas Solorio, Idelfonso Alvarado Sánchez e Isaías Rueda Ortiz, expreso mi más sincero agradecimiento porque sin ellos no hubiera sido posible recabar toda la información generada en este proyecto; pero sobre todo, les agradezco el que hayan compartido su gran conocimiento conmigo durante el arduo trabajo de campo, por



brindarme su amistad y por abrirme las puertas de su casa. Este trabajo de de ustedes y para ustedes.

A la comunidad del Ejido Llano de Ojo de Agua, que compartió este proyecto conmigo y me dio la oportunidad de incluirme en su realización. Sin su interés por conservar sus tierras y hacer las cosas de una mejor manera, este proyecto no hubiera existido.

A todos los integrantes del Grupo Balsas para el Estudio y Manejo de Ecosistemas A.C., Eduardo Lombardi, Alma Tinoco, Gloribella Solorio e Iván Solorio, así como a Maxim Kliffer, agradezco el gran apoyo que me brindaron con todos los aspectos técnicos para la realización de las salidas de campo. El gran compromiso con que realizan se trabajo fue una gran inspiración y su compañerismo y amistad fueron fundamentales para seguir adelante con una sonrisa y concluir este proyecto.

Al M. en C. David Flores por la valiosísima ayuda brindada en el análisis espacial y la elaboración de los mapas, pero sobre por tener la paciencia de compartir sus conocimientos conmigo durante tantas tardes divertidas. Muchas gracias David.

Al M. en C. Jorge Cortés Flores por la gran ayuda y orientación que me brindó en los análisis fenológicos.

Al MTI Heberto Ferreira y al Ing. Alberto Valencia por todo el apoyo que me brindaron en asuntos computacionales.

A Héctor, Lupita, Guicho, Tere, Alfredo, Chabelita, Vero, Ricardo, Fer, Juan Carlos, Brianda, Paty, Angélica, Fernando, Vicky, Julio, Alfredo, Malena, Paty, Angélica, Juan Carlos y Mónica. Les agradezco enormemente su infinito apoyo y cariño. Son un gran ejemplo que me alienta a siempre ir un paso más adelante.

A Isela, por absolutamente todo. No sé que haría sin ti.

A Yadira, Yazmin, Andrea, Areli, Mónica y Nancy por demostrarme que ninguna distancia es más fuerte que una verdadera amistad y que siempre, siempre, siempre puedo contar con ustedes.

A Daniela, Fabiola, Alejandra, Mariana, Reyna, Mayra, Nahú, Héctor, Iván, Gaby y Angela. Mil, mil gracias por las palabras, los consejos, los ¿por qué?, lo bailes, las desveladas, las sonrisas, por estar en las buenas y en las malas, por el apoyo incondicional, el cariño, las porras, lo miles de momentos compartidos... en fin, gracias por ser mi familia.

Finalmente quiero dedicar este trabajo a Rafael, Graciela y Oscar como un reconocimiento a su apoyo constante e incondicional. Otra meta más que no me hubiera sido posible alcanzar sin todas las cosas lindas que siempre tienen para mí. Sus abrazos, sonrisas, porras, consejos, comidas deliciosas, pláticas aleccionadoras, cariño y confianza son mi más grande inspiración. Gracias por ser la mejor familia del mundo.

## RESUMEN

El establecimiento de viveros comunitarios con fines comerciales en el trópico seco es una actividad atractiva para conjuntar la conservación ecológica y el desarrollo rural. Sin embargo, uno de los aspectos críticos para asegurar el adecuado funcionamiento de estos viveros es contar con fuentes semilleras identificadas que brinden semillas de alta calidad de manera oportuna. En áreas de conservación comunitaria del municipio de Churumuco, Michoacán, México, se buscó identificar y seleccionar árboles semilleros de especies nativas del trópico seco con interés forestal, mediante la caracterización de algunos de sus atributos ecológicos. Para ello: (1) se diseñó e implementó un programa de monitoreo comunitario para evaluar la fenología de 15 especies arbóreas seleccionadas de acuerdo con la preferencia local y de las instancias gubernamentales del sector forestal; (2) se describió la intensidad, duración, estacionalidad, sincronía y frecuencia de las fenofases vegetativa y reproductiva durante un ciclo anual de las especies seleccionadas y se propusieron estrategias para recolectar sus semillas; (3) se identificaron y seleccionaron árboles semilleros con base en la caracterización de la variación fenotípica de las poblaciones de interés; y (4) se ubicaron áreas de colecta de semillas de acuerdo con la distribución espacial de los árboles semilleros seleccionados.

Debido a que durante el año de estudio se presentaron lluvias en la época seca, en la mayoría de las especies evaluadas la intensidad en la producción de hojas fue alta, sincrónica, continua y con una duración extendida. En cambio, la floración y la fructificación se concentraron en la época seca del año (marzo-mayo y/o octubre-enero). La floración fue anual, breve y con una baja sincronía, en tanto que la fructificación fue asincrónica, con una frecuencia y duración muy variable dependiendo de la especie. Con base en los picos de fructificación registrados en 2010, se identificaron cinco meses en los

que es probable encontrar la mayor cantidad de semillas de las especies de interés: marzo, abril, septiembre, octubre y diciembre.

La caracterización de la variación fenotípica se hizo en 858 individuos de las 15 especies seleccionados mediante la evaluación de la altura, el área basal, la cobertura y la forma de la copa. Para seleccionar a los árboles semilleros, se consideraron a los 25 individuos de cada especie que presentaron los mayores valores en las cuatro características evaluadas y que se ubicaran a no más de 100 m de las veredas más transitadas dentro del área de estudio. En algunas especies la densidad de árboles fue muy baja (menos de 14 individuos; *e.g.* *Ficus petiolaris* Kunth, Moraceae), por lo que en esos casos, se consideraron a todos los individuos como árboles semilleros.

Como estrategia a corto plazo se propone empezar a recolectar semillas de los árboles seleccionados y a largo plazo establecer plantaciones con el fin de concentrar en áreas de fácil acceso la producción de semillas de alta calidad. La información generada en esta investigación fue útil para planificar estrategias adecuadas de recolección de semillas provenientes de fuentes identificadas dentro de áreas de conservación comunitaria que permitan mejorar la calidad de las plantas producidas en un vivero comunitario. La implementación del programa de monitoreo comunitario permitió crear capacidades locales que se espera sirvan a la comunidad para gestionar de mejor manera el aprovechamiento de las fuentes semilleras identificadas.

## ABSTRACT

The establishment of communal nurseries with commercial purposes in tropical dry forest is an attractive activity to combine biological conservation and rural development. Nevertheless, a critical aspect to ensuring the proper functioning of these nurseries is identify seed trees, that can provide high-quality seeds in a timely manner. In communal conservation areas in the municipality of Churumuco, Michoacán, México we identified and selected seed trees of native species of tropical dry forest with forest interest through the characterization of some of its ecological attributes. For this, we (1) design and implement a community monitoring program to assess the phenology of 15 species selected according to the preferences of local people and governmental bodies of the forestry sector; (2) describe the intensity, duration, seasonality, synchrony and frequency of vegetative and reproductive phenophases during an annual cycle of selected species and identify suitable times for seed harvest ; (3) identify and select seed trees based on the characterization of phenotypic variation, and (4) locate seed collection areas according to the spatial distribution of selected seed trees.

Because on the study year rained during the dry season, in most species intensity of leaf expansion was high, synchrony, continual, and with a extended duration. Instead, flowering and fruiting were observed mainly in the dry season (March-May/October-January). Flowering was annual, brief, and low synchrony, while fruiting was asynchrony, with a highly variable frequency and duration depending on the species. Based in fruiting peaks recorded in 2010, we identify five dates of seed harvest: March, April, September, October and December.

The phenotypic characterization was done in 858 trees of 15 species through the evaluation of the height, basal area, and coberture and shape of the crown. To select seed

trees, were included the 25 individuals of each species who showed the highest values in the four characteristics evaluated and were found no more than 100 m of the more accessible path in the study area. The abundance of some species was very low (less than 14 individuals; *e.g.* *Ficus petiolaris* Kunth, Moraceae), for this reason, in some species all individuals were considered as seed trees.

As a short-term strategy, we propose to harvest seeds in the seed trees that were selected, and as a long-term strategy establish plantations in order to concentrate in accessible areas the production of high quality seeds. The result of this investigation, permit to planify adequate strategies of seed harvesting coming from seed sources identified, that can help to improve the production of the communal nursery. The Implementation of community monitoring program allowed to built local capacities wich is expected to help the community to better manage the use of seed sources identified.

# INTRODUCCIÓN

## 1.1 Conservación de los ecosistemas y desarrollo rural

Los ecosistemas en donde habitan las comunidades rurales juegan un papel crucial en el mantenimiento de su economía y su desarrollo social. Sin embargo, en México la agricultura y la ganadería no han sido desarrolladas bajo un esquema sustentable, lo que ha provocado serios problemas ambientales como la fragmentación de los ecosistemas, la deforestación, cambios en el uso del suelo y la pérdida de la biodiversidad (Castillo y Toledo, 2000). Esta problemática ambiental ha sido impulsada por diversos factores socio-culturales como el crecimiento y las necesidades alimenticias de la población, la indefinición de los derechos de propiedad, las iniciativas gubernamentales que impulsan el desarrollo agrícola o ganadero, así como los conflictos políticos y un inadecuado manejo de los recursos naturales (Deininger y Minten, 2002). Por esto, es cada vez más urgente implementar proyectos que concilien el desarrollo rural y la conservación de los ecosistemas.

Una de las estrategias más importantes a nivel mundial para conservar a los ecosistemas y mantener su integridad ecológica ha sido la creación de áreas naturales protegidas (ANP; IUCN, 2005). Sin embargo, en años recientes se ha puesto en duda la eficacia de estas áreas para cumplir con su objetivo. Si bien diversos estudios muestran experiencias exitosas en donde la diversidad biológica está siendo protegida (Bruner *et al.*, 2001, Figueroa y Sánchez-Cordero, 2008), hay casos en los que no se cumplen con los objetivos de la conservación, dado que aun tras la creación de las ANP, continúa incrementándose la deforestación, hay caza furtiva y áreas invadidas por actividades agropecuarias (Durán-Medina *et al.*, 2005; Figueroa *et al.*, 2009). Este último escenario es común en las ANP que siguen el esquema clásico de conservación en donde las necesidades

humanas no son tomadas en cuenta, la capacidad de gestión y administración se restringe a las autoridades federales y se deja de lado la participación social, imponiendo además una fuerte restricción del uso de los recursos naturales de los que dependen directamente los pobladores locales para su subsistencia (Naughton-Treves *et al.*, 2005; Barton y Velázquez, 2009).

Bajo este contexto, el éxito en la conservación dependerá de un cambio de enfoque, en el que las necesidades de las comunidades rurales y el conocimiento que tienen de sus ecosistemas sean una prioridad al plantear estrategias de manejo de los recursos naturales que les aseguren beneficios económicos y contribuyan a su desarrollo social (Naughton-Treves *et al.*, 2005; Ros-Tonen *et al.*, 2005; Roe, 2008; Barton y Velázquez, 2009; Figueroa *et al.*, 2009; Velázquez *et al.*, 2009). Tomando en cuenta estos antecedentes, para el período 2007-2012, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) ha adoptado nuevos enfoques de conservación que buscan impulsar modelos alternativos de organización para reducir la pobreza y la marginación de las comunidades rurales que habitan en el interior de las ANP y en sus zonas de influencia, al mismo tiempo que fomentan distintas estrategias de conservación (CONANP, 2007). Estos esfuerzos se han canalizado en 152 regiones del país identificadas como prioritarias para la conservación, dada la alta diversidad que presentan (Arriaga *et al.*, 2000).

Una de estas regiones es la zona de Infiernillo, ubicada en la Depresión del Balsas, en Michoacán. Esta región es una de las zonas de mayor riqueza biológica en el estado y resalta por la gran proporción de taxa endémicos que en ella se concentran (Rodríguez-Jiménez *et al.*, 2005; Cué-Bär *et al.*, 2006a, b). Sin embargo, la extensión que originalmente ocupaba la selva baja caducifolia (SBC), que es el principal tipo de vegetación presente en la región, se ha visto seriamente reducida. De acuerdo con un

estudio que analizó el proceso de degradación de este tipo de vegetación, se estimó que hasta 1970, cubría 30.8% de la extensión total del estado y en un lapso de 19 años perdió 308,292 ha (tasa de deforestación anual de 1%). Los principales factores que provocaron este acelerado cambio fueron la tala inmoderada, la ganadería extensiva y las políticas de desarrollo rural que fomentaban la sustitución de la vegetación original por cultivos o pastizales inducidos, sin contemplar actividades de manejo forestal sustentable y/o conservación (Bocco *et al.*, 2001).

Como respuesta a esta problemática ambiental, en el año 2007 esta región fue decretada como ANP bajo el régimen de Reserva de la Biosfera (CONANP, 2007; Velázquez *et al.*, 2009; Burgos *et al.*, 2010). Con esta estrategia se buscó contribuir a generar un programa de desarrollo sustentable, en donde se planifiquen de mejor manera las principales actividades productivas que se realizan en la región (agricultura y ganadería) y se desarrollen nuevas propuestas de manejo de los recursos naturales que permitan generar incentivos económicos coherentes con las necesidades de los pobladores locales, y que promuevan la conservación de la biodiversidad. Siguiendo esta idea, el Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible (PROCOCODES), la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), así como el Programa de Conservación Comunitaria (COINBIO), han apoyado la diversificación de las actividades económicas que se realizan en los ejidos ubicados en esta región.

Una de las actividades que se han impulsado es el establecimiento de viveros comunitarios con el objetivo de fomentar la propagación de plantas nativas de la región para su comercialización y utilización en diferentes programas agroforestales, silvopastoriles o de reforestación. No obstante, uno de los principales obstáculos para la operación eficiente de estos viveros ha sido la falta de suministro oportuno y permanente de



semillas de alta calidad. Para resolver este problema y asegurar el éxito en las plantaciones futuras, algunas de las actividades prioritarias que se han identificado son: (i) seleccionar árboles semilleros de los que se pueda obtener germoplasma de alta calidad, y (ii) ubicar en qué momentos del año es más probable encontrar frutos maduros para planear estrategias adecuadas de su recolección.

## **1.2 Estudios fenológicos y épocas óptimas de recolección de semillas**

Los estudios fenológicos buscan describir la temporalidad de los eventos biológicos cíclicos. A estos eventos se les conocen como fenofases y en el ciclo de vida de las plantas es posible distinguir dos: la vegetativa (foliación) y la reproductiva (floración y fructificación). Generalmente estas fenofases incluyen distintas etapas de desarrollo en el ciclo de vida de las plantas. La fase vegetativa comprende el crecimiento de yemas foliares, así como la expansión y la senescencia de la lámina, mientras que la fase reproductiva incluye el desarrollo de botones florales y flores en anthesis, así como la iniciación, crecimiento, maduración y dispersión de los frutos (Williams-Linera y Meave, 2002). La descripción cuantitativa de la presencia de estas fenofases se basa en el conocimiento de la intensidad con que se producen las distintas estructuras, el tiempo que permanecen en los individuos, así como el grado de sincronización, la época del año y el número de veces que se presentan durante un ciclo anual (Rathcke y Lacey 1985, Primack 1985; Newstrom *et al.* 1994).

En los sistemas estacionalmente secos las plantas afrontan cada año condiciones de estrés hídrico, por lo que suspenden su fase de asimilación y detienen su crecimiento hasta que las condiciones vuelvan a ser favorables. Por ello, la mayoría de las especies de estas comunidades vegetales pierden sus hojas durante la época seca del año y la mayor actividad

de la foliación se desencadena rápidamente con las primeras lluvias. Por otro lado, los picos de floración y fructificación se concentran en la época seca del año, excepto en las especies cuyos frutos se dispersan por animales, en las que su mayor actividad reproductiva se presenta en la época de lluvias (Smythe, 1970; Frankie *et al.*, 1974; Bullock y Solís-Magallanes, 1990; Justiniano y Fredericksen, 2000).

Estos patrones muestran que la distribución temporal de las fases vegetativa y reproductiva de las plantas responde a la interacción de diversos factores bióticos y abióticos (Borchert, 1983; van Schaik *et al.*, 1993), entre los cuales se reconoce que la disponibilidad estacional de agua es probablemente el factor que determina en mayor medida la actividad de las plantas (Lieberman, 1982; Frankie *et al.*, 1974; Borchert, 1994). Sin embargo, otros factores como las variaciones en la temperatura y el fotoperiodo, así como las interacciones de las plantas con sus polinizadores y dispersores también influyen de manera importante en la época en que se presentan estas estructuras (van Schaik *et al.*, 1993).

La importancia que tienen los estudios fenológicos con respecto al aprovechamiento de fuentes semilleras radica en que la evaluación de los eventos reproductivos de las plantas permite estimar cuál es la probabilidad de encontrar a una especie en su fase de floración o fructificación en un determinado mes (Mejía, 1990). Además, la evaluación sistemática de los eventos fenológicos permite conocer si se presentan patrones en la producción de hojas, flores y frutos a lo largo de un año, lo que hace posible ubicar las épocas en las que se encuentran disponibles diferentes recursos (forraje, frutos, semillas, etc.), identificar patrones coincidentes entre especies y hacer una distinción entre las épocas de descanso vegetativo, crecimiento y reproducción (Mejía, 1990; Arriaga *et al.*, 1994; Guariguata, 1998). Aunque los estudios fenológicos son de gran interés para el manejo forestal, la

aplicación que se les ha dado en este campo es incipiente, ya que la mayoría de las investigaciones se concentran en determinar los factores que dan inicio a los eventos fenológicos, o en explicar la relevancia del papel de las interacciones bióticas o las relaciones filogenéticas entre taxa que presentan patrones fenológicos particulares (Williams-Linera y Meave, 2002).

### **1.3 Identificación y selección de árboles semilleros**

La planificación del aprovechamiento del material germinal de especies con interés forestal, debe estar basada en una serie de acciones que buscan satisfacer la demanda inmediata de semillas de buena calidad, en cantidades suficientes, pero también deben considerar acciones a largo plazo que permitan mejorar la calidad de las semillas y asegurar su suministro continuo (Barner y Ditlevsen, 1988). Las acciones a seguir estarán determinadas por los objetivos que se persigan, sin embargo, para cualquier propuesta de aprovechamiento que se plantee es necesario desarrollar una serie de actividades secuenciales de investigación que involucren la identificación, la evaluación y la selección, y si fuera necesario, el mejoramiento genético de las fuentes semilleras (Pedersen *et al.*, 1993; Mesén, 1995; Cornelius, 1998).

La fase de identificación implica el reconocimiento y la caracterización de las especies adecuadas y las fuentes disponibles para la obtención de semillas. La selección de las especies debe estar basada en las necesidades económicas, culturales y sociales de los lugares en donde se desarrollarán las actividades de aprovechamiento de las semillas, lo que dará pauta a elegir a las especies que dadas sus características biológicas y ecológicas, son aptas para cumplir con los objetivos planteados (Martínez, 1989). Una vez seleccionadas las especies de interés, es necesario ubicar y caracterizar sus poblaciones en términos de su

abundancia, distribución, variación fenotípica y estado de sanidad, así como describir las características ambientales y el tipo de vegetación en donde se localizan dichas poblaciones. Así mismo, es deseable conocer algunas características del terreno, tales como su accesibilidad o situación legal, dado que estos rasgos repercutirán de manera importante en el tiempo y los recursos que se tendrán que invertir en las distintas actividades de recolección y aprovechamiento de las semillas (Willan y Barner, 1993; Jara, 1995a).

Si las poblaciones de interés se distribuyen en áreas con características ambientales muy heterogéneas, con gradientes altitudinales o características topográficas muy abruptas, es recomendable zonificar el terreno para identificar unidades ambientales con características semejantes, y de esta manera, conocer las condiciones ambientales en donde se establecen (Campell, 1991; Pedersen *et al.*, 1993). Además de caracterizar los diferentes sitios geográficos de donde provienen las semillas, es necesario ubicar en las poblaciones naturales los árboles de donde se harán las recolecciones. A estos individuos se les conoce como árboles semilleros y se eligen identificando aquéllos que muestren características fenotípicas superiores al promedio de la población en términos de los atributos que se deseen resaltar (altura, volumen, etc.), bajo el supuesto de que sus rasgos de superioridad serán heredados a las siguientes generaciones (Zobel y Talbert, 1984; Mesén, 1998).

No obstante, es importante tener en cuenta que aun utilizando semillas provenientes de individuos superiores al promedio de la población, el éxito en las plantaciones futuras no estará del todo asegurado, pues también depende de distintos aspectos técnicos del manejo de las semillas, que involucran procesos de cosecha, secado, extracción, procesamiento (identificación, tratamientos pregerminativos y almacenamiento) y germinación en la etapa de vivero (Mesén *et al.*, 1996). Por tanto, al planear estrategias de aprovechamiento de semillas es necesario considerar estos aspectos técnicos.

#### **1.4 Monitoreo comunitario**

La implementación exitosa de nuevas actividades productivas en el ámbito rural, depende en gran medida del interés que las comunidades muestren por participar e involucrarse en estas propuestas, pues aunque su planteamiento se base en las necesidades e inquietudes que las propias comunidades expresen, esto no asegura su participación.

Una alternativa para fomentar la inclusión de los actores locales en este tipo de proyectos es implementar un programa de monitoreo comunitario, que brinde la oportunidad de que la comunidad participe activamente en la observación de alguno de los procesos relacionados con el desarrollo de estas nuevas actividades (Wieler, 2007). A diferencia de los programas de monitoreo convencionales, los enfoques participativos resaltan la importancia de desarrollar una serie de actividades, en conjunto con las comunidades rurales, enfocadas a reunir, analizar y utilizar la información requerida para planificar y llevar a cabo estos proyectos (Abbot y Guijt, 1998). Así, los enfoques participativos buscan promover y/o reforzar la organización y la capacitación de las comunidades rurales, con el fin de que sean capaces de detectar y responder de mejor manera a los cambios que están observando (Parr *et al.*, 2003; Savan y Sieder, 2003; Guzmán y Alonso, 2007). Esto se logra a través de un proceso educativo en donde las personas externas a las comunidades entiendan la problemática desde la perspectiva local, y los pobladores locales se capaciten en el manejo de métodos y herramientas que les ayuden a obtener información relevante en la resolución de diferentes problemáticas ambientales (Abbot y Guijt, 1998). Por tanto, para implementar exitosamente un programa de monitoreo comunitario es necesario definir claramente los objetivos que se persiguen, elegir indicadores claros, establecer métodos adecuados para evaluar los indicadores elegidos, hacer una reflexión continua de la metodología que se está siguiendo para asegurar que los

objetivos planteados se cumplan, analizar los datos, y traducir toda la información recabada en estrategias adecuadas para el manejo de los recursos naturales (Narayan, 1993, Mikkelsen, 1995, Abbot y Guijt, 1998; Bethencourt *et al.*, 2008).

Los proyectos que involucran la participación comunitaria en el monitoreo de cambios ambientales están creciendo considerablemente, sobre todo en temas relacionados con la evaluación de la calidad del agua (Fore *et al.*, 2001; Savan *et al.*, 2003; Sharpe y Conrad, 2006). Sin embargo, son muy pocos los trabajos que incluyen un enfoque participativo en la evaluación de otros aspectos ambientales, puesto que aunque el monitoreo comunitario ofrece muchos beneficios potenciales, también representa grandes retos. Por ejemplo, diversos programas de monitoreo participativo han reconocido la dificultad de llevarlos a cabo por períodos largos de tiempo, debido a la falta de financiamiento constante, lo que también tiene como consecuencia que no sea posible darles un adecuado seguimiento. Por otro lado, ha sido evidente que aunque a través de estos ejercicios participativos se ha logrado generar información valiosa de los procesos que están siendo monitoreados, esto no se traduce en acciones concretas que generen un cambio en la vida cotidiana de los participantes, lo que ocasiona que éstos pierdan el interés de seguir colaborando en programas de esta índole (Theis y Grady, 1991; Parr *et al.*, 2003; Savan, 2004; Whitelaw, *et al.*, 2003; Guzmán-Casado y Alonso-Mielgo, 2007; Vaughan *et al.*, 2007; Bethencourt *et al.*, 2008).

Estos obstáculos han hecho que se cuestione el real potencial que los enfoques participativos tienen para lograr la descentralización de la gestión de programas que promuevan el manejo sustentable de los recursos naturales y aunque existen muchas experiencias en las que no se han obtenido buenos resultados, también existen algunos ejemplos exitosos de grupos de monitoreo que han logrado traducir su trabajo en acciones

concretas positivas. Estos grupos son manejados por miembros de la comunidad civil, la academia, el sector privado y alguna instancia de gobierno y a lo largo de su trayectoria han contado con la asesoría de expertos que ayudan a traducir los datos generados en información accesible a todos los usuarios interesados y además se han preocupado por implementar programas para comunicar los resultados obtenidos tras el proceso de recolección y análisis de datos (Sharpe y Conrad, 2006). Estas experiencias exitosas muestran que los grupos de monitoreo comunitario tienen un gran potencial de hacer contribuciones substanciales en la implementación de nuevas actividades económicas sustentables, si se les brindan las herramientas y el apoyo necesarios que les permitan llevar cabo estas propuestas (Vesseur *et al.*, 2001; Bradshaw, 2003; Yarnell 2003).

## **1.5 Objetivos**

Bajo este contexto, el objetivo de esta investigación fue identificar y seleccionar árboles semilleros de especies nativas del trópico seco con interés forestal, mediante la caracterización de algunos de sus atributos ecológicos. Para ello se plantearon los siguientes objetivos particulares: (1) diseñar e implementar un programa de monitoreo comunitario para evaluar la fenología de 15 especies arbóreas seleccionadas de acuerdo con la preferencia local y de las instancias gubernamentales del sector forestal; (2) describir la intensidad, la duración, la estacionalidad, la sincronía y la frecuencia de las fenofases vegetativa y reproductiva durante un ciclo anual de las especies seleccionadas y proponer estrategias para recolectar sus semillas, (3) identificar y seleccionar árboles semilleros con base en la caracterización de la variación fenotípica de las poblaciones de interés, y (4) ubicar áreas de colecta de semillas de acuerdo con la distribución espacial de los árboles semilleros seleccionados.

## MÉTODOS

### 2.1 Área de estudio

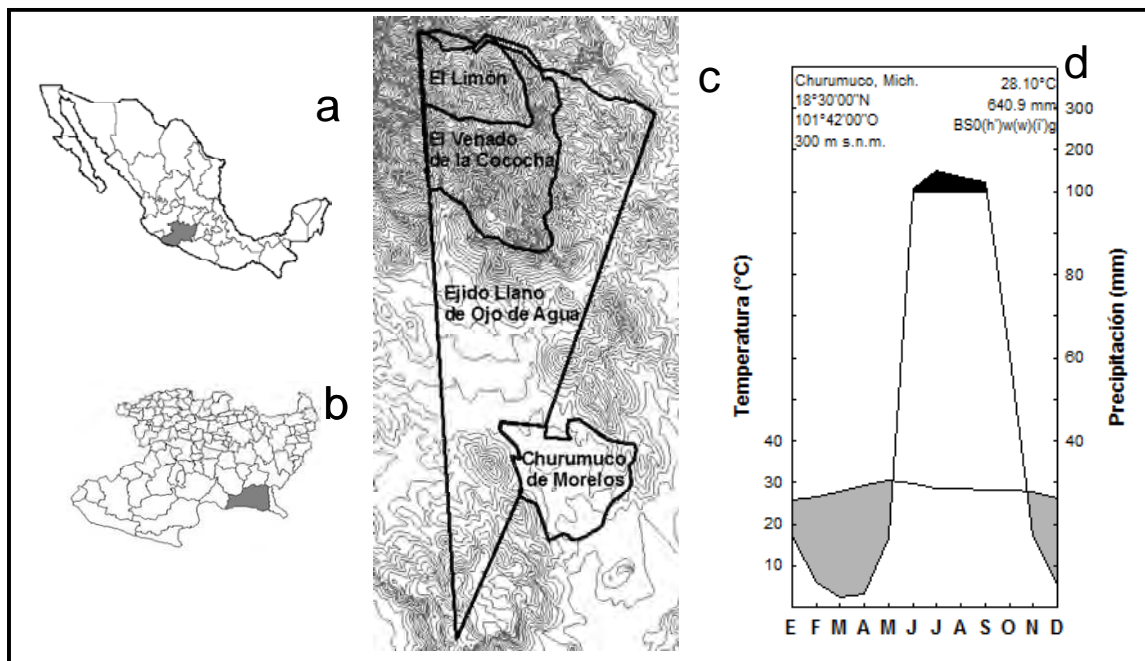
Este trabajo se realizó en dos áreas de conservación comunitaria, El Limón y El Venado de la Coccocha, las cuales se localizan dentro del ejido Llano de Ojo de Agua, en el municipio de Churumuco, Michoacán, en la Depresión del Balsas ( $18^{\circ}38'$ - $18^{\circ}44'$  N,  $101^{\circ}38'$ - $101^{\circ}41'$  O; Figura 1). En 2006 ambas áreas fueron designadas como áreas protegidas por iniciativa local a través de un proceso participativo. Posteriormente, en 2007 se incluyeron en la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo, decretada en noviembre de ese mismo año. Aunque la mayoría de los esfuerzos de muestreo se concentraron dentro de estas dos áreas de conservación, también se incluyeron algunas zonas que no pertenecen a estas áreas, pero que es necesario recorrer para llegar a ellas.

El Limón se ubica entre 490 y 1,200 m s.n.m. y tiene una extensión de 260 ha en las que se prohibieron las actividades agropecuarias. Por su parte, el área denominada El Venado de la Coccocha se ubica a una altitud menor (300-600 m s.n.m.) y tiene una extensión de 632 ha. Esta área fue designada como una Unidad de Manejo y Aprovechamiento (UMA) para la conservación y aprovechamiento de poblaciones silvestres de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus sinaloae*) que aún habitan en la zona. Aunque ambas zonas fueron decretadas como áreas de conservación, algunos ejidatarios y habitantes de las comunidades vecinas aún continúan realizando actividades de extracción de leña y madera, hay ingreso ocasional de ganado y cacería de animales para autoconsumo.

El clima de la región es seco, cálido, con lluvias en verano (BSO), con una época seca marcadamente estacional que se presenta de octubre a mayo y una época de lluvias de



junio a septiembre. La precipitación total anual es de 620 mm y la temperatura promedio anual es de 28°C (Figura 1d; Trejo, 1999; CONANP, 2007). Las topofomas dominantes en la zona son los lomeríos bajos y altos, aunque también se pueden encontrar valles fluviales, planicies acumulativas, piedemonte y sierra (Bocco y Mendoza 1999). Los tipos de suelos primarios en la región son Litosoles y los secundarios son Feozems háplicos.



**Figura 1.** Localización del área de estudio. a = Estado de Michoacán en México, b = Municipio de Churumuco de Morelos en Michoacán, c = Ejido Llano de Ojo de Agua y sus dos áreas de conservación comunitaria, El Limón y El Venado de la Cococha, d = Diagrama ombrotérmico que ilustra las condiciones ambientales anuales promedio de 70 años (1934-2004).

El tipo de vegetación predominante es la selva baja caducifolia (Miranda y Hernández-X., 1963), cuyas características más distintivas son que la mayor parte de los árboles pierden las hojas en la época seca y forman un estrato arbóreo de una altura promedio de 8 m. En ambas áreas de conservación es posible distinguir grandes zonas con vegetación conservada de SBC, aunque de acuerdo con diversos informantes locales, hay numerosos parches de

vegetación secundaria derivados de la actividad agrícola que ocurría en esa región hace aproximadamente 30 años. Por otro lado, en las zonas de la región donde hay una mayor concentración de humedad, como en las barrancas o en terrenos cercanos al cauce de los ríos, se presenta la selva mediana subcaducifolia (Miranda y Hernández-X., 1963). Esta comunidad se caracteriza por que entre 50 y 70% de los individuos pierde su follaje en los meses más secos del año, y por la presencia de árboles dominantes que alcanzan alturas de más de 15 m como *Brosimum alicastrum* Sw., *Ficus cotinifolia* Kunth. y *Licania arborea* Seem.

## **2.2 Selección de las especies de estudio**

El criterio fundamental para elegir a las especies de estudio fue la preferencia de los pobladores locales y el de las dependencias gubernamentales que promueven programas de reforestación a nivel estatal. Se identificaron 16 informantes del ejido Llano de Ojo de Agua cuyas actividades estuvieran relacionadas con el vivero comunitario y/o que tuvieran un amplio conocimiento de la vegetación. Estas personas fueron entrevistadas acerca de las especies arbóreas que con base en su interés y experiencia propondrían para propagarse en el vivero comunitario. Para conocer cuáles son las especies que se utilizan en los distintos programas de reforestación urbana o rural en las instituciones integrantes del sector forestal, fueron entrevistados tres representantes regionales de la Comisión Forestal de Michoacán (COFOM), dos representantes de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), el presidente municipal de Churumuco, el Comisariado y Secretario del ejido Llano de Ojo de Agua, y el Director de la Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo.

De las 38 especies arbóreas mencionadas por los diferentes actores entrevistados, se eligieron 15 con base en tres criterios (Cuadro 1): (i) interés local (aquéllas que actualmente

están siendo propagadas en el vivero comunitario del Ejido Llano de Ojo de Agua y que por ello revisten interés especial para la comunidad), (ii) conservación (las que están reportadas bajo alguna categoría de amenaza según la Norma Oficial Mexicana Nom-059-Ecol-2000 y que se consideró que el entendimiento de sus patrones fenológicos y algunas características ecológicas son relevantes para su conservación), y (iii) económico (especies que son promovidas por las instancias gubernamentales para ser propagadas y utilizadas en distintos programas de reforestación, por lo que tienen posibilidades de ser comercializadas regionalmente. En el presente trabajo se hará referencia a las especies seleccionadas únicamente mencionando el epíteto genérico, excepto en las especies del género *Caesalpinia*, las cuales se nombrarán con la inicial del género y el epíteto específico.

### **2.3 Diseño e implementación de un programa de monitoreo comunitario**

Para llevar a cabo este proyecto se diseñó e implementó un programa de monitoreo comunitario con el ejido Llano de ojo de Agua, en donde se siguieron varios de los pasos propuestos por Abbot y Guijt (1998). Primeramente, en la asamblea ordinaria del ejido se presentaron los objetivos de esta investigación y se identificaron a las personas interesadas en conformar el grupo de monitoreo que se responsabilizaría de evaluar los eventos fenológicos de las especies seleccionadas. La comunidad decidió elegir a ejidatarios que de alguna manera estuvieran involucrados en las actividades del vivero y tuvieran un amplio conocimiento de la vegetación y el territorio. Una vez conformado el equipo de trabajo, se discutieron los intereses comunes que se tenían con la comunidad para la realización de este proyecto.

**Cuadro 1.** Lista de especies arbóreas seleccionadas en el ejido Llano de Ojo de Agua, Michoacán, México. En las columnas se muestra el nombre común, los usos y el criterio que se utilizaron para su elección

<b>Familia/Especie</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Usos</b>	<b>Criterio de elección</b>
<b>Apocynaceae</b>			
<i>Plumeria rubra</i> L.	Parandazicua	Ornamental	Económico
<b>Bignoniaceae</b>			
<i>Tabebuia palmeri</i> Rose	Cañafistula	Ornamental	Conservación, económico
<b>Boraginaceae</b>			
<i>Cordia elaeagnoides</i> DC.	Cuerámo	Sombra, maderable	Económico
<b>Burseraceae</b>			
<i>Bursera heteresthes</i> Bullock	Tecomaca	Medicinal	Local
<b>Chrysobalanaceae</b>			
<i>Licania arborea</i> Seem.	Cuirindal	Sombra, forrajera	Conservación, económico
<b>Fabaceae</b>			
<i>Caesalpinia coriaria</i> (Jacq.) Willd.	Cascalote	Comestible	Local
<i>Caesalpinia platyloba</i> S. Watson	Frijolillo	Maderable	Local, Económico
<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	Palo dulce	Maderable, medicinal	Local
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Walp.	Trébol	Maderable	Local
<i>Heteroflorum sclerocarpum</i> M. Sousa	Ojo de perico	Forrajera	Local
<b>Julianaceae</b>			
<i>Amphipterygium adstringens</i> (Schltdl.) Standl.	Chacualalate	Medicinal	Económico
<b>Meliaceae</b>			
<i>Swietenia humilis</i> Zucc.	Cóbano	Maderable, sombra	Local, económico
<b>Moraceae</b>			
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	Uje	Forrajera, comestible	Local, económico
<i>Ficus petiolaris</i> Kunth	Salate	Ornamental	Local, conservación
<b>Sterculiaceae</b>			
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Cahulote	Forrajera, sombra	Local, económico

Así, se modificó la lista de especies que se había propuesto al inicio del proyecto y se redujeron las metas iniciales. Cuando se llegó a un acuerdo consensuado de los objetivos planteados, se elaboró un convenio en donde se especificaron las responsabilidades y compromisos de ambas partes. Se estipuló que dadas las características del trabajo, los integrantes del grupo de monitoreo deberían ser las mismas personas a lo largo del proyecto y comprometerse a realizar 12 salidas a lo largo de un año, durante la última semana de cada mes. En contra parte, en cada salida los integrantes del grupo de monitoreo comunitario estuvieron acompañados por los responsables de este proyecto, los cuales también les brindaron capacitación, así como apoyo técnico y económico, además de hacerse responsables del análisis de la información recabada en los muestreos, con el compromiso de entregar los resultados a la comunidad una vez concluido el trabajo.

En noviembre 2009 se realizó una primera salida exploratoria a las áreas de conservación comunitaria del ejido en donde se identificaron los conocimientos y habilidades necesarias para generar la información que permitiría cumplir con los objetivos planteados. Es por ello que para la toma de datos, se elaboraron formatos sencillos, pues todos los integrantes del grupo de monitoreo presentaban cierto grado de analfabetismo y se sentían muy intimidados con la idea de tener que escribir. Por otra parte, dado que la evaluación de la intensidad de los eventos fenológicos requería manejar porcentajes de la cobertura de las hojas, flores o frutos en sus distintos estados de desarrollo, fue necesario realizar talleres de capacitación que permitieran unificar los criterios de evaluación y de esta manera se pudieran contar con datos confiables. En el primer taller, se mostró una propuesta de los métodos a seguir, el cual se modificó de acuerdo con el conocimiento que los integrantes del grupo de monitoreo tienen del comportamiento vegetativo y reproductivo de las especies seleccionadas. Una vez ajustado el método, a cada integrante

del grupo de monitoreo se le entregó un manual de procedimientos y los formatos para la toma de datos (Apéndice I) y se les capacitó enseñándoles aspectos teóricos y prácticos necesarios para documentar la fenología de las especies seleccionadas. En las áreas aledañas al poblado, se puso en práctica el método y se corroboró que todos tuvieran un criterio unificado al tomar los datos y que supieran manejar el material de trabajo de manera adecuada. A continuación, se seleccionaron los árboles de cada especie y una vez conociendo su ubicación se planificó la mejor estrategia para monitorear los eventos fenológicos. Se decidió trabajar en equipos de dos personas, para que cada equipo recorriera una de las tres rutas que se trazaron dentro del área delimitada. A cada equipo se le asignó la evaluación de cinco de las especies seleccionadas y se hicieron responsables de su monitoreo durante todo el proyecto. En cada salida, se acompañó a un equipo distinto y se corroboró que se siguiera el mismo criterio de evaluación. Después de las jornadas de trabajo, se discutían los problemas y dificultades para recolectar los datos y dado que se contaba con registro fotográfico de los eventos fenológicos observados y con ejemplares colectados de los individuos evaluados, se creaba un espacio en donde se promovía el intercambio de opiniones, apreciaciones y experiencias aprendidas. Como resultado de estos ejercicios, a lo largo del proyecto se fue reajustando el método planteado al inicio y se realizaron varios cambios en la organización del trabajo para hacerlo más eficiente. Así mismo, en estos espacios de discusión el grupo de trabajo expresó la necesidad de monitorear los eventos fenológicos por un período de tiempo más largo, dado que cuando se hicieron las primeras evaluaciones se presentaron lluvias atípicas en la región que modificaron los patrones reproductivos de las especies de estudio, lo que hizo evidente la necesidad de contar con un estudio a más largo plazo que permitieran generar información más confiable de los eventos fenológicos evaluados.

Una vez analizada la información recabada, se organizó otro taller en donde se presentaron los resultados obtenidos a la comunidad y se hizo una recapitulación de las experiencias aprendidas durante el primer año de trabajo. En esta reunión, la comunidad decidió continuar con el monitoreo por un año más y se acordó que para el segundo año, el grupo de monitoreo se responsabilizaría de realizar las salidas de manera independiente (sin acompañamiento). Debido a este interés, se les continuó brindando apoyo técnico, económico y en el análisis de los datos. Así, aunque en este trabajo sólo se muestran los datos obtenidos durante el primer año de monitoreo, es importante resaltar que esta investigación forma parte de un proyecto comunitario a mediano plazo que busca recopilar la información necesaria para desarrollar planes de manejo adecuados de las fuentes semilleras que se identifiquen dentro de las áreas de conservación.

## **2.4 Fenología**

La selección de individuos de las 15 especies de estudio se hizo dentro de las áreas de conservación comunitaria y sus alrededores mediante recorridos guiados por los miembros del grupo de monitoreo, quienes facilitaron el acceso rápido a individuos de las especies de interés. De acuerdo con su abundancia, se marcaron entre 4 y 20 individuos por especie con un diámetro a la altura del pecho  $\geq 10$  cm, los cuales tienen una alta probabilidad de ser reproductivos (Bullock y Solís-Magallanes, 1990). Estos árboles se eligieron según su orden de aparición y procurando que estuvieran separados entre sí por al menos 50 m, para evitar, en lo posible, la elección de individuos emparentados (Fournier y Charpantier, 1975). Además, para su elección se estableció como criterio que los individuos fueran vigorosos, sin enfermedades aparentes y que no hubieran recibido ningún tipo de manejo,

como podas ocasionales. En el Cuadro 2 se muestran las características de los individuos evaluados.

Por medio de censos realizados al final de cada mes por el grupo de monitoreo, de febrero 2010 a enero 2011, se cuantificó la intensidad, en sus etapas jóvenes y maduras, de hojas, flores y frutos. La única excepción a esto fue que durante el primer mes de registro (febrero) no se evaluó la producción de hojas jóvenes. La fenología vegetativa y la reproductiva se evaluaron estimando el porcentaje ocupado por las estructuras en la copa de cada individuo utilizando binoculares o por observaciones directas. Se reconocieron seis categorías de intensidad (modificado de Fournier, 1974): 0 (ausentes), 1 (1-10%), 2 (11-25%), 3 (26-50%), 4 (51-75%) y 5 (76-100%).

Para la producción de hojas se consideró el valor máximo (100%) cuando se observó la copa de los árboles totalmente cubierta. En cambio, para evaluar la intensidad en la producción de flores y frutos, el valor máximo se definió con base en el conocimiento que los integrantes del grupo de monitoreo tienen sobre la actividad de las especies, ya que algunas al mostrar su máximo potencial reproductivo presentan flores o frutos en toda la copa (*e. g. Amphipterygium* o *Cordia*), a diferencia de otras que ocupan sólo una parte de ella (*e. g. Swietenia*).

La distinción entre los estadios de desarrollo se basó en el cambio de color, tamaño y/o textura que se observaron durante el desarrollo de las diferentes estructuras. Para el caso de *Brosimum* y *Ficus* no fue posible distinguir entre los distintos estadios de desarrollo, por lo que sólo se registró la intensidad en la producción de hojas, flores y frutos. Para la segunda especie se hizo la distinción entre flores y frutos basándose en el cambio de color y consistencia de los siconos. Cuando presentaban un color rojizo y una consistencia blanda, eran considerados como frutos.



Para evaluar las condiciones de precipitación y temperatura que se presentaron durante el año de estudio, se obtuvieron datos de la estación meteorológica instalada en el poblado, a menos de 5 km de distancia de las áreas de conservación. De acuerdo con los registros de 2010, se observó una condición atípica con respecto al patrón de lluvias de la región. En particular, en febrero se presentó una precipitación total mensual de 171.2 mm, concentrada en los primeros días de este mes, siendo que en los últimos 70 años, su promedio había sido de cero. Por otro lado, en cada uno de los meses lluviosos (junio, julio, agosto y septiembre) se registraron cerca de 60 mm de precipitación, valor que es bajo comparado con los que generalmente se presentan en esta época (120 a 150 mm; Figuras 2a y 2b). Con respecto a la temperatura registrada durante el año de estudio, no se observaron variaciones sustanciales con respecto a las condiciones promedio de la región (Figura 2c).

Para describir los patrones fenológicos de las 15 especies de estudio se evaluó la intensidad, la duración, la sincronía, la estacionalidad y la frecuencia de la producción de hojas, flores y frutos inmaduros y maduros. La descripción de las observaciones fenológicas se realizó a dos niveles de análisis: interespecífico (15 especies seleccionadas) e intraespecífico (individuos de una misma especie).

La intensidad se estimó modificando el índice de Fournier (IF), el cual expresa la producción de estructuras como la proporción porcentual en un tiempo dado y se calcula mediante la siguiente fórmula (Fournier, 1974):

$$IF = \frac{\sum_i^n X_i(100)}{m \cdot n}$$

$X_i$  = categoría de intensidad asignada en un tiempo dado a un individuo  $i$

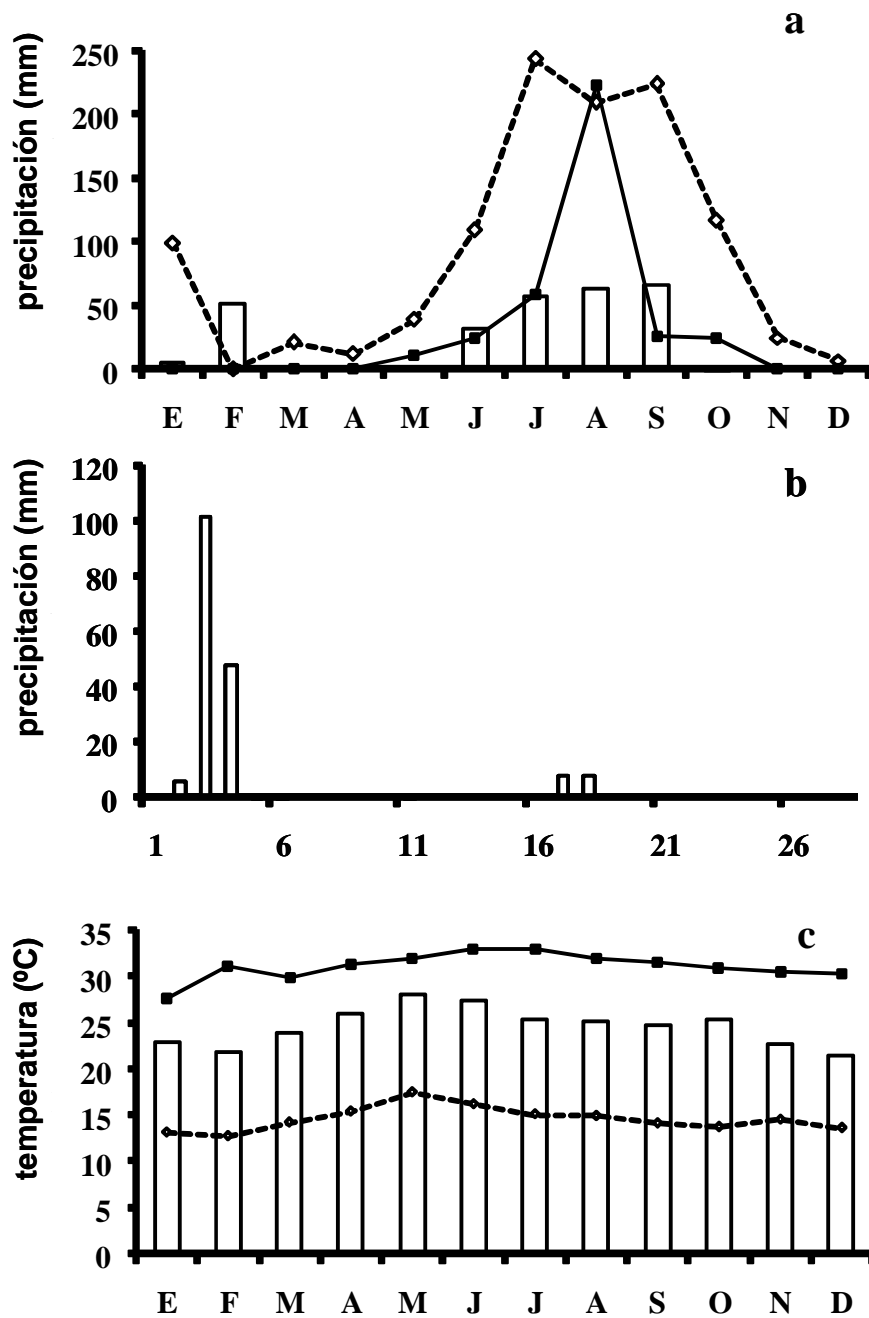
$m$  = valor máximo de la escala utilizada para cuantificar la intensidad

$n$  = número de observaciones por especie en un tiempo dado

De esta manera, si de una especie se tienen cinco observaciones ( $n$ ) en un mes para la cuantificación de frutos maduros (2, 3, 3, 4 y 3), se suman estos valores ( $\sum x_i$ ) y el resultado se multiplica por 100. A continuación se define el máximo valor que se podría registrar en cada observación de acuerdo con la escala utilizada, que en este caso es 5 ( $m$ ) y se hacen los cálculos correspondientes para conocer el valor de IF, que en este ejemplo sería 60%.

**Cuadro 2.** Características de los individuos evaluados para el seguimiento fenológico de 15 especies en el ejido Llano de Ojo de Agua, Michoacán, México. Se muestra el número de individuos evaluados por especie, el intervalo altitudinal en el que se ubicaron, el valor promedio ( $\pm 1$  D.E.) de la altura, el diámetro a la altura del pecho y el área de la cobertura de la copa.

<b>Especie</b>	<b>Número de individuos</b>	<b>Altitud (m s.n.m.)</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Diámetro (cm)</b>	<b>Copa (m<sup>2</sup>)</b>
<i>Amphipterygium adstringens</i>	10	410-674	5.9 (0.6)	28.6 (9.3)	45.8 (29.6)
<i>Brosimum alicastrum</i>	15	489-844	16.6 (5.8)	64.9 (39.6)	123.9 (114)
<i>Bursera heteresthes</i>	20	866-1135	9.7 (1.8)	27.6 (8.3)	37.5 (33)
<i>Caesalpinia coriaria</i>	10	186-581	5.5 (1.6)	40 (23.2)	49.9 (27.5)
<i>Caesalpinia platyloba</i>	10	317-670	7 (1.5)	32.3 (13.9)	40.8 (23.2)
<i>Cordia elaeagnoides</i>	10	336-673	8.7 (2.4)	38.8 (19.1)	83.6 (44)
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	10	809-904	8.5 (1.7)	22.2 (9.1)	30.7 (16.8)
<i>Ficus petiolaris</i>	4	918-948	17.3 (6.5)	33.7 (23.6)	119.1 (89.8)
<i>Gliricidia sepium</i>	10	326-910	7.7 (1.4)	32.3 (16.6)	88.5 (58.1)
<i>Guazuma ulmifolia</i>	10	776-883	7.3 (1.9)	23.6 (9.7)	26.5 (12.7)
<i>Heteroflorum sclerocarpum</i>	10	579-526	6.9 (1.7)	44.3 (22.6)	74.1 (35)
<i>Licania arborea</i>	8	357-583	15.9 (3.2)	61.3 (22.4)	144.4 (89)
<i>Plumeria rubra</i>	10	489-627	5.4 (1.4)	18.2 (6.7)	16.12 (7.5)
<i>Swietenia humilis</i>	7	583-812	9.8 (2.6)	41.6 (23.3)	108.5 (116)
<i>Tabebuia palmeri</i>	10	362-676	6.4 (1.8)	21.6 (6.9)	34.1 (18.8)



**Figura 2.** a = Precipitación mensual del año más seco (1940, raya continua), el año más húmedo (1967, raya punteada) y el año de estudio (2010, barras). b = Precipitación registrada durante febrero de 2010. c = Temperatura mensual del año más caluroso (1979, raya continua), el año más frío (1966, raya punteada) y el año de estudio (2010, barras). Estos datos se presentan con respecto a las condiciones ambientales registradas desde 1934 a 2004 en la región de Churumuco, Michoacán, México.

Este valor indica que, en un tiempo dado, la especie presentó un poco más de la mitad del total de frutos maduros que es capaz de producir en una temporada de reproducción. Valores menores que 20% se consideraron como una producción baja, entre 20-50% como mediana, y mayores que 50%, alta (Camacho y Orozco, 1998).

La duración se definió como el tiempo que transcurre entre el inicio y fin de una fenofase. Se calcularon la media, la moda, la desviación estándar y los números mínimo y máximo de meses en los que se observaron hojas, flores y frutos en sus distintos estadios de desarrollo (modificado de Newstrom *et al.*, 1994). Tomando en cuenta la media de cada fenofase, ésta se clasificó como breve (menor de 2 meses), intermedia (2-5 meses) y extendida (más de 5 meses).

Para evaluar la sincronía con la que se presentaron las distintas fenofases, se calculó el índice de sincronía ( $S$ ) propuesto por Freitas y Bolmgren (2008). Este índice considera no sólo el grado de superposición de una fenofase en cada uno de los individuos de la población con respecto al total, sino que además incorpora las diferencias en la intensidad con la que se presenta la fenofase en la población. Puede tomar valores de 0 a 1, donde 1 denota la máxima sincronía, observado cuando el despliegue del patrón individual de una fenofase coincide con el pico en todos los individuos de la población. Cuando se observa el caso opuesto, el índice presenta un valor de 0. La fórmula para calcular dicho índice es la siguiente:

$$S = \sum \frac{d_i}{N}; \text{ donde } d_i = \frac{1}{T_i} \frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N \sum_{t=1}^T \sqrt{f_{i,t} f_{j,t}}, j \neq i$$

$d_i$  = nivel de sincronización del individuos  $i$  en relación con la población de los individuos  $j$  muestreados

$f_i$  = valor relativo de la intensidad de la fenofase, que va de 0 a 1

$T_i$  = número total de meses en donde  $f_i > 0$

$N$  = número total de individuos estudiados en la población

$j$  = individuo de la población

$t$  = un mes dado del año

$T$  = Número total de meses a través del tiempo para la población de estudio (cuando  $f_j > 0$ )

De acuerdo con los valores obtenidos, se clasificó la sincronía de los distintos eventos fenológicos en muy sincrónicos (1-0.75), sincrónicos (0.74-0.5), poco sincrónicos (0.4-0.25) o asincrónicos (0.24-0).

La estacionalidad se definió como el número de meses del año en que estuvieron presentes las diferentes fenofases. Para evaluar este patrón se puso a prueba la hipótesis nula de que las hojas, las flores o los frutos en los dos estadios de maduración reconocidos se distribuyen homogéneamente a lo largo del año. Para ello, a los meses del año se les asignó un valor de  $30^\circ$  ( $0^\circ$  enero,  $30^\circ$  febrero,  $60^\circ$  marzo y así sucesivamente). Dado que estos datos presentan una distribución circular, se calculó el ángulo medio  $\alpha$  y la magnitud del vector  $r$ . El primer parámetro indica el punto del año en que el mayor número de especies presenta hojas, flores o frutos, mientras que el vector  $r$  indica la dispersión o concentración de las observaciones. El vector  $r$  puede tomar valores de 0 a 1, en donde 1 indica que los datos se agrupan en una sola dirección, es decir, que la presencia de una fenofase se concentró en un tiempo dado; en cambio si el valor de  $r$  es cercano a 0 significa que los datos se distribuyen a lo largo del año (Zar, 1999). Para probar la distribución estadística de  $\alpha$  se realizó la prueba de Rayleigh ( $z$ ) y se consideraron tres posibles escenarios: (1) que las fenofases se presentaran sólo en la temporada seca (octubre-mayo),

(2) sólo en la temporada de lluvias (junio-septiembre), o (3) en ambas temporadas (Newstrom *et al.*, 1994).

La frecuencia se definió como la periodicidad de los eventos fenológicos registrados en un ciclo anual. Para este estudio se consideraron tres categorías a nivel de especie: (1) continua, que incluyen a las que presentaron hojas, flores o frutos por más de diez meses, (2) subanuales, las que presentaron dos ciclos cortos discontinuos de producción de estas estructuras, y (3) anuales, para las que se registró un solo ciclo corto de producción de las diferentes estructuras a lo largo del año.

## **2.5 Identificación y selección de árboles semilleros**

Para caracterizar e identificar fuentes semilleras, se realizó una zonificación del área de estudio con el fin de identificar unidades ambientales con características semejantes. Posteriormente, se hicieron recorridos en las zonas más accesibles de las áreas comunitarias para ubicar el mayor número posible de individuos de las especies de interés y caracterizar su distribución, abundancia y variación fenotípica. Con base en esta información, se seleccionaron árboles semilleros y se mapeó su distribución dentro del área de estudio.

### *2.5.1 Delimitación de unidades ambientales*

El reconocimiento de unidades ambientales con características semejantes se hizo considerando la energía potencial que recibe el terreno y el gradiente altitudinal presente en la zona de estudio. Para ello, con el programa ArcGis 9.3 se construyó un modelo digital de elevación (MDE) con las curvas de nivel de las cartas topográficas de INEGI a una escala 1:50,000 y celdas de 38.3 m por lado. Con base en el MDE se calculó la energía potencial de un sitio particular dadas sus características topográficas a lo largo de un año (kilowatts

por hora por metro cuadrado; kW/hm<sup>2</sup>) utilizando las extensiones de análisis espacial del programa ArcGis 9.3. A partir de los valores obtenidos se definieron tres categorías para clasificar la energía potencial (kW/hm<sup>2</sup>): baja (472.6-820), intermedia (820-1,167) y alta (1,167-1,514). Por otro lado, con base en el gradiente de altitud (m s.n.m.) se subdividió el área de estudio en zonas bajas (70-735) y altas (736-1400). La asignación de los valores de insolación y elevación a estas categorías se basó en la necesidad de identificar un número reducido de unidades ambientales, estableciendo como criterio que éstas presentaran un área mínima cartografiable de 400 m<sup>2</sup>. Una vez producidos los mapas con las categorías propuestas tanto de insolación como de elevación, se hizo un cruce para integrarlos e identificar seis unidades con características ambientales semejantes.

### *2.5.2 Caracterización de la variación fenotípica*

Se evaluó la variación fenotípica de las especies de interés haciendo caminatas a lo largo de las veredas más transitadas de la zona de estudio, en las cuales se registró la localización de cada individuo y se describió la arquitectura de los árboles evaluados a través de diferentes parámetros, incluyendo la altura, la forma de la copa, la cobertura de la copa y el área basal.

La forma de la copa que se describió utilizando una escala categórica que va desde perfecta hasta muy pobre (Figura 3). La cobertura de la copa se calculó a través de la fórmula de la elipse:

$$A = r \times s \times \pi$$

$r$  = semieje más largo de la elipse

$s$  = semieje más corto de la elipse

$\pi$  = 3.1416

Finalmente, para conocer el área basal (AB) se midió el diámetro a 1.3 m de cada uno de los troncos que presentó cada individuo y se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$AB = \sum_{i=1}^n \frac{\pi(d_i)^2}{4}$$

$d_i$  = diámetro del tronco  $i$



**Figura 3.** Forma de la copa (modificado de Da Cruz *et al.*, 1979): 1 = perfecta, 2 = buena, 3 = tolerable, 4 = pobre y 5 = muy pobre.

A partir de esta información se estimaron los valores de tendencia central y de dispersión de las variables morfológicas evaluadas para cada individuo de las especies seleccionadas y se calculó un índice de tamaño (IT) que toma en cuenta la altura (Alt), el área de la cobertura de la copa (Copa), el área basal (AB) y la forma de la copa (FC) mediante la siguiente fórmula (Mesén y Vásquez, 2009):

$$IT = \frac{(Y_{Alt} - \mu_{Alt})}{\sigma_{Alt}} + \frac{(Y_{Copa} - \mu_{Copa})}{\sigma_{Copa}} + \frac{(Y_{AB} - \mu_{AB})}{\sigma_{AB}} + \frac{(\mu_{FC} - Y_{FC})}{\sigma_{FC}}$$

$Y_x$  = Valor para cada individuo de las diferentes variables evaluadas

$\mu$  = media de la muestra de las variables evaluadas

$\sigma$  = desviación estándar de la muestra de las variables evaluadas

En el caso de la forma de la copa, debido a que la escala que se utilizó para su descripción otorga un menor puntaje a los mejores árboles, se modificó su cálculo para evitar darle un mayor valor a los árboles que presentaran copas con una forma muy pobre. Por ello, para



cada individuo se restó el valor de cada variable evaluada a la media de la población en lugar de sumarlo, como se hizo con las demás variables evaluadas.

A partir del cálculo del IT, se construyeron histogramas para cada especie y se hicieron pruebas de normalidad. Cuando el número de muestra fue menor que 50 se realizó la prueba de Shapiro-Wilk y cuando fue mayor a este valor, se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Zar, 1999).

### *2.5.3 Distribución y abundancia*

Se generó un mapa de distribución de las especies estudiadas que incluyen los individuos monitoreados en la evaluación fenológica y los que se registraron en la caracterización fenotípica. A partir de este mapa se construyó una matriz de presencia-ausencia de las 15 especies dentro de las unidades ambientales identificadas, y otra del número de especies presentes en cada unidad ambiental. Además, se estimó la abundancia de los individuos de cada especie dentro de las áreas más accesibles del ejido.

### *2.5.4. Selección de árboles semilleros*

La selección de los árboles semilleros se basó en la facilidad para llegar a ellos y sus características fenotípicas. Para ello, con el programa ArcGis 9.3 se mapearon los caminos más transitados dentro del área de estudio y se eligieron a los individuos que se encontraron a no más de 50 m de cada lado de las veredas principales. Una vez identificados los individuos que se localizaran dentro de esta área, se hizo una selección de los 25 que presentaron los valores más altos de acuerdo con el cálculo del índice de tamaño. En las especies con densidades bajas (*C. coriaria*, *Ficus*, *Licanea*, *Swietenia*) se seleccionaron a todos los individuos encontrados dentro del área de estudio como árboles semilleros.

Una vez seleccionados a los árboles semilleros bajo estos dos criterios, se elaboró un mapa en donde se indicó su ubicación, las principales vías de acceso y el nombre de los parajes más importantes dentro del ejido para facilitar su localización.

## RESULTADOS

### 3.1 Implementación del programa de monitoreo comunitario

El grupo de monitoreo comunitario evaluó la fenología de 156 árboles de las especies seleccionadas, desde febrero de 2010, hasta enero de 2011. En cada salida se trabajó por cinco días consecutivos: en los primeros dos, durante 12 horas, y los siguientes tres días, durante ocho horas, por lo que para completar el monitoreo anual se requirieron de 576 horas de trabajo efectivo.

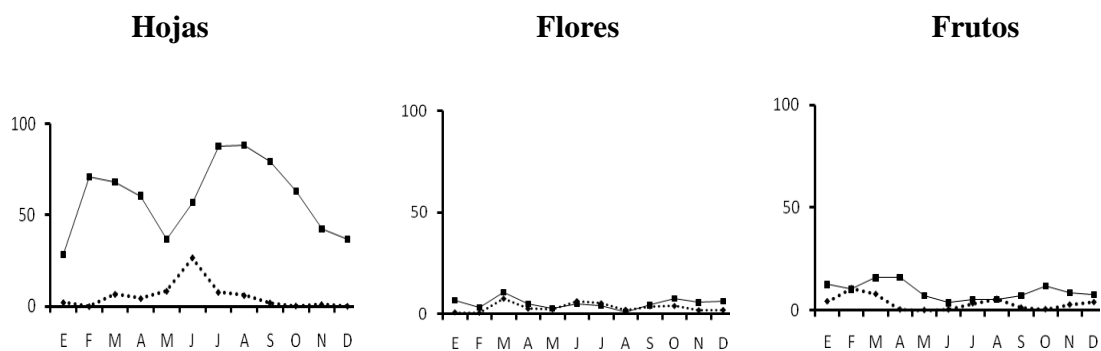
A lo largo del desarrollo de este programa se detectaron diversos obstáculos que dificultaron su implementación, tales como las condiciones climáticas y topográficas del área de estudio, las diferencias entre los enfoques e intereses de los ejidatarios que conformaron el grupo de monitoreo y los que no participaron en él, y la falta de financiamiento continuo que pudiera asegurar la continuidad del programa a largo plazo. No obstante, la implementación del programa de monitoreo comunitario demostró ser útil para crear las capacidades que permitieron que el grupo de trabajo fuera capaz de generar información confiable de la evaluación fenológica de las 15 especies de estudio, fortalecer la organización comunitaria, involucrar a jóvenes y mujeres en el desarrollo de este proyecto, lograr que la comunidad confiara en este proyecto y reconociera que a través de su ejecución podría obtener beneficios a corto, mediano y largo plazo, y aunque no era el propósito de esta investigación, a través de la implementación de este programa se desencadenó un proceso de educación ambiental que permitió que la comunidad revalorizara los recursos naturales con los que cuenta, y se mostrara mucho más interesada en su conservación.

### 3.2 Fenología

La fenología se evaluó en 15 especies (154 individuos) a lo largo de un año (febrero 2010 a enero 2011). Todas las especies produjeron hojas y 11 especies mostraron ambas fenofases reproductivas. Por el contrario, *Eysenhardtia* floreció, pero no se registró su fructificación, mientras que para *Heteroflorum* y *C. platyloba* no fue registrada su floración pero sí se observó su fructificación. La única especie que no mostró ningún evento reproductivo fue *Licania*. La actividad desglosada de todos los individuos a lo largo de un ciclo anual se presenta en el Apéndice II.

#### 3.2.1 Intensidad

La intensidad promedio de las fenofases fue baja (10%), excepto en las hojas maduras que fue alta, pues alcanzó valores de 60%. La producción de hojas maduras mostró dos picos (febrero y julio-agosto), en tanto que las jóvenes mostraron su máxima actividad en junio; independientemente de su estado de madurez, la intensidad promedio en la producción de flores y frutos fue baja (< 10%) y se mantuvo constante a lo largo del año (Cuadro 3, Figura 4).



**Figura 4.** Intensidad promedio según el índice de Fournier de la producción de hojas, flores y frutos en sus diferentes estadios de desarrollo, de 15 especies arbóreas del ejido Llano de Ojo de Agua Michoacán, México a lo largo de un año. Los estadios inmaduros se representan con rayas punteadas y los estadios maduros con rayas continuas.

A nivel intraespecífico, la foliación en la producción de hojas maduras mostró dos máximos para la mayoría de las especies, uno en la época de secas (febrero) y el otro en lluvias (julio-agosto); las excepciones fueron *Brosimum* y *Licania*, que no mostraron ninguna estacionalidad (Figura 5). Diez especies mostraron un pico muy marcado en la fenofase de hojas jóvenes. La producción promedio anual de esta fenofase en todas las especies fue baja, mientras que la para las hojas maduras fue intermedia en las que sólo presentaron un pico de producción y alta en las que presentaron dos (Cuadro 3, Figura 5). El carácter caducifolio de las especies de estudio fue variable, presentándose especies sin hojas durante la época seca (*Amphipterygium*, *Bursera*, *Heteroflorum*, *Plumeria* y *Tabebuia*), mientras que otras las presentaron durante todo el año (Figura 5).

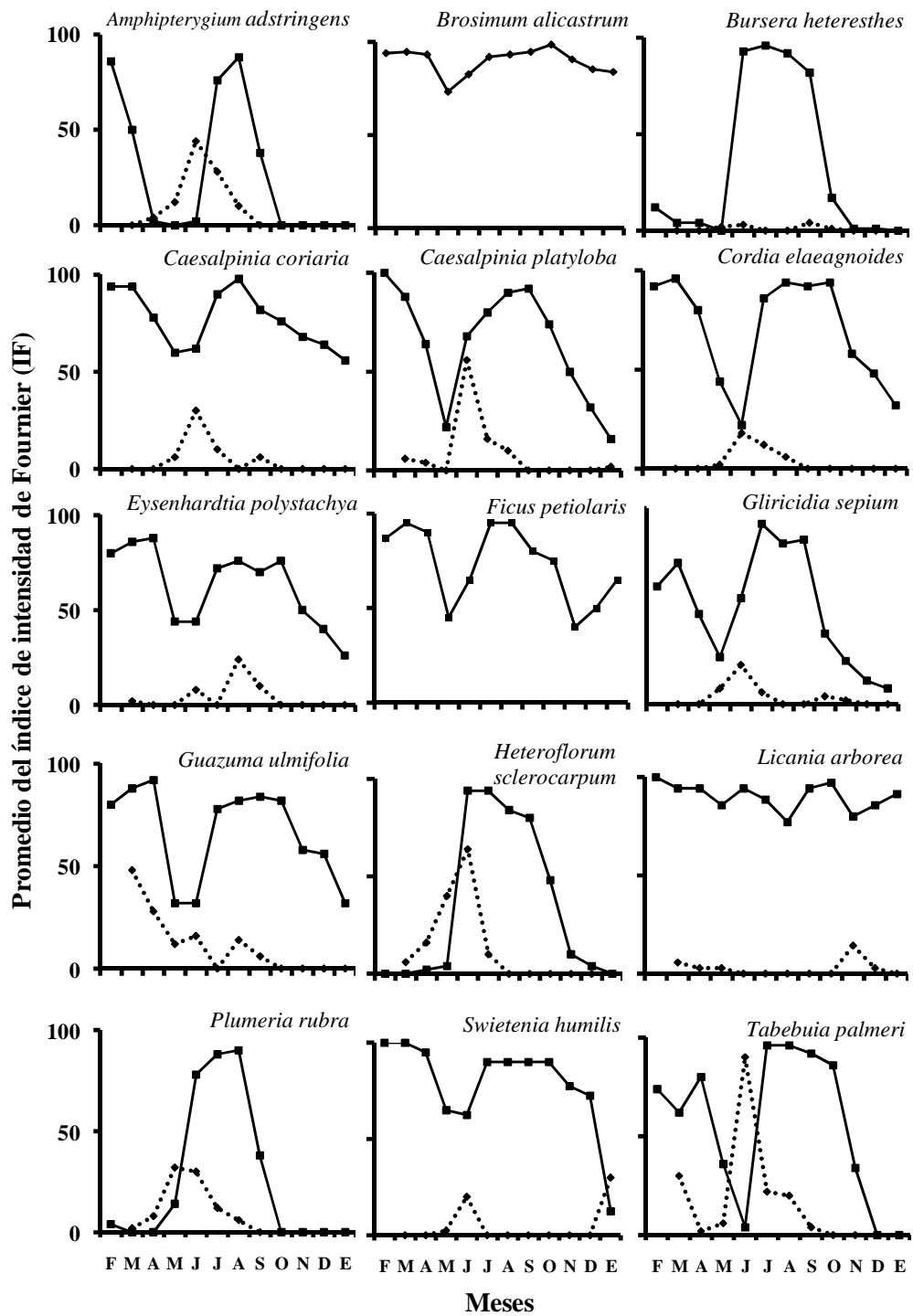
La intensidad promedio anual de la floración en ambos estadios de desarrollo también fue baja en las especies evaluadas (Cuadro 3). Algunas especies coincidieron en la mayor actividad de botones florales y flores en anthesis, pero *Amphipterygium*, *Bursera*, *Gliricidia* y *Plumeria* lo hicieron en la época de lluvias, mientras que *C. coriaria* y *Swietenia* en secas; esta coincidencia en estadios no se presentó en *Tabebuia* (Figura 6). Las únicas dos especies que presentaron dos picos en la presencia de flores en anthesis fueron *Cordia* y *Guazuma* (Figura 6). La floración de *Brosimum* y *Ficus* fue muy incipiente a lo largo del año, distinguiéndose un mínimo incremento en la intensidad de producción durante marzo y junio (Figura 6).

La intensidad promedio anual de la fructificación en etapas jóvenes y maduras a nivel intraespecífico fue baja para todas las especies, excepto para *Cordia* y *Ficus*, que presentaron una producción mediana del estadio maduro (Cuadro 3). En la mayoría de las especies e independientemente de la categoría de madurez, la fructificación se concentró en la época seca del año (Figura 7). En la temporada de lluvias *Amphipterygium* fue la única

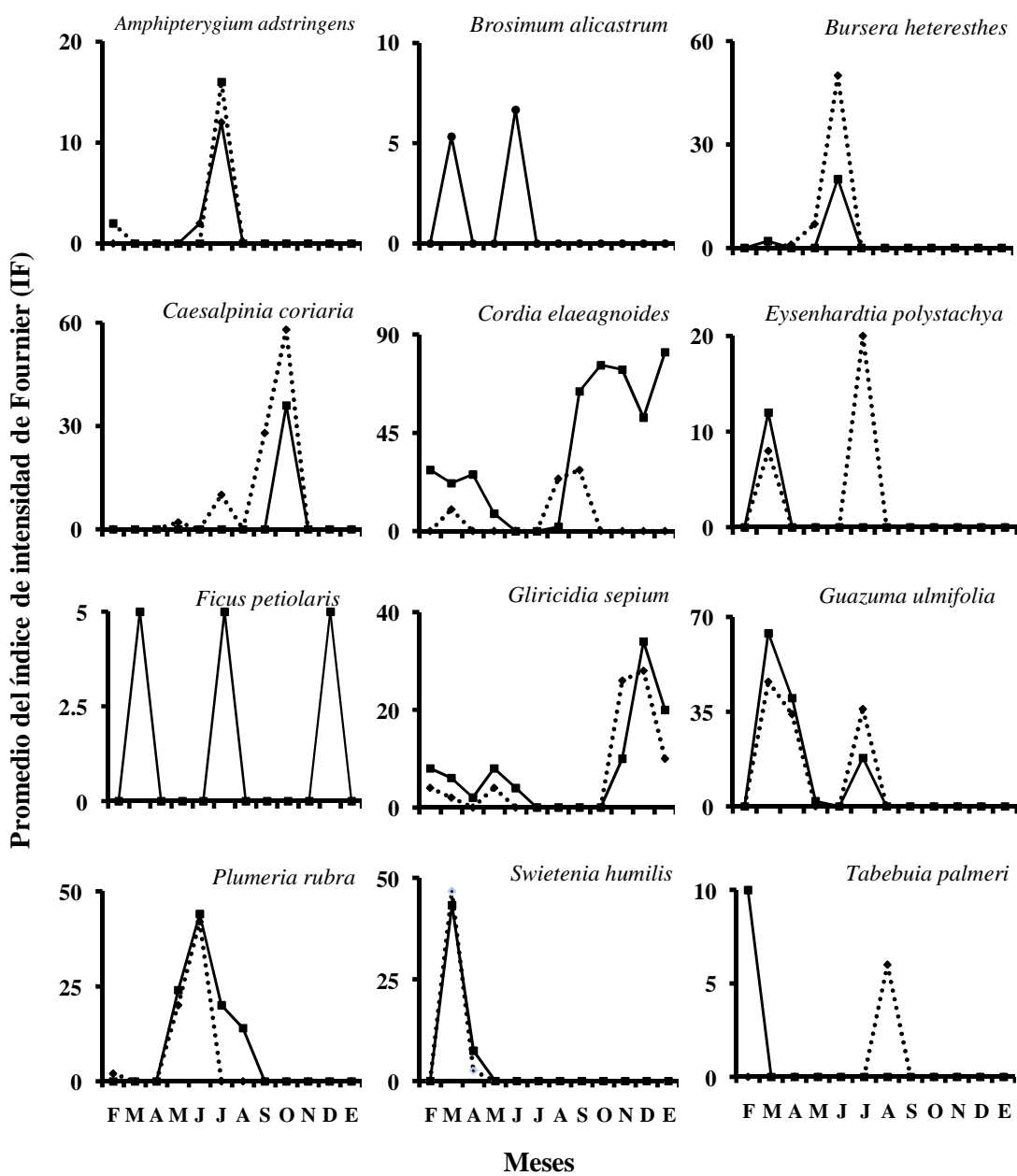
especie que presentó un mayor número de frutos jóvenes. Tres especies mostraron dos picos de actividad para ambos estadios de frutos (*Bursera*, *Heteroflorum* y *Plumeria*), mientras que *Cordia* sólo lo presentó para los maduros. Aunque la estacionalidad en esta fenofase fue evidente, *Amphipterygium*, *C. coriaria*, *Guazuma*, y *Ficus* presentaron frutos durante todo el año (Figura 7).

**Cuadro 3.** Promedio anual del índice de intensidad de Fournier de la producción de las fenofases vegetativas y reproductivas de 15 especies arbóreas del ejido Llano de Ojo de Agua, Michoacán. Abreviaturas: B = intensidad baja (menor de 20%), M = intensidad media (20-50%), A = intensidad alta (mayor de 50%), ND = no se observó esa fenofase, — = no se hizo distinción entre los estadios de desarrollo de hojas, flores y frutos.

Especie	Hoja		Flor		Fruto	
	joven	madura	joven	madura	joven	maduro
<i>Amphipterygium adstringens</i>	B (8.9)	M (28.5)	B (1.2)	B (1.5)	B (6.7)	B (16.2)
<i>Brosimum alicastrum</i>	—	A (89.7)	—	B (1)	—	B (8.3)
<i>Bursera heteresthes</i>	B (0.9)	M (33.5)	B (4.8)	B (1.8)	B (3.2)	B (3.3)
<i>Caesalpinia coriaria</i>	B (4.7)	A (76.8)	B (8.2)	B (3)	B (11.2)	B (6.3)
<i>Caesalpinia platyloba</i>	B (8.6)	A (64.7)	ND	ND	B (0.2)	B (3.7)
<i>Cordia elaeagnoides</i>	B (3.4)	A (69.8)	B (5.2)	M (36)	B (0.8)	M (30.7)
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	B (4)	A (62.7)	B (2.3)	B (1)	ND	ND
<i>Ficus petiolaris</i>	—	A (73.5)	—	B (1.3)	—	M (36.4)
<i>Gliricidia sepium</i>	B (3.6)	A (49.3)	B (6.2)	B (7.7)	B (10.2)	B (3)
<i>Guazuma ulmifolia</i>	B (11.3)	A (66.3)	B (9.7)	B (10.3)	B (5.7)	B (9.5)
<i>Heteroflorum sclerocarpum</i>	B (12.4)	M (35)	ND	ND	B (0.5)	B (7.3)
<i>Licania arborea</i>	B (2.6)	A (90.2)	ND	ND	ND	ND
<i>Plumeria rubra</i>	B (8.2)	M (26)	B (5.3)	B (8.5)	B (5.8)	B (7.5)
<i>Swietenia humilis</i>	B (4.8)	A (78.8)	B (4.1)	B (4.2)	B (3.2)	B (1.8)
<i>Tabebuia palmeri</i>	B (15.8)	A (55)	B (0.5)	B (0.8)	B (1)	B (4.2)
<b>TOTAL</b>	B (6.1)	A (60.4)	B (5.2)	B (6.9)	B (4.7)	B (11.2)

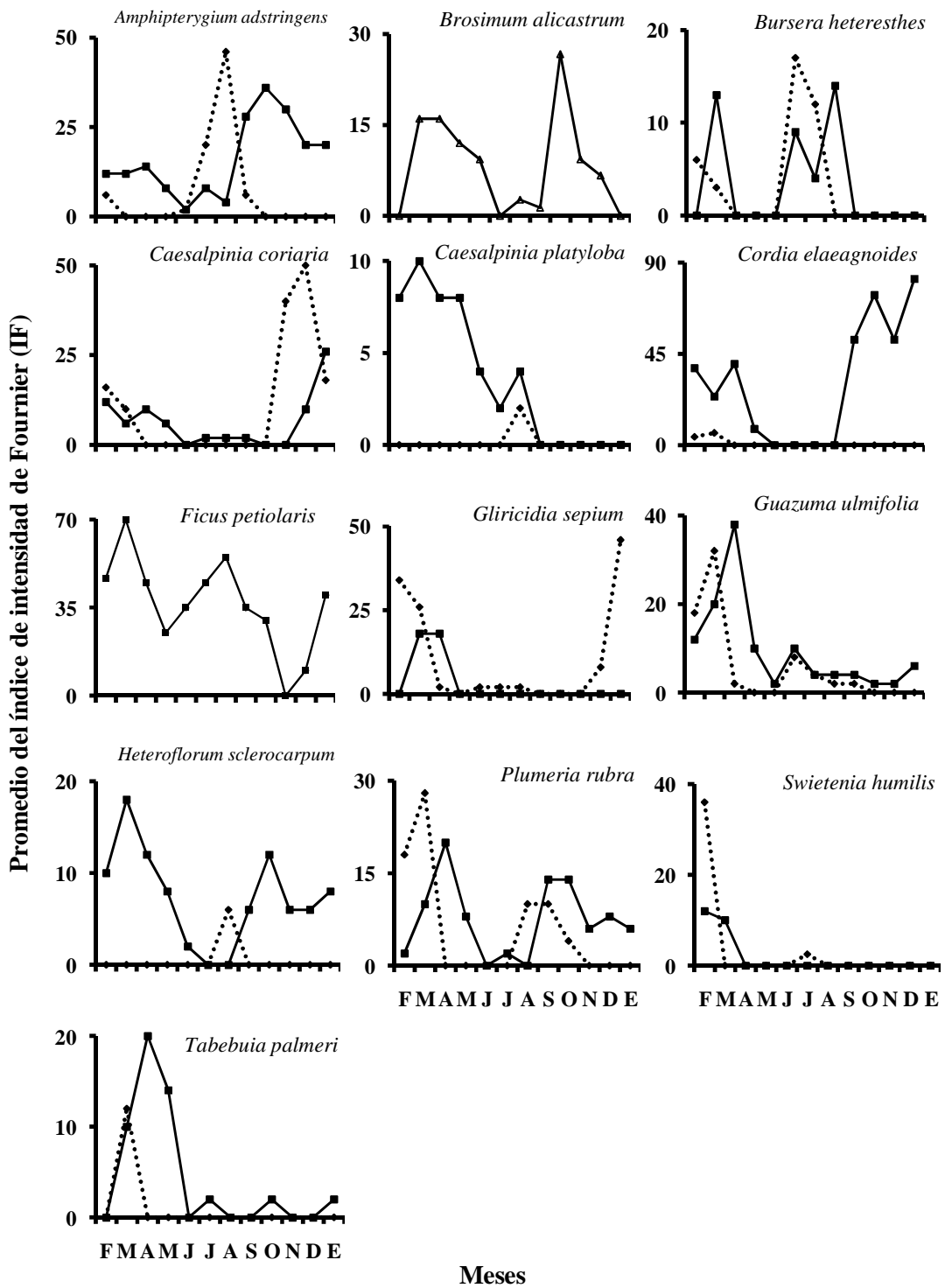


**Figura 5.** Intensidad promedio según el índice de Fournier en un ciclo anual de hojas jóvenes (rayas punteadas) y hojas maduras (rayas continuas) de 15 especies arbóreas del ejido Llano de Ojo de Agua, a lo largo de un ciclo anual, Michoacán, México.



**Figura 6.** Intensidad promedio según el índice de Fournier de la producción de botones florales (rayas punteadas) y flores en anthesis (rayas continuas), a lo largo de un ciclo anual, de 12 especies arbóreas del ejido Llano de Ojo de Agua, Michoacán, México.





**Figura 7.** Intensidad promedio según el índice de Fournier de la producción de frutos inmaduros (rayas punteadas) y frutos maduros (rayas continuas), a lo largo de un ciclo anual, de 13 especies arbóreas del ejido Llano de Ojo de Agua, Michoacán, México.

### 3.2.2 Duración

A nivel interespecífico, las hojas jóvenes y maduras se presentaron en promedio durante dos y diez meses, con una moda de 3.4 y 12, respectivamente (Cuadro 4). La duración de los botones florales y las flores en antesis fue de alrededor de un mes, aunque en estas últimas el tiempo de permanencia varió desde menos de un mes hasta poco más de ocho meses. El valor de cero en la moda, indica que en alguna de las especies evaluadas no se presentó esta fenofase. La duración de los frutos fue un poco mayor que la de las flores, ya que en promedio los frutos inmaduros estuvieron presentes durante 1.4 meses y los maduros 3.3, con un intervalo de duración mínimo y máximo de entre cero y nueve meses. Entre las seis fenofases analizadas, únicamente las hojas maduras pueden clasificarse en la categoría de duración extendida (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Duración promedio (en meses) de las fenofases de 15 especies arbóreas del ejido Llano de Ojo de Agua, Michoacán, México. Categorías: Breve = menor de 2, Intermedia = 2-5, Extendida = mayor de 5.

Fenofase	Media ( $\pm$ D.E.)	Moda	Mínimo-Máximo	Clasificación
Hoja joven	2.3 (1.4)	3.4	0.4 - 4.8	Intermedia
Hoja madura	9.9 (2.7)	11.9	4.8 - 11.9	Extendida
Botón floral	0.9 (0.9)	0	0 - 1.7	Breve
Flor en antesis	1.3 (2.1)	0	0 - 8.4	Breve
Fruto inmaduro	1.4 (1.3)	3	0 - 3.5	Breve
Fruto maduro	3.4 (2.7)	1.8	0 - 8.8	Intermedia

Aunque el promedio general de la duración de las hojas jóvenes fue intermedio, si se analiza este comportamiento a nivel de especie, en *Bursera*, *Cordia*, *Eysenhardtia*, *Gliricidia*, *Licania* y *Swietenia* la duración fue breve (Cuadro 5), presentando estas estructuras de uno a tres meses (promedio 0.4 - 1.8). En el resto de las especies la duración de las hojas jóvenes fue intermedia. Por el contrario, la duración de las hojas maduras fue

mayoritariamente extendida (mayor de cinco meses), excepto en *Amphipterygium* y *Plumeria*, para las cuales fue intermedia, con una variación de cuatro a seis meses (Cuadro 5).

La duración de la floración entre especies también fue diferente. En 12 especies fue breve tanto para los botones florales como para las flores en anthesis (Cuadro 6), con ocho especies coincidentes respecto a sus categorías de duración (seis breves y dos intermedias). Sólo *Cordia* presentó flores en anthesis por más de cinco meses. En ninguna de las especies se observó una marcada variación en la duración de las flores, presentándose únicamente entre uno y tres meses (Cuadro 6).

Con respecto a la fructificación, aunque la mayoría de las especies presentó frutos jóvenes durante menos de dos meses, *C. coriaria*, *Gliricidia*, *Guazuma* y *Plumeria* lo hicieron por una temporada más extendida (de dos a cinco meses; Cuadro 7). El estadio maduro de esta estructura se registró brevemente en cuatro especies, cinco en la categoría intermedia y sólo tres en forma extendida (*Amphipterygium*, *Cordia* y *Ficus*, Cuadro 7).

### 3.2.3 Estacionalidad

En general, se observaron hojas, flores y frutos en los dos estadios de desarrollo durante todo el año de estudio. No obstante, en cada estructura se presentó cierto grado de estacionalidad, excepto en las hojas maduras en donde la presencia fue muy homogénea a lo largo del año. Las hojas jóvenes se presentaron a principios de la época de lluvias (junio) y el de ambos estadios florales en la época seca (marzo). Los frutos inmaduros se observaron mayoritariamente en la época de lluvias (febrero y agosto) y los maduros durante la época seca (marzo y abril; Figura 8).

**Cuadro 5.** Duración en meses de la foliación de 15 especies arbóreas del ejido Llano de Ojo de Agua, Michoacán, México. En la primera fila de cada especie se indican los datos de las hojas jóvenes y en la segunda de las maduras. Categorías (meses): Breve = menor de 2, Intermedia = 2-5, Extendida = mayor de 5. — = no se hizo ninguna distinción entre los estadios de desarrollo.

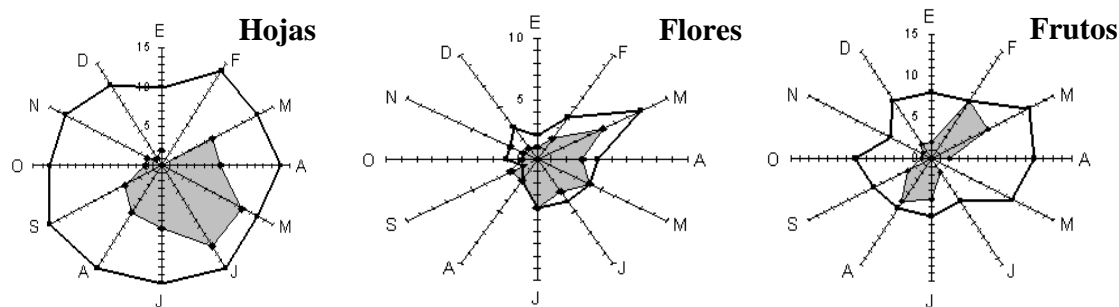
<b>Especie</b>	<b>Media (<math>\pm</math> D.E.)</b>	<b>Moda</b>	<b>Intervalo</b>	<b>Clasificación</b>
<i>Amphipterygium adstringens</i>	3 (1.1)	2	2-5	Intermedia
	5 (0.7)	5	4-6	Intermedia
<i>Brosimum alicastrum</i>	—	—	—	—
	11.7 (0.5)	12	11-12	Extendida
<i>Bursera heteresthes</i>	0.4 (0.5)	0	0-1	Breve
	5.6 (0.9)	5	4-8	Extendida
<i>Caesalpinia coriaria</i>	2 (0.8)	2	1-3	Intermedia
	11.9 (0.3)	12	12	Extendida
<i>Caesalpinia platyloba</i>	2.5 (0.9)	2	1-4	Intermedia
	11.6 (0.5)	12	11-12	Extendida
<i>Cordia elaeagnoides</i>	1.3 (1.3)	0	0-3	Breve
	11.9 (0.3)	12	11-12	Extendida
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	1.6 (0.5)	2	1-2	Breve
	11.8 (0.6)	12	10-12	Extendida
<i>Ficus petiolaris</i>	—	—	—	—
	11.5 (1)	12	10-12	Extendida
<i>Gliricidia sepium</i>	1.8 (0.8)	2	1-3	Breve
	10.3 (1.1)	11	9-12	Extendida
<i>Guazuma ulmifolia</i>	4 (1.4)	5	2-5	Intermedia
	11.9 (0.3)	12	11-12	Extendida
<i>Heteroflorum sclerocarpum</i>	3.4 (0.8)	4	2-4	Intermedia
	6 (1.2)	5	5-8	Extendida
<i>Licania arborea</i>	0.9 (1.1)	0	0-3	Breve
	12 (0)	12	12	Extendida
<i>Plumeria rubra</i>	3.4 (1)	4	2-5	Intermedia
	4.8 (0.6)	5	4-6	Intermedia
<i>Swietenia humilis</i>	0.9 (0.6)	1	0-2	Breve
	10.6 (1.1)	11	9-12	Extendida
<i>Tabebuia palmeri</i>	3.8 (1.5)	4	1-6	Intermedia
	8.8 (0.6)	9	8-10	Extendida

**Cuadro 6.** Duración en meses de la floración de 12 especies arbóreas del ejido Llano de Ojo de Agua, Michoacán, México. En la primera fila de cada especie se muestran los datos de los botones florales y en la segunda de las flores en antesis. Categorías (meses): Breve = menor de 2, Intermedia = 2-5, Extendida = mayor de 5, — = no se hizo ninguna distinción entre los estadios de desarrollo.

<b>Especie</b>	<b>Media (<math>\pm</math> D.E.)</b>	<b>Moda</b>	<b>Intervalo</b>	<b>Clasificación</b>
<i>Amphipterygium adstringens</i>	0.5 (0.5)	0	0-1	Breve
	0.5 (0.7)	0	0-2	Breve
<i>Brosimum alicastrum</i>	—	—	—	—
	0.4 (0.5)	0	0-1	Breve
<i>Bursera heteresthes</i>	1.4 (0.7)	1	0-3	Breve
	0.8 (0.6)	1	0-2	Breve
<i>Caesalpinia coriaria</i>	1.7 (0.9)	2	0-3	Breve
	0.8 (0.4)	1	0-1	Breve
<i>Cordia elaeagnoides</i>	2 (0.7)	2	1-3	Intermedia
	8.4 (0.8)	8	7-10	Extendida
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	0.9 (0.6)	1	0-2	Breve
	0.3 (0.5)	0	0-1	Breve
<i>Ficus petiolaris</i>	—	—	—	—
	0.8 (0.5)	1	0-1	Breve
<i>Gliricidia sepium</i>	2 (0.8)	2	1-3	Intermedia
	3.1 (1.7)	2	1-6	Intermedia
<i>Guazuma ulmifolia</i>	2.5 (0.7)	3	1-3	Intermedia
	2.8 (0.6)	3	2-4	Intermedia
<i>Plumeria rubra</i>	1.7 (0.7)	2	1-3	Breve
	3.2 (0.8)	3	2-4	Intermedia
<i>Swietenia humilis</i>	0.6 (0.7)	0	0-2	Breve
	0.8 (0.9)	0	0-2	Breve
<i>Tabebuia palmeri</i>	0.1 (0.3)	0	0-1	Breve
	0.5 (0.5)	0	0-1	Breve

**Cuadro 7.** Duración en meses de la fructificación de 13 especies arbóreas del ejido Llano de Ojo de Agua, Michoacán, México. En la primera fila de cada especie se muestran los valores de los frutos inmaduros y en la segunda los frutos maduros. Categorías (meses): Breve = menor de 2, Intermedia = 2-5, Extendida = mayor de 5, — = no se hizo ninguna distinción entre los estadios de desarrollo.

<b>Especie</b>	<b>Media (<math>\pm</math> D.E.)</b>	<b>Moda</b>	<b>Intervalo</b>	<b>Clasificación</b>
<i>Amphipterygium adstringens</i>	1.7 (1.6)	0	0-5	Breve
	6 (4.5)	8	0-12	Extendida
<i>Brosimum alicastrum</i>	—	—	—	—
	3.3(1.9)	1	1-7	Intermedia
<i>Bursera heteresthes</i>	0.8 (0.9)	0	0-3	Breve
	1.1 (0.9)	1	0-3	Breve
<i>Caesalpinia coriaria</i>	3 (2.2)	5	0-5	Intermedia
	2.9 (2.6)	1	0-8	Intermedia
<i>Caesalpinia platyloba</i>	0.1 (0.3)	0	0-1	Breve
	2.1 (2.4)	0	0-6	Intermedia
<i>Cordia elaeagnoides</i>	0.3 (0.4)	0	0-1	Breve
	7.1 (0.8)	8	6-8	Extendida
<i>Ficus petiolaris</i>	—	—	—	—
	8.8 (1.3)	9	7-10	Extendida
<i>Gliricidia sepium</i>	3.5 (0.7)	3	3-5	Intermedia
	1.8 (0.4)	2	1-2	Breve
<i>Guazuma ulmifolia</i>	2.6 (1)	2	2-5	Intermedia
	4.3 (3.3)	3	1-11	Intermedia
<i>Heteroflorum sclerocarpum</i>	0.2 (0.4)	0	0-1	Breve
	3.7 (3.2)	5	0-9	Intermedia
<i>Plumeria rubra</i>	3 (0.5)	3	2-4	Intermedia
	4.2 (2)	5	1-7	Intermedia
<i>Swietenia humilis</i>	0.6 (0.7)	0	0-2	Breve
	0.8 (0.9)	0	0-2	Breve
<i>Tabebuia palmeri</i>	0.5 (0.5)	1	0-1	Breve
	1.8 (1.6)	3	0-4	Breve



**Figura 8.** Estacionalidad de las diferentes fenofases observadas en 15 especies a lo largo de un ciclo anual en el área de estudio. El área en gris claro representa los estadios de desarrollo jóvenes y la que carece de color, la etapa madura.

A nivel intraespecífico, las hojas jóvenes presentaron generalmente un comportamiento estacional. Al inicio de la temporada de lluvias (junio), se observó el mayor número de individuos en *Amphipterygium*, *C. coriaria*, *C. platyloba*, *Cordia*, *Eysenhardtia*, *Gliricidia* y *Tabebuia*, mientras que en la temporada seca lo hicieron *Guazuma*, *Heteroflorum* y *Plumeria* (Cuadro 8). Trece especies presentaron hojas maduras a lo largo de todo el año y únicamente *Heteroflorum* y *Plumeria* las mostraron en mayor proporción en junio (Cuadro 8).

La estacionalidad de la floración entre especies fue heterogénea. A principios de la época de lluvias (finales de junio) *Amphipterygium*, *Bursera*, *Eysenhardtia* y *Plumeria* presentaron un mayor número de individuos con botones florales, mientras que en la época seca se observó esta tendencia en *Gliricidia*, *Guazuma* y *Swietenia* (Cuadro 9). La presencia de este estadio en *Tabebuia* fue muy incipiente y por ello no presentó una estacionalidad significativa. Con respecto a las flores en anthesis, en la época de lluvias (junio) *Amphipterygium*, *Bursera* y *Plumeria* presentaron su mayor actividad (Cuadro 9) y éstas se incrementaron de manera significativa para más especies en la temporada seca (*Brosimum*, *Cordia*, *Eysenhardtia*, *Gliricidia*, *Guazuma*, *Swietenia* y *Tabebuia*). Sólo en

seis especies (*Amphipterygium*, *Bursera*, *Plumeria*, *Swietenia*, *Gliricidia* y *Guazuma*) se observó una coincidencia en la estacionalidad entre los botones florales y las flores en anthesis.

La estacionalidad en la fructificación fue diferente entre especies (Cuadro 10). La producción de frutos inmaduros en la época de lluvias se registró en dos especies (*Amphipterygium* y *Bursera*), en tanto que en *C. coriaria*, *Gliricidia*, *Guazuma*, *Swietenia* y *Tabebuia* los presentaron en la época de secas. En el resto de las especies, la estacionalidad no fue significativa, ya sea porque la producción de estas estructuras fue incipiente (*C. platyloba* y *Heteroflorum*), o porque se presentaron en más de una época del año (*Cordia* y *Plumeria*). Con respecto a la estacionalidad de los frutos maduros, la actividad fue significativa en la época seca para seis especies; en tanto que en *Amphipterygium*, *Bursera*, *Brosimum*, *Ficus* y *Plumeria*, no resultó significativa ya que presentaron estas estructuras en varios momentos del año.

#### 3.2.4 Sincronía

De acuerdo con el número de individuos observados en sus distintas fenofases, la sincronía en la producción de hojas, flores y frutos fue diferente entre especies. Con excepción de *Licania*, la producción de hojas jóvenes fue asincrónica o con baja sincronía en las especies observadas (Cuadro 11). En cuanto a la producción de las hojas maduras, la categoría sincrónica fue la más frecuente (9 especies) y destaca el hecho que nuevamente *Licania* fue la única la que mostró un comportamiento distinto. El grado de sincronía en la producción de hojas maduras siempre se incrementó con respecto a lo evaluado en el estadio inmaduro (Cuadro 11).



**Cuadro 8.** Resultados de la estadística circular para evaluar la estacionalidad de la foliación de 15 especies arbóreas del ejido Llano de Ojo de Agua, Michoacán, México, durante un ciclo anual. En la primera fila de cada especie se muestran los datos de hojas jóvenes y en la segunda los correspondientes a las maduras. \* = estacionalidad significativa ( $P < 0.05$ ), — = no se hizo ninguna distinción entre los estadios de desarrollo.

Especie	Ángulo medio ( $\alpha$ )	Estacionalidad ( $r$ )	Rayleigh ( $z$ )
<i>Amphipterygium adstringens</i>	156.2 (inicio de junio)	0.8	21.3*
	161.6	0.2	2.16
<i>Brosimum alicastrum</i>	—	—	—
	150.9	0.02	0.1
<i>Bursera heteresthes</i>	168.7	0.6	2.3
	156.4 (inicio de junio)	0.5	32.8*
<i>Caesalpinia coriaria</i>	160 (mitad de junio)	0.9	14.8*
	176.6	0.01	0.01
<i>Caesalpinia platyloba</i>	166.7 (mitad de junio)	0.8	14.4*
	162.1	0.02	0.06
<i>Cordia elaeagnoides</i>	168.4(mitad de junio)	0.9	10.7*
	26.9	0.01	0.01
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	157.5 (inicio de junio)	0.7	9.5*
	163.3	0.02	0.03
<i>Ficus petiolaris</i>	—	—	—
	105.2	0.03	0.04
<i>Gliricidia sepium</i>	155.7 (inicio de junio)	0.7	8.5*
	159.3	0.1	1.4
<i>Guazuma ulmifolia</i>	117.6 (final de abril)	0.6	13.1*
	176.6	0.01	0.01
<i>Heteroflorum sclerocarpum</i>	124.8 (inicio de mayo)	0.8	23.6*
	143.9 (fin de mayo)	0.6	21.6*
<i>Licania arborea</i>	50.1	0.5	1.4
	90	0	0
<i>Plumeria rubra</i>	141.9 (mitad de mayo)	0.8	22.4*
	175.9 (fin de julio)	0.7	23.6*
<i>Swietenia humilis</i>	92.4	0.3	0.8
	161.7	6.1	1.2
<i>Tabebuia palmeri</i>	164.6 (mitad de junio)	0.7	16.9*
	174.8	0.1	1.6

**Cuadro 9.** Resultados de la estadística circular para evaluar la estacionalidad de la floración de quince especies arbóreas del ejido Llano de Ojo de Agua, Michoacán, México durante un ciclo anual. En la primera fila de cada especie se muestran los botones florales y en la segunda las flores en antesis. \* = estacionalidad significativa ( $P < 0.05$ ), — = no se hizo ninguna distinción entre los estadios de desarrollo.

<b>Especie</b>	<b>Ángulo medio (<math>\alpha</math>)</b>	<b>Estacionalidad (<math>r</math>)</b>	<b>Rayleigh (<math>z</math>)</b>
<i>Amphipterygium adstringens</i>	174.1 (fin de junio)	1	4.8*
	170.9 (fin de junio)	0.6	2*
<i>Brosimum alicastrum</i>	—	—	—
	86.6 (fin de marzo)	0.8	3.3*
<i>Bursera heteresthes</i>	140.3 (fin de junio)	1	24.9*
	141.9 (fin de junio)	0.88	12.5*
<i>Caesalpinia coriaria</i>	114.1 (fin de mayo)	0.79	10.7*
	90 (inicio de abril)	1	8*
<i>Cordia elaeagnoides</i>	135.2 (mitad de mayo)	0.7	9.1*
	12.7 (mitad de enero)	0.4	10.9*
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	173.4 (fin de junio)	0.8	6.3*
	59.9 (inicio de marzo)	1	2.9*
<i>Ficus petiolaris</i>	—	—	—
	45	0.2	0.09
<i>Gliricidia sepium</i>	14.2 (inicio de enero)	0.7	9.4*
	0.8 (inicio de enero)	0.5	8.8*
<i>Guazuma ulmifolia</i>	98.5 (inicio de abril)	0.7	11.5*
	97.3 (inicio de abril)	0.7	13.8*
<i>Plumeria rubra</i>	135.3 (mitad de junio)	0.9	13.6*
	165.9 (mitad de junio)	0.9	23.7*
<i>Swietenia humilis</i>	65.9 (inicio de marzo)	0.9	4.8*
	69.9 (inicio de marzo)	0.9	5.6*
<i>Tabebuia palmeri</i>	150	1	1
	30 (inicio de febrero)	1	4.9*

**Cuadro 10.** Resultados de la estadística circular para evaluar la estacionalidad de la fructificación de quince especies arbóreas del ejido Llano de Ojo de Agua, Michoacán, México durante un ciclo anual. En la primera fila de cada especie se muestran los frutos inmaduros y en la segunda los maduros. \* = estacionalidad significativa ( $P < 0.05$ ), — = no se hizo ninguna distinción entre los estadios de desarrollo.

Especie	Ángulo medio ( $\alpha$ )	Estacionalidad ( $r$ )	Rayleigh ( $z$ )
<i>Amphipterygium adstringens</i>	159.4 (inicio de junio)	0.7	7.9*
	8.3	0.2	2.3
<i>Brosimum alicastrum</i>	—	—	—
	62.6	0.1	0.9
<i>Bursera heteresthes</i>	158.7 (inicio de junio)	0.4	2.4*
	92.6	0.2	1.2
<i>Caesalpinia coriaria</i>	5.7 (inicio de enero)	0.8	16.7*
	36.9 (inicio de febrero)	0.5	8.3*
<i>Caesalpinia platyloba</i>	150	1	1
	94.4 (inicio de abril)	0.6	8*
<i>Cordia elaeagnoides</i>	39.9	1	2.8
	10.4 (inicio de enero)	0.5	18.2*
<i>Ficus petiolaris</i>	—	—	—
	127.3	0.06	0.1
<i>Gliricidia sepium</i>	29.2 (fin de febrero)	0.7	18.2*
	75 (fin de abril)	1	16.8*
<i>Guazuma ulmifolia</i>	64.9 (inicio de marzo)	0.4	4.9*
	86.1 (fin de marzo)	0.4	6.2*
<i>Heteroflorum sclerocarpum</i>	149.9	0.9	1.9
	31.3 (inicio de febrero)	0.3	3.9*
<i>Plumeria rubra</i>	30.3	0.3	0.3
	14.9	0.3	0.4
<i>Swietenia humilis</i>	39.1 (mitad de febrero)	0.6	2.5*
	45 (mitad de febrero)	0.9	5.6*
<i>Tabebuia palmeri</i>	59.9 (inicio de marzo)	1	4.9*
	92.2 (inicio de abril)	0.7	9.1*

Con respecto a la floración, la presencia simultánea en ambos estadios de las estructuras florales fue poco sincrónica en *Bursera*, *C. coriaria*, *Guazuma* y *Plumeria*, asincrónica en *Gliricidia* y sincrónica en *Swietenia* (Cuadro 11). En *Amphipterygium*, *Cordia* y *Eysenhardtia* las flores jóvenes y las maduras mostraron un comportamiento asincrónico y poco sincrónico, respectivamente. En los individuos de *Tabebuia* la producción de botones florales fue muy incipiente, por lo que no fue posible calcular su índice de sincronía; sin embargo, sus flores en antesis se presentaron de manera asincrónica, al igual que las de *Brosimum*.

La sincronía de la fructificación también fue muy heterogénea entre las especies monitoreadas (Cuadro 11). Por ejemplo, los frutos inmaduros se presentaron asincrónicamente en cinco especies (*Bursera*, *Cordia*, *Guazuma*, *Plumeria* y *Tabebuia*) y el mismo número desplegó poca sincronía (*C. coriaria*, *Gliricidia*, *Heteroflorum* y *Swietenia*). En cambio, la presencia de frutos maduros fue asincrónica en 10 especies y poco sincrónica en *Amphipterygium*, *Cordia* y *Ficus*.

### 3.2.5 Frecuencia

La frecuencia de los eventos fenológicos nuevamente difirió entre las 15 especies (Cuadro 12). La presencia de hojas jóvenes fue anual en seis especies y subanual en siete. Aunque cabe resaltar que dado que en febrero no se evaluó la presencia de hojas jóvenes, es probable que la mayoría de las especies mostrara una frecuencia subanual en la producción de estas estructuras. Por otro lado, las hojas maduras se observaron de manera continua en la mayoría de las especies, excepto en *Amphipterygium*, *Bursera*, y *Plumeria*, que mostraron una frecuencia subanual y sólo en *Heteroflorum* fue anual.

**Cuadro 11.** Índice de sincronía de la foliación, floración y fructificación en sus diferentes estadios de desarrollo de 15 especies arbóreas del ejido Llano de Ojo de Agua, Michoacán, México. Abreviaturas: A = asincrónico (menor de 0.25), B = baja sincronía (0.26-0.5), S = sincrónico (0.51-0.75), iv), M = muy sincrónico (0.76-1), — = no se evaluó la presencia de estas estructuras, ND = no se observó la fenofase, o no fue posible calcular el índice dado que los datos fueron insuficientes.

Especie	Hoja		Flor		Fruto	
	joven	madura	joven	madura	joven	maduro
<i>Amphipterygium adstringens</i>	A (0.2)	B (0.4)	A (0.16)	B (0.36)	B (0.36)	B (0.26)
<i>Brosimum alicastrum</i>	—	B (0.4)	—	A (0.11)	—	A (0.15)
<i>Bursera heteresthes</i>	B (0.04)	S (0.7)	B (0.42)	B (0.26)	A (0.14)	A (0.16)
<i>Caesalpinia coriaria</i>	A (0.19)	B (0.45)	B (0.45)	B (0.43)	B (0.38)	A (0.16)
<i>Caesalpinia platyloba</i>	B (0.36)	S (0.66)	ND	ND	ND	A (0.13)
<i>Cordia elaeagnoides</i>	A (0.2)	S (0.68)	A (0.23)	B (0.4)	A (0.07)	B (0.48)
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	A (0.17)	S (0.62)	A (0.24)	B (0.33)	ND	ND
<i>Ficus petiolaris</i>	—	B (0.45)	—	ND	—	B (0.36)
<i>Gliricidia sepium</i>	A (0.14)	S (0.53)	A (0.18)	A (0.18)	B (0.31)	A (0.18)
<i>Guazuma ulmifolia</i>	B (0.26)	S (0.53)	B (0.35)	B (0.4)	A (0.19)	A (0.17)
<i>Heteroflorum sclerocarpum</i>	B (0.33)	S (0.7)	ND	ND	B (0.28)	A (0.15)
<i>Licania arborea</i>	S (0.53)	M (0.9)	ND	ND	ND	ND
<i>Plumeria rubra</i>	A (0.22)	S (0.63)	B (0.34)	B (0.26)	A (0.17)	A (0.13)
<i>Swietenia humilis</i>	B (0.25)	B (0.36)	S (0.68)	S (0.51)	B (0.44)	A (0.13)
<i>Tabebuia palmeri</i>	B (0.4)	S (0.71)	ND	A (0.2)	A (0.14)	A (0.17)

De las diez especies que presentaron botones florales, en seis el patrón fue anual y en *C. coriaria*, *Cordia*, *Gliricidia* y *Guazuma* fue subanual (Cuadro 12). Las flores maduras sólo se presentaron de manera continua en *Cordia* y subanual en *Guazuma*, mientras que en el resto de las especies la producción fue continua. Por otro lado, la presencia de frutos inmaduros en la mayoría de las especies fue anual, aunque en *Amphipterygium*, *Bursera*, *Guazuma* y *Plumeria* fue subanual; en ninguna de las especies se observó esta estructura por más de diez meses de manera continua (Cuadro 12). Los frutos maduros se presentaron de manera más heterogénea a lo largo del año. En *Amphipterygium*, *Ficus*, *Guazuma* y

*Heteroflorum* se observaron de manera continua, subanual para *Brosimum*, *Bursera* y *Plumeria* y anual para el resto de las especies.

**Cuadro 12.** Frecuencia de la foliación, floración y fructificación en sus diferentes estadios de desarrollo de 15 especies arbóreas del ejido Llano de Ojo de Agua, Michoacán. Categorías: Anual = un sólo evento fenológico breve a lo largo del año, Subanual = dos eventos fenológicos discontinuos a lo largo del año, Continua = actividad fenológica continua por más de diez meses. ND = no se presentaron esas estructuras.

Especie	Hoja		Flor		Fruto	
	joven	madura	joven	madura	joven	maduro
<i>Amphipterygium adstringens</i>	Anual	Subanual	Anual	Anual	Subanual	Continua
<i>Brosimum alicastrum</i>	—	Continua	—	Anual	—	Subanual
<i>Bursera heteresthes</i>	Subanual	Subanual	Anual	Anual	Subanual	Subanual
<i>Caesalpinia coriaria</i>	Subanual	Continua	Subanual	Anual	Anual	Anual
<i>Caesalpinia platyloba</i>	Anual	Continua	ND	ND	Anual	Anual
<i>Cordia elaeagnoides</i>	Anual	Continua	Subanual	Continua	Anual	Subanual
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Subanual	Continua	Anual	Anual	ND	ND
<i>Ficus petiolaris</i>	—	Continua	—	Anual	—	Continua
<i>Gliricidia sepium</i>	Subanual	Continua	Subanual	Anual	Anual	Anual
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Subanual	Continua	Subanual	Subanual	Subanual	Continua
<i>Heteroflorum sclerocarpum</i>	Anual	Anual	ND	ND	Anual	Continua
<i>Licania arborea</i>	Subanual	Continua	ND	ND	ND	ND
<i>Plumeria rubra</i>	Anual	Subanual	Anual	Anual	Subanual	Subanual
<i>Swietenia humilis</i>	Subanual	Continua	Anual	Anual	Anual	Anual
<i>Tabebuia palmeri</i>	Anual	Continua	Anual	Anual	Anual	Anual

### 3.3 Identificación y selección de árboles semilleros

#### 3.3.1 Identificación de unidades ambientales

Se identificaron seis unidades ambientales de acuerdo con la energía potencial que recibe el terreno y el gradiente altitudinal presente en el área de estudio. La distribución y la superficie que abarcaron estas unidades no fue homogénea, ya que con respecto a la

extensión total del ejido (2,764 ha), la unidad I, que es donde se presenta una insolación y elevación baja, abarcó sólo 3.6%, mientras que la unidad III, en donde hay una insolación media y elevación baja, ocupó 46.2%. Las zonas que reciben poca insolación abarcaron una menor extensión dentro del ejido (Cuadro 13, Figura 9).

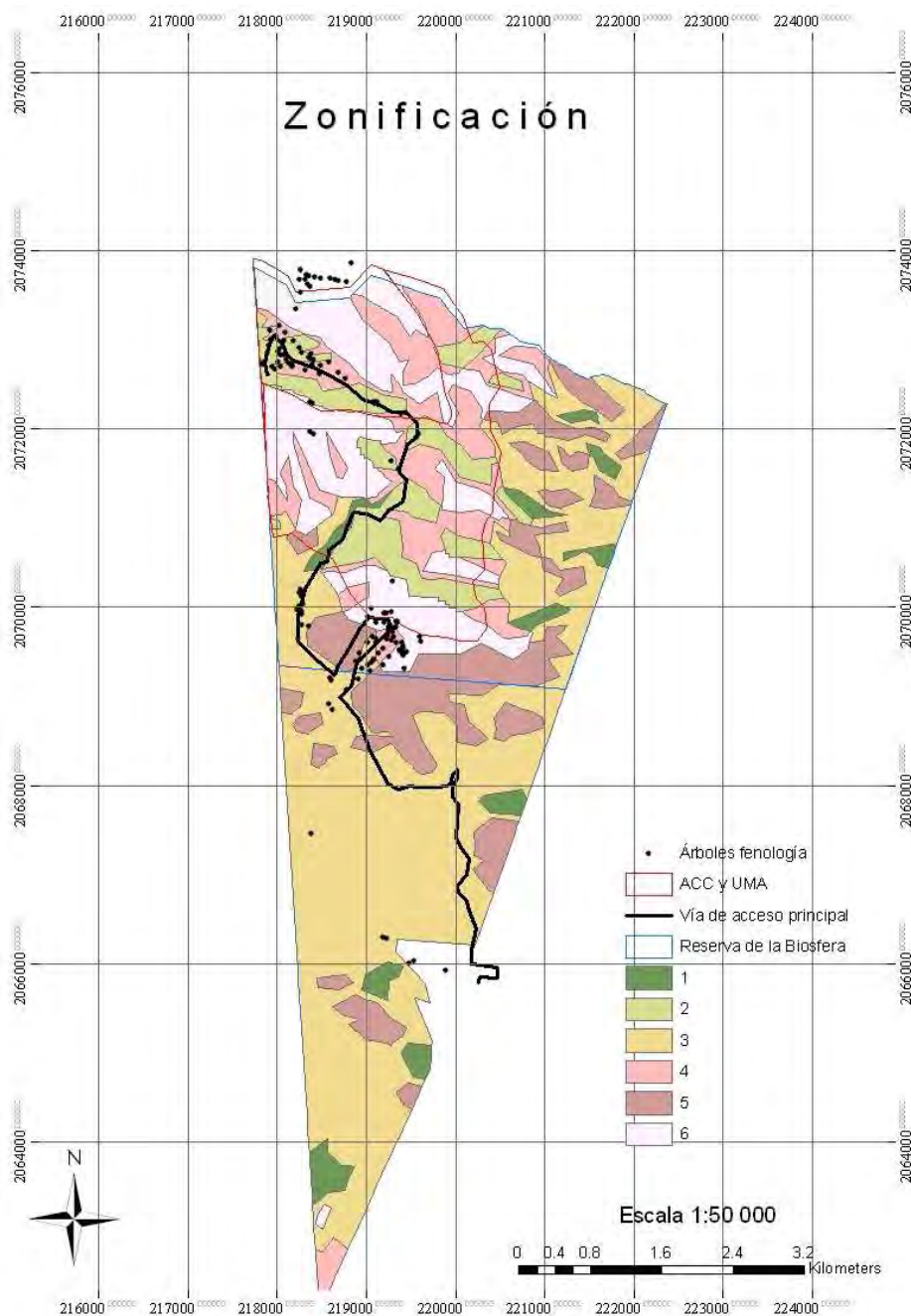
**Cuadro 13.** Características de las unidades ambientales identificadas dentro del área de estudio. La insolación que recibe el terreno se presenta en tres categorías (kW/hm<sup>2</sup>): Baja = 472.6-820, Media = 820-1,167 y Alta = 1,167-1,514. La elevación (m s.n.m.) se presenta en dos categorías: Baja = 70-735 y Alta = 735-1400.

Unidad ambiental	Toponimia	Insolación	Elevación	Área (Ha)
I	Límite UMA	Baja	Baja	100.48
II	El Salate	Baja	Alta	224.9
III	El Guaricho	Media	Baja	1,276.06
IV	El Limón	Media	Alta	334.32
V	El Mango	Alta	Baja	391.47
VI	El Fandango	Alta	Alta	436.39

### 3.3.2 Caracterización de la variación fenotípica

La caracterización fenotípica se basó en la evaluación de la altura, el área basal, la cobertura y la forma de la copa de los 858 individuos muestreados de las 15 especies seleccionadas (Apéndice III). Con base en los valores obtenidos de estas características se calculó un índice de tamaño (IT) para cada individuo, que permite identificar a los individuos que presentan superioridad fenotípica con respecto a la población muestreada, sin darle un mayor peso a ninguna de las características evaluadas.

El cálculo del IT mostró que el intervalo de variación en las clases de tamaño de las 15 especies de estudio fue amplio (Figura 10). Este rango está dado por las características evaluadas en cada muestra; por lo tanto, en cada conjunto de datos, los valores mínimos y máximos son diferentes. En este caso, la media del IT para todas las especies fue de 0.03, y aunque el intervalo de variación fue de -4 a 11, la mayoría de las especies mostró valores



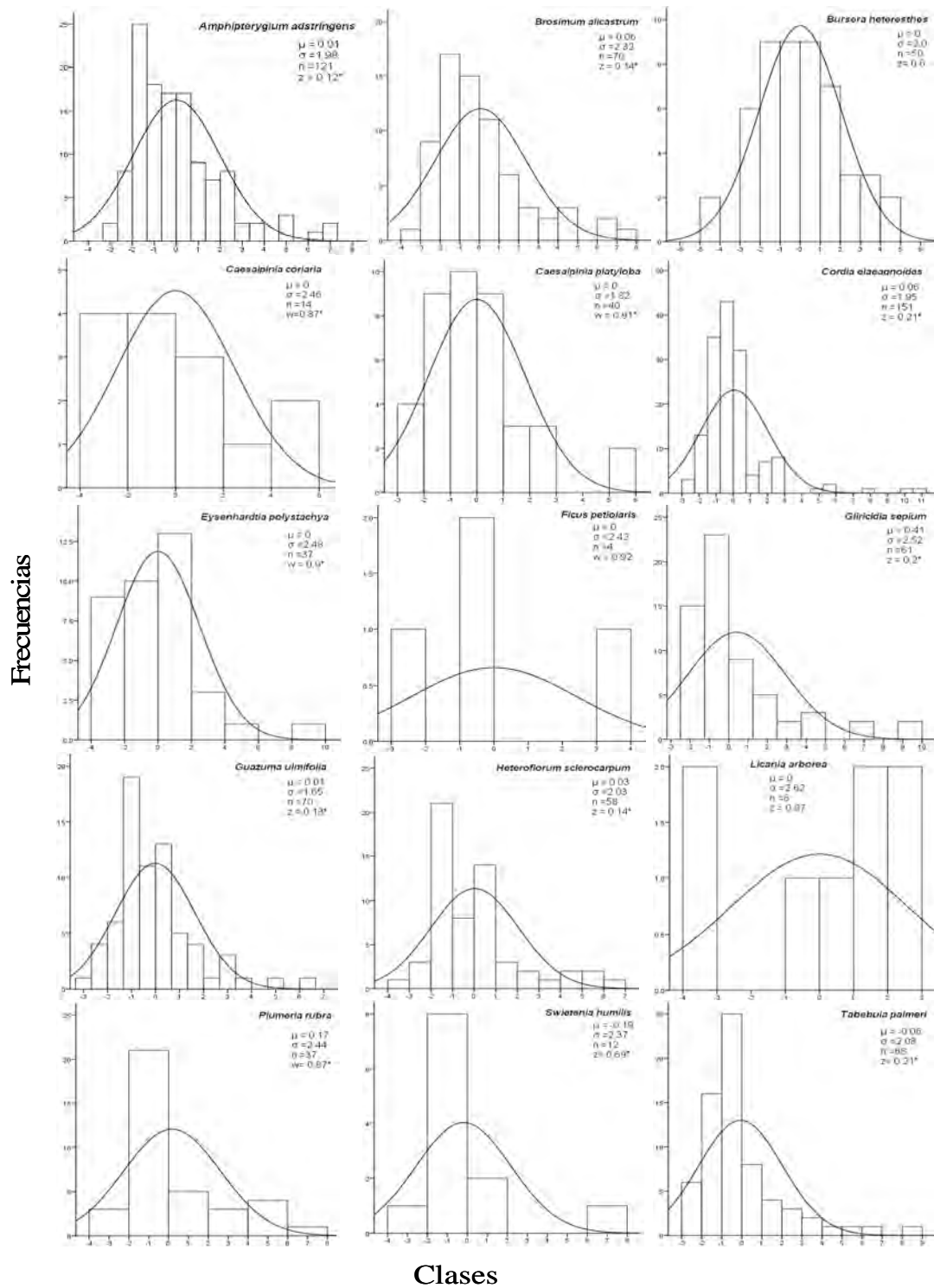
**Figura 9.** Reconocimiento de unidades ambientales dentro del área de estudio con en base la insolación que recibe el terreno y el gradiente altitudinal. 1 = insolación alta-elevación baja; 2 = insolación alta-elevación alta, 3 = insolación media-elevación baja; 4 = insolación media-elevación alta, 5 = insolación baja-elevación baja, 6 = insolación baja-elevación alta. Se muestra la vía de acceso principal al área de estudio, los árboles marcados para el seguimiento fenológico y los límites del área de conservación comunitaria, la unidad de manejo ambiental, así como la zona del ejido que pertenece a la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo.



agrupados en las clases con valores de -3 a 5. Estos datos muestran que aunque hubo un mayor número de individuos que se concentraron en las clases inferiores a la media poblacional del IT, el extremo derecho de la distribución presenta una mayor variación. Esto indica que el tamaño de los individuos con valores mayores a la media poblacional, es mucho más variable.

Si se analizan los valores del IT a nivel de especie, se observa que en algunas como *Cordia*, *Eysenhardtia* y *Gliricidia* se encontraron árboles de tamaños muy disímiles entre sí, con individuos que se clasificaron en casi todas las clases (-3.5 a 11), en tanto que en especies como *Ficus*, *C. coriaria* y *Guazuma* el intervalo de variación fue menor, lo que muestra que el tamaño de los árboles de estas especies es más uniforme entre sí (Figura 10). Es importante señalar, que dado que el cálculo de este índice está basado en los parámetros de cada conjunto de datos, los valores del IT no son comparables entre especies.

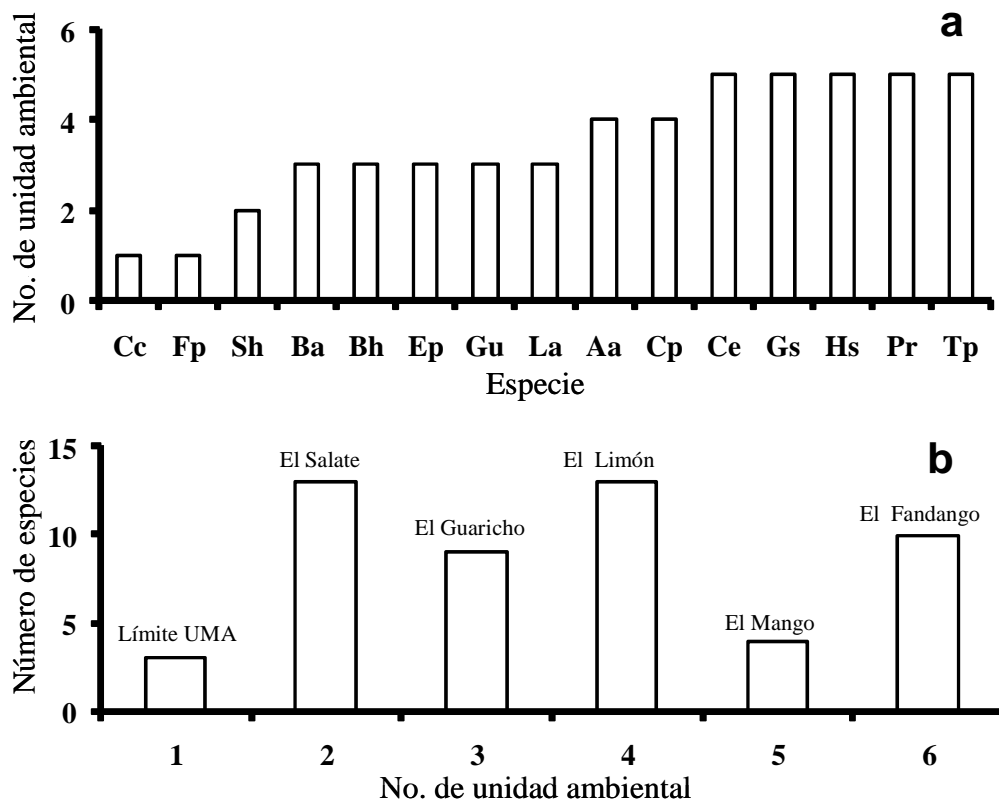
De acuerdo con las pruebas de normalidad, sólo *Bursera*, *Ficus* y *Licania* presentaron una distribución normal. El resto de las especies presentó una distribución asimétrica con cierto sesgo hacia las clases de menor tamaño ( $IT < 0$ ), lo que indica que en la mayoría de las especies hay una mayor proporción de individuos con tamaños menores con respecto a la media poblacional y los individuos de gran tamaño son raros ( $IT > 4$ ; Figura 10). La frecuencia de individuos clasificados en las clases iguales o mayores a cero permitió seleccionar a los individuos que dadas sus características fenotípicas tienen potencial como árboles semilleros.



**Figura 10.** Histogramas del índice de tamaño de 15 especies arbóreas del ejido Llano de Ojo de Agua Michoacán, México. En cada caso, se muestra la curva normal,  $\mu$  = media de la muestra,  $\sigma$  = desviación estándar de la muestra,  $n$  = número de la muestra,  $z$  = prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov,  $w$  = prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, \* =  $P < 0.05$ .

### 3.3.3 Distribución y abundancia

Para evaluar la distribución de los individuos muestreados, de los 858 se mapeó la ubicación de 789. Nueve especies se encontraron en cuatro o cinco de las unidades ambientales identificadas (Figura 11a), en tanto que *Swietenia* se registró en dos y *C. coriaria* y *Ficus* sólo en una. En las áreas más altas del ejido, donde la insolación fluctúa de baja a intermedia (unidades ambientales II y IV), el número de especies evaluadas fue mayor en comparación con la que se encontraron en las áreas bajas (unidades ambientales I y V; Figura 11b).



**Figura 11.** a = Número de unidades ambientales en donde se encuentra cada especie, b = Número de especies por unidad ambiental. Abreviaturas: Cc = *Caesalpinia coriaria*, Fp = *Ficus petiolaris*, Sh = *Swietenia humilis*, Ba = *Brosimum alicastrum*, Bh = *Bursera heteresthes*, Ep = *Eysenhardtia polystachya*, Gu = *Guazuma ulmifolia*, La = *Licania arborea*, Aa = *Amphipterygium adstringens*, Cp = *Caesalpinia platyloba*, Ce = *Cordia elaeagnoides*, Gs = *Gliricidia sepium*, Hs = *Heteroflorum sclerocarpum*, Pr = *Plumeria rubra* y Tp = *Tabebuia palmeri*.

Con respecto a la abundancia, se observó que de las 15 especies de estudio, cuatro están representadas por menos de 15 individuos (*C. coriaria*, *Ficus*, *Licania* y *Swietenia*), mientras que otras presentan más de 120 (*Amphipterygium* y *Cordia*; Cuadro 14). No se encontró una relación significativa entre el área que abarcan las unidades ambientales y la abundancia de individuos presentes en ellas ( $R^2 = 0.83$ ,  $P > 0.05$ ).

### 3.3.4 Selección de árboles semilleros

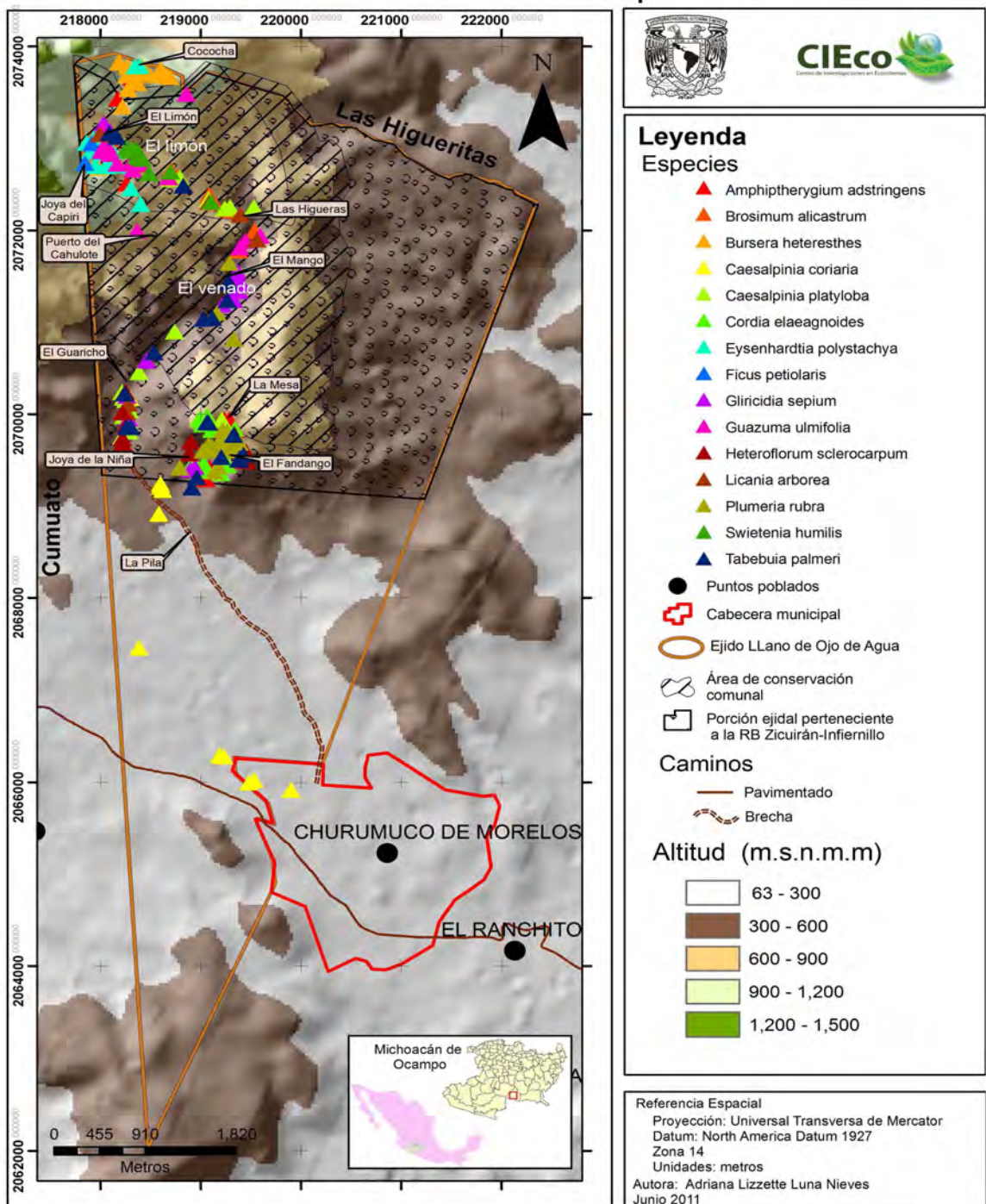
Los árboles semilleros se ubican a lo largo de toda la vereda principal, la cual tiene una extensión de 15.3 km partiendo desde los linderos del poblado hasta el límite norte del ejido. En este trayecto se recorre un gradiente altitudinal que va de 200 a 1,100 m (Figura 12). En los primeros 4.5 km del camino sólo es posible encontrar individuos de *C. coriaria* que se ubican en las partes bajas del ejido dedicadas a la agricultura. Después, en La Joya de la Niña, El Fandango y La Mesa, que son zonas que también se encuentran a baja altitud (300 y 600 m) y que no pertenecen a las áreas de conservación comunitaria, pero que forman parte de la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo, se localizan especies con una distribución restringida a estos sitios como *C. platyloba*, *Heteroflorum* y *Plumeria*, así como la mayor concentración de individuos de *Amphipterygium*. Continuando el trayecto, dentro del área de conservación comunitaria El Venado de la Coccocha, se ubican las zonas denominadas El Guaricho y El Mango (entre los 300 y 600 m s.n.m.), en donde comienzan a encontrarse individuos de *Cordia*, *Gliricidia*, *Guazuma* y *Licania*, que extienden su área de distribución hasta El Limón, a una altitud de alrededor de 950 m. En los límites del área de conservación comunitaria El Limón (580 m de altitud) hay pequeños parches de selva mediana subcaducifolia en donde se ubican principalmente individuos de *Brosimum* y *Swietenia*. Por último, en las zonas más altas e

inaccesibles del ejido, la Joya del Capiri y el filo que conduce al cerro La Coccocha, se encuentran *Ficus* y *Bursera*, respectivamente, restringidas a estos sitios dentro del área que abarca el ejido (Figura 12).

Para algunas especies que presentaron una distribución amplia como *Gliricidia* y *Tabebuia*, se observó que los árboles semilleros mostraron el mismo patrón de distribución que la población general. En cambio, en otras especies, los individuos con características sobresalientes se concentraron en ciertas unidades ambientales. Por ejemplo, los árboles semilleros seleccionados de *Amphipterygium* y *Cordia* se encontraron mayoritariamente en las unidades ambientales IV y VI (Cuadro 14). Por otro lado, se observó que en las unidades III y V fue donde se concentró el mayor número de individuos sobresalientes de varias especies, por ejemplo, en la primera de ellas, de los 83 individuos encontrados, 67.4% fueron elegidos como árboles semilleros (Cuadro 14).

**Tabla 14.** Abundancia de las 15 especies arbóreas del ejido Llano de Ojo de Agua, Michoacán. *n*) Número total de individuos por especie dentro de las seis unidades ambientales identificadas. AS (%) = Número de árboles semilleros seleccionados en cada unidad ambiental. Entre paréntesis se muestra el porcentaje de árboles seleccionados como semilleros con respecto al número total de individuos que se encontraron en cada unidad ambiental

Especie	Límite UMA		El Salate		El Guaricho		El Limón		El Mango		El Fandango		TOTAL	
	<i>n</i>	AS (%)	<i>n</i>	AS (%)	<i>n</i>	AS (%)	<i>n</i>	AS (%)	<i>n</i>	AS (%)	<i>n</i>	AS (%)	<i>n</i>	AS (%)
<i>Amphipterygium adstringens</i>			21	1 (4.76)	4	2 (50)	20	4 (20)			76	18 (23.68)	121	25 (20.66)
<i>Brosimum alicastrum</i>			27	13 (48.14)			40	13 (32.5)			3	0	70	26 (37.14)
<i>Bursera heteresthes</i>			3	0			1	1 (100)			46	24 (52.17)	50	25 (50)
<i>Caesalpinia coriaria</i>					14	14 (100)							14	14 (100)
<i>Caesalpinia platyloba</i>					7	4 (57.14)	10	4 (40)	7	6 (85.71)	16	11 (68.75)	139	25 (17.98)
<i>Cordia allagoeoides</i>	19	2 (10.52)	50	4 (8)	17	7 (41.17)	41	11 (26.82)			12	1 (8.33)	40	25 (62.5)
<i>Eysenhardtia polystachya</i>			23	14 (60.9)			4	4 (100)			7	4 (57.14)	37	25 (67.56)
<i>Ficus petiolaris</i>			4	4 (100)	3	3 (100)							4	4 (100)
<i>Gliricidia sepium</i>	13	1 (7.7)	23	6 (26.08)			13	11 (84.61)	1	1 (100)			61	25 (40.98)
<i>Guazuma ulmifolia</i>			35	14 (40)	11	6 (56.54)	29	10 (34.48)			5	1 (20)	70	25 (35.71)
<i>Heterofozum sclerocarpum</i>			2	2 (100)	14	10 (71.42)	4	4 (100)					58	25 (43.1)
<i>Licania arborea</i>			1	1 (100)	1	0	15	6 (40)	7	2 (28.57)	21	6 (28.57)	8	8 (100)
<i>Plumeria rubra</i>			3	3 (100)	2	2 (100)	24	18 (75)	3	3 (100)	5	3 (60)	37	29 (78.37)
<i>Swietenia humilis</i>			9	9 (100)			3	3 (100)					12	12 (100)
<i>Tabebuia palmeri</i>	3	1 (33.33)	13	7 (53.84)	8	6 (75)	12	4 (33.33)			32	7 (21.87)	68	25 (36.76)
<b>TOTAL</b>	<b>35</b>	<b>4 (11.42)</b>	<b>214</b>	<b>78 (36.44)</b>	<b>83</b>	<b>56 (67.46)</b>	<b>216</b>	<b>93 (34.05)</b>	<b>18</b>	<b>12 (66.7)</b>	<b>223</b>	<b>75 (33.63)</b>		



**Figura 12.** Localización geográfica de los árboles semilleros seleccionados en el ejido Llano de Ojo de Agua, Michoacán.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Patrones fenológicos

#### 4.1.1. Foliación

Los registros en la foliación de las 15 especies de estudio (Figuras 5 y 8) coinciden con los hallazgos de otros estudios realizados en sistemas estacionalmente secos, en donde durante el mes más seco y caliente del año se presenta el mayor número de especies sin hojas, mientras que durante la temporada de lluvias se observa el pico en la intensidad de producción de estas estructuras (Frankie *et al.*, 1974, Reich y Borchert, 1984; Bullock y Solís-Magallanes, 1990; Justiniano y Fredericksen, 2000; Borchert *et al.*, 2002; Singh y Kushwaha, 2005; Valdez-Hernández *et al.*, 2010).

Sin embargo, la respuesta de las especies al cambio en las condiciones bióticas y abióticas a través del tiempo fue diferente, por lo que se observaron variaciones en la intensidad, la duración, la sincronía y la frecuencia con que la que desarrollaron sus hojas. La mayoría de las especies (*Amphipterygium*, *Gliricidia*, *C. platyloba*, *Cordia*, *Eysenhardtia*, *Guazuma*, *Swietenia* y *Tabebuia*) produjeron hojas con una intensidad alta (Cuadro 3) al inicio de la temporada de lluvias, las cuales maduraron el mes posterior y comenzaron a caer al inicio de la temporada seca (Figura 5). Este patrón de foliación coincide con el de las especies clasificadas como deciduas en este tipo de comunidades (Bullock y Solís Magallanes, 1990; Borchert, 1994; Borchert *et al.*, 2002). Dado que en las SBC el patrón de precipitación es marcadamente estacional y generalmente se concentra en una sola época del año, durante cuatro o cinco meses (Trejo, 1999), las especies deciduas exhiben un sólo evento de producción de hojas durante esta temporada. Sin embargo, en la presente investigación, entre 50 y 75% de los individuos de las especies deciduas mostraron



dos picos sincrónicos en la producción de sus hojas y las retuvieron por más de cinco meses (Cuadros 3 y 5). Este comportamiento atípico en su foliación coincide con los dos picos de precipitación que se registraron durante el año de estudio (febrero y junio; Figura 2) y sugiere que para estas especies el aumento en la disponibilidad de agua es el principal factor que determina la producción de las hojas jóvenes.

En otro grupo de especies, conformado por *Bursera*, *Heteroflorum* y *Plumeria*, el patrón observado en su foliación fue un poco diferente, ya que la producción de hojas jóvenes se presentó al final de la época seca (abril-mayo), las cuales maduraron un mes después y las retuvieron entre cinco y seis meses, observándose su completa abscisión en noviembre y diciembre (Figura 5, Cuadro 5). Estas especies no respondieron a las lluvias anormales de febrero, puesto que sólo mostraron un pico sincrónico en la producción de hojas durante la temporada de lluvias típica de la región y por ello, presentaron una intensidad media en la producción de estas estructuras (Cuadro 3). Se ha sugerido que los patrones fenológicos de estas especies son regulados en mayor medida por cambios en el fotoperiodo, más que por la disponibilidad de agua (Borchert y Rivera, 2001; Borchert *et al.*, 2002; Rivera *et al.*, 2002). Esta hipótesis se basa en la evidencia de que estas especies presentan tallos suculentos para almacenar agua en su parénquima, lo que hace posible que mantengan un alto potencial hídrico durante la época seca y puedan producir nuevas estructuras durante esta época.

Por último, se identificó otro grupo de especies formado por *Brosimum*, *C. coriaria*, *Ficus* y *Licania*, en el que se observó que la producción de hojas jóvenes se presentó poco antes o inmediatamente después de la abscisión de las hojas maduras, ocasionando que aunque la intensidad de la foliación disminuyera durante la época seca, la producción de hojas fuera alta, poco sincrónica y constante durante todo el año (Cuadros 3, 11 y 12). Dado

que estas especies se ubican a las orillas del cauce del río principal que desciende desde la parte alta del ejido, es probable que en estos micrositios haya un buen almacenamiento de agua que permita que los árboles puedan producir hojas nuevas constantemente (Borchert *et al.*, 2002; Bullock y Solís-Magallanes, 1990). De acuerdo con los grupos funcionales expuestos por Borchert *et al.* (2002), estas especies se denominan como brevemente caducifolias.

Estos patrones en la foliación sugieren que hay grandes diferencias inter e intra específicas que agrupan a las especies dentro de distintos grupos funcionales: las que son completamente deciduas, las que son deciduas pero tienen tallos suculentos y no presentan una respuesta rápida al cambio en la disponibilidad de agua, y las que muestran un rápido recambio en el follaje. El entendimiento de las diferentes estrategias que estas especies presentan en su fase vegetativa, es muy importante para poder predecir el inicio del ciclo reproductivo de las plantas (van Schaik *et al.*, 1993).

#### *4.1.2 Floración*

En las SBC, la producción de botones florales y su posterior maduración generalmente se desencadena a partir de la caída de las hojas durante la época seca del año, mostrando una marcada separación temporal entre la fenofase vegetativa y reproductiva (Frankie *et al.*, 1974; Bullock y Solís-Magallanes, 1990; van Schaik *et al.*, 1993; Borchert *et al.*, 2004).

Este patrón no fue tan evidente en las observaciones realizadas en la presente investigación, probablemente como resultado de las lluvias registradas durante la época seca, que pudieron haber modificado el carácter caducifolio de la mayoría de las especies, repercutiendo total o parcialmente en su comportamiento durante la fase reproductiva. Aun así, el mayor número de especies en floración se presentó en alguno de los dos períodos de

menor precipitación registrados a lo largo del año (a finales marzo, o durante el invierno de octubre a enero), con una gran variación en el desfase temporal entre la producción de hojas y flores (Figura 8).

Las especies que en esta investigación fueron catalogadas como deciduas presentaron distintas estrategias en su floración (Figura 6). Dentro de este grupo, algunas especies, florecieron durante el mayor pico de lluvias (febrero y julio; *Tabebuia* y *Amphipterygium*); otras un mes después de que comenzara a llover (marzo y julio; *Eysenhardtia*, *Guazuma* y *Swietenia*), presentando entonces un pico en la época seca y otro en la de lluvias; y otras más florecieron durante la época seca, dos meses después a partir de que dejó de llover (abril y noviembre; *Cordia* y *Gliricidia*). La presencia de distintas estrategias florales en las especies deciduas concuerda con lo que se ha registrado en otras evaluaciones fenológicas y muestra que la sincronización en la floración con una temporada del ciclo anual parece estar controlada por las condiciones climáticas, aunque además depende de los distintos requerimientos de recursos (agua y nutrientes) de las especies durante su fase reproductiva (van Schaik *et al.*, 1993; Singh y Kushwaha, 2005; Valdez-Hernández *et al.*, 2010).

Por otro lado, en otras especies se observó que su fase reproductiva se concentró en la temporada de lluvias (junio-agosto), pero comenzaron a producir botones florales al final de la época de secas (mayo). En particular, estas observaciones fueron evidentes para los árboles deciduas de tallo suculento (*Bursera* y *Plumeria*). En *Bursera* la floración fue breve, ya que estas estructuras permanecieron menos de un mes, en tanto que en *Plumeria* lo hicieron por tres (Figura 6, Cuadro 6). Al parecer, estas especies comienzan a producir botones florales durante su etapa de crecimiento, los cuales permanecen latentes hasta que su desarrollo es inducido por la rehidratación de sus ramas, (Borchert *et al.*, 2004). En la

literatura, otras especies que han sido catalogadas como deciduas con tallos suculentos, también muestran este patrón en su floración (Bullock y Solís Magallanes, 1990; Valdez-Hernández *et al.*, 2010).

Por último, de las especies que retuvieron su follaje durante todo el año, *Brosimum*, *C. coriaria* y *Ficus* presentaron el pico de su floración un mes después de haber comenzado las lluvias (marzo y julio), mostrando así un incremento en su actividad durante la época seca del año, y otro en lluvias, lo que también fue observado en algunas especies deciduas. Este comportamiento sugiere que durante su fase vegetativa presentan una baja tasa en el uso de sus recursos, lo que probablemente les permite maximizar la acumulación de fotosintatos durante su período de crecimiento e iniciar su fase reproductiva cuando su crecimiento vegetativo es mínimo (Singh y Kushwaha, 2005).

#### 4.1.3 Fructificación

Al igual que la floración, en las SBC la fructificación se concentra principalmente en la época seca del año (Frankie *et al.*, 1974; Bullock y Solís-Magallanes, 1990; Justiniano y Fredericksen, 2000). Este patrón se atribuye a diversos factores, siendo los más relevantes el tipo de fruto y de dispersión que presentan las especies. En estas comunidades vegetales, alrededor de 75% de las especies se dispersan por viento (Gentry, 1982) y la maduración de sus frutos sucede al final de la temporada de lluvias o a principios de la temporada seca, cuando la probabilidad de que sean dispersados a distancias lejanas de los progenitores es mayor. En contraste, las especies cuyos frutos son dispersados por animales fructifican en la época de lluvias, cuando la actividad de sus dispersores es mayor (Smythe, 1970; Frankie *et al.*, 1974; Rathcke y Lacey, 1985; van Schaik *et al.*, 1993).

La relación de la estacionalidad de la fructificación con respecto al tipo de fruto y dispersión que presentan las especies fue evidente en este estudio. De las 15 especies que se evaluaron, 12 producen frutos secos, los cuales se desarrollan con mayor intensidad a final de la temporada de lluvias o a principios de la temporada seca, entre marzo-mayo, y octubre-enero (Figura 7, Cuadro 10). Las tres especies restantes producen frutos carnosos y de ellas, sólo *Bursera* fructificó en la época de lluvias, en tanto que *Brosimum* y *Ficus* desarrollaron frutos durante todo el año, la primera especie con mayor intensidad en abril y octubre (época seca) y la segunda en marzo y agosto (época seca y de lluvias; Figura 7).

Aunque las observaciones en la temporalidad de la fructificación realizadas en esta investigación concuerdan con lo que se ha reportado en otros estudios (Lieberman, 1982; Frankie *et al.*, 1974; McLaren y McDonald, 2005), la precipitación registrada en febrero ocasionó algunas diferencias, pues todas las especies evaluadas desarrollaron frutos con mayor o menor intensidad en respuesta a este pulso anómalo de lluvia (Figura 2b). Por ello, 10 especies presentaron una frecuencia subanual o continua en su fructificación, la cual fue asincrónica o con una baja sincronía y con una estacionalidad no significativa (Cuadros 10 y 11). La velocidad de respuesta para asignar recursos a la producción de frutos, o acelerar su desarrollo al presentarse un incremento en la disponibilidad de agua, fue diferente entre especies. La mayoría de ellas (*Amphipterygium*, *Bursera*, *C. coriaria*, *C. platyloba*, *Cordia*, *Guazuma*, *Heteroflorum*, *Plumeria* y *Swietenia*) respondió tan rápidamente que no fue posible registrar su floración ya sea porque sus frutos maduraron muy rápido, o porque en el mes febrero ya presentaban yemas reproductivas latentes que se desarrollaron rápidamente con las lluvias de febrero, mientras que *Gliricidia* y *Tabebuia* presentaron sólo flores durante febrero y sus frutos fueron observados al mes siguiente (Figuras 6 y 7).

Este patrón indica que el incremento en la disponibilidad de agua desencadena la actividad reproductiva de estas especies, las cuales asignan de manera diferencial sus recursos a las diferentes etapas en su ciclo reproductivo. Por lo tanto, las fenofases reproductivas se presentan con un desfase temporal, el cual es diferente en cada especie. En algunas, los frutos comienzan a desarrollarse cuando los árboles presentan flores en antesis (*Amphipterygium*, *Cordia* y *Guazuma*), mientras que otras los presentan una vez que los árboles ya no tienen flores (*Bursera*, *C. coriaria*, *Gliricidia*, *Plumeria* y *Tabebuia*), lo cual puede suceder en cualquier mes del año (Figuras 6 y 7).

Las especies que producen hojas al inicio de la temporada de lluvias pueden acumular rápidamente los fotosintatos necesarios para iniciar su período de reproducción y producir también flores y frutos, antes de que la disponibilidad de agua disminuya con el inicio de la época de secas, como sucedió en *Amphipterygium*, *Bursera* y *Guazuma*. Por otro lado, las especies que florecen y fructifican al final de la época de lluvias, o durante la época seca del año, cuando presentan hojas en una baja proporción o carecen de éstas, muestran una separación en la asignación de los recursos que destinan para crecer o reproducirse (*C. coriaria*, *C. platyloba*, *Cordia*, *Eysenhardtia*, *Heteroflorum* y *Plumeria*). Así, en la temporada de lluvias invierten gran parte de estos recursos para crecer y una vez que acumulan suficientes recursos comienza su fase de reproducción, lo cual sucede generalmente durante la época seca del año (Figuras 5, 6 y 7). Entre las especies evaluadas predominó la segunda estrategia, lo que concuerda con los resultados encontrados en otros estudios (Janzen, 1967; Bullock, 1995; Singh y Kushwaha, 2005).

Aunque aquí se ha intentado entender cuál es la relación que guardan la foliación, floración y fructificación entre sí y con respecto a las condiciones ambientales, es evidente que los patrones fenológicos que mostraron las especies de estudio son complejos y muy

variables, y que además son fuertemente afectados por los cambios intra e interanuales en las condiciones ambientales.

#### **4.2 Estrategias de recolección**

Para planear estrategias adecuadas de recolección de semillas es indispensable identificar en qué mes del año es más probable encontrar la mayor cantidad de frutos maduros en la región. Si bien la evaluación de la fenología brinda información relevante al respecto, las fluctuaciones espaciales y temporales en las condiciones bióticas y abióticas, así como las respuestas fenológicas que las especies muestran para responder a estos cambios, dificultan la identificación de las épocas óptimas de recolección. Por lo tanto, aunque en este estudio se proponen estrategias de recolección con base en los resultados obtenidos del año monitoreado, es importante tener en cuenta que para ratificar el comportamiento fenológico aquí descrito y contar con información más confiable, es preciso realizar estudios a más largo plazo.

De acuerdo con los picos de fructificación registrados durante el año de estudio, se proponen como fechas óptimas de recolección la última semana de los siguientes meses (Cuadro 15): (i) marzo (*Brosimum*, *C. platyloba*, *Ficus*, *Gliricidia*, *Guazuma*, *Plumeria* y *Swietenia*), (ii) abril (*Tabebuia*), (iii) septiembre (*Bursera*), (iv) octubre (*Amphipterygium* y *Heteroflorum*), y (v) diciembre (*Cordia* y *C. coriaria*). Dado que no se registró la fructificación para *Eysenhardtia* y *Licania*, no se sabe en qué época del año pueden presentar frutos maduros en la región. Sin embargo, de acuerdo con la literatura, *Eysenhardtia* produce frutos de noviembre a diciembre (Vázquez-Yanes *et al.*, 1999; Cervantes *et al.*, 2001) y *Licania* de enero a junio (Palacios, 2006).

**Cuadro 15.** Meses del año en los que se registró el pico de fructificación de 13 especies arbóreas del ejido Llano de Ojo de Agua, Michoacán, México.

Especies	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>Caesalpinia coriaria</i>	*											*
<i>Cordia elaeagnoides</i>	*										*	*
<i>Swietenia humilis</i>		*	*									
<i>Ficus petiolaris</i>		*	*	*		*	*	*	*	*		
<i>Plumeria rubra</i>			*									
<i>Gliricidia sepium</i>			*	*								
<i>Guazuma ulmifolia</i>			*	*								
<i>Caesalpinia platyloba</i>			*	*	*							
<i>Brosimum alicastrum</i>			*	*	*						*	
<i>Tabebuia palmeri</i>				*	*							
<i>Bursera heteresthes</i>									*			
<i>Heteroflorum sclerocarpum</i>											*	
<i>Amphipterygium adstringens</i>											*	*
Número de especies con fruto	2	2	7	6	3	1	1	1	2	4	2	2

La identificación de las épocas adecuadas de colecta conlleva otros retos, pues no sólo implica saber cuáles son los patrones reproductivos de las especies de interés, sino además, hay que tener en cuenta que la identificación de los picos de producción no necesariamente refleja el momento óptimo de recolección. Por ejemplo, en algunas especies los cambios morfológicos observados durante el desarrollo del fruto, como su cambio de coloración, tamaño o consistencia, no siempre son indicadores del estado de madurez de sus semillas, dado que éstas pueden madurar posteriormente (Jara, 1996). En otros casos, una vez que los frutos maduran, permanecen por períodos variables en los árboles sin mostrar cambios morfológicos notables. Sin embargo, la viabilidad de sus semillas disminuye después de que los frutos han alcanzado su máximo desarrollo, como probablemente sea el caso de *Amphipterygium*. En un estudio en donde se pusieron a germinar semillas de esta especie recolectadas seis meses después de su período de floración, su porcentaje de germinación fue de sólo 8% (Cid-de la Torre, 2008), mientras que se obtienen porcentajes mayores



cuando la recolección se realiza tres meses después de su floración (Zárate, 1984). Por otro lado, en otras especies como las que pertenece al género *Ficus*, es importante tener en cuenta que la maduración de sus frutos puede ser sincrónica o asincrónica dentro de un mismo individuo y entre diferentes individuos (Janzen, 1979; Spencer *et al.*, 1996).

Otro aspecto importante a considerar al planear estrategias de recolección es contemplar la calendarización de las actividades a realizar. Lo más deseable es que los tiempos de cosecha concuerden con los tiempos de plantación en el vivero. Si esto no es posible, sería necesario evaluar bajo qué condiciones de almacenamiento se podría mantener la viabilidad de las semillas para los períodos de producción subsecuentes. Esta información ya ha sido generada para varias de las especies incluidas en el presente trabajo. Por ejemplo, se sabe que las semillas de *C. coriaria* y *Gliricidia* pueden permanecer viables al guardarse en recipientes herméticos a una temperatura de 4°C, con un contenido de humedad de 5.1%. Bajo estas condiciones, *C. coriaria* permanece viable por ocho años, mientras que *Gliricidia* lo hace hasta por 10. Si las semillas de esta última especie son almacenadas bajo condiciones ambientales, pueden permanecer viables hasta por un año (Trujillo, 1994; Vázquez-Yanes *et al.*, 1999; Benitez *et al.*, 2004). Para las especies que presentan semillas recalcitrantes, y que por su alto contenido de humedad y rápidas tasas metabólicas no pueden ser almacenadas, como sucede con *Brosimum* (Benítez *et al.*, 2004), habría que tener en cuenta que la recolección y la germinación tendrían que ser casi paralelas.

Tomando en cuenta estas consideraciones, es importante resaltar que un programa de manejo de semillas debe contemplar otros aspectos que involucren además de la identificación de las épocas de mayor producción de frutos, la evaluación de la ontogenia de las semillas, su viabilidad y su capacidad germinativa. Además, debe considerar la

evaluación de las mejores condiciones de almacenamiento que permitan mantener viables a las semillas y aseguren su máximo rendimiento (Espinosa *et al.*, 1994, Vázquez-Yanes *et al.*, 1997).

#### **4.3 Aprovechamiento de los árboles semilleros identificados**

La recolección de semillas de alta calidad involucra muchos aspectos entre los cuales destacan no sólo la identificación de las épocas óptimas de cosecha, sino también la ubicación de los individuos en donde éstas se realizarán. Por ello, en esta investigación se identificaron a los individuos que presentaron las mejores características fenotípicas, ubicados en las zonas más accesibles dentro del ejido y se seleccionaron como árboles semilleros. Esta información es de gran utilidad para comenzar a recolectar semillas de calidad superior, que suplan la demanda inmediata y permitan obtener mejores resultados en las plantaciones futuras. No obstante, para el manejo inmediato de estas fuentes semilleras se identificaron varios obstáculos que a continuación se discuten.

El primero es que dado que las especies de estudio presentaron patrones de distribución disímiles entre sí, no fue posible ubicar suficientes árboles semilleros dentro de pequeñas áreas. Esto implica que para hacer recolecciones de los árboles semilleros de la mayoría de las especies, es necesario recorrer aproximadamente 15 km partiendo del poblado del municipio de Churumuco, lo que aunado a la topografía irregular del terreno y la falta de caminos que faciliten el acceso de animales de carga, dificultan y encarecen las actividades de recolección y administración de los árboles semilleros. En particular, esto fue evidente en *Bursera*, pues es una especie restringida a las zonas más altas e inaccesibles del ejido y que además presenta su pico de fructificación en septiembre, cuando ninguna otra especie lo hace (Figura 12, Cuadro 15), por lo que sería necesario

planear una expedición exclusiva para recolectar sus semillas. Esta problemática también se presenta en especies con una amplia distribución como *Cordia* o *Tabebuia*, dado que aunque algunos árboles semilleros se localizan en las zonas más accesibles y cercanas al poblado, otros se ubican en las zonas más altas y lejanas, lo que hace necesario recorrer todo el camino principal que conduce al límite norte del ejido para recolectar las semillas (Figura 12).

Un segundo obstáculo es que el número de árboles encontrados de algunas de las especies evaluadas dentro de los caminos más accesibles del ejido (*C. coriaria*, *Ficus*, *Licania*, *Swietenia*, Cuadro 15) puede ser insuficiente para satisfacer la demanda de semillas en el mercado regional. Sin embargo, para evaluar la viabilidad del uso de estos individuos como árboles semilleros y regular su aprovechamiento, sería necesario conocer los volúmenes de cosecha anuales que podrían obtenerse de estas fuentes semilleras y los rendimientos de los procesos de recolección y procesamiento de las semillas (Jara, 1995b; PRODEFOR, 2005). Esta información, aunada a un estudio de mercado que permita saber cuál es la demanda comercial de las especies de interés, brindará la información necesaria para manejar adecuadamente a los árboles semilleros identificados. Para algunas de las especies evaluadas ya se cuenta con este conocimiento; por ejemplo, para *C. platyloba*, que es la especie de la que se producen más plantas en el vivero, dada su alta demanda en el mercado regional (28,000 al año), se sabe que de un sólo individuo se pueden obtener en promedio 0.8 kg de semillas limpias y en cada kilo se encuentran alrededor de 3,000 semillas, de las cuales germinan 85%. Considerando que un criterio para mitigar el impacto negativo en las poblaciones es aprovechar sólo 50% de la producción anual de semillas (PRODEFOR, 2005), sería necesario recolectar semillas de 35 árboles para cubrir la demanda anual. Debido a que en los censos realizados a lo largo de las veredas más

accesibles del ejido sólo se encontraron 40 árboles, para cubrir con la demanda anual de plantas de esta especie, la recolección de semillas tendría que realizarse no sólo de los árboles identificados como semilleros, sino casi del total de individuos encontrados en estas áreas.

Para *A. adstringens* se sabe que un fruto seco pesa en promedio 5.5 g y que por tanto en 1 kg hay cerca de 180 frutos, de los cuales 50% es partenocárpico y el resto presenta una semilla por fruto o en raras ocasiones pueden observarse dos o tres (Cid-de la Torre, 2008). Así, en 1 kg de frutos secos, lo más común es encontrar 90 semillas, de las cuales sólo 30% es viable, por lo que se podría esperar obtener alrededor de 30 plántulas después del proceso de germinación. Sin embargo, faltaría evaluar cuál es la producción promedio anual de frutos de un individuo para poder estimar los volúmenes de cosecha óptimos que aseguren el manejo adecuado de las semillas de esta especie. Para las especies de las que no se conoce esta información, es difícil saber si la recolección de semillas de los árboles seleccionados podría ser una estrategia sustentable a largo plazo, por lo que la generación de esta información es una prioridad para las siguientes etapas de investigación.

Aunado a esto, no debe dejarse de lado que aunque después de estas evaluaciones se determine que la producción de semillas anual de los individuos es la adecuada para satisfacer los volúmenes de cosecha requeridos, sería muy importante evaluar si la variabilidad genética que se podría incluir recolectando semillas de los árboles semilleros identificados sería suficiente para no tener problemas de endogamia, que repercutan negativamente en la adaptación de los individuos en las futuras plantaciones.

En este escenario, como estrategia a largo plazo se propone que a la par de las recolecciones individuales que se pueden comenzar a realizar de los árboles semilleros seleccionados, se establezcan plantaciones a partir de estos mismos individuos en zonas

cercanas al vivero que permitan concentrar en un área reducida y de fácil acceso a las especies de interés. Esta propuesta pretende facilitar la organización y el control de las actividades de recolección y cumplir con un doble propósito, pues en ellas se fomentaría la producción abundante de semillas de alta calidad al menor costo y tiempo posible, y además se podrían conservar las fuentes semilleras identificadas.

Llevar a cabo esta propuesta conlleva un gran reto, dadas las condiciones precarias que prevalecen en la zona y la falta de apoyos económicos que impulsen el desarrollo de proyectos a largo plazo como éste. Afortunadamente, en los últimos años distintas instancias de gobierno relacionadas con el sector forestal, así como asociaciones no gubernamentales han mostrado un mayor interés en contar con fuentes semilleras identificadas que permitan subsanar la producción ineficiente de plantas que se ha reportado en los distintos programas de reforestación realizados en más de 30,000 ha a nivel nacional. Así, se ha creado la Red Mexicana de Germoplasma Forestal (Aguilera, 2001) y el Programa de Identificación y Establecimiento de Unidades Productoras de Germoplasma Forestal (CONAFOR, 2010), y se han incrementado la ejecución de proyectos relacionados con el tema. Como ejemplos podemos mencionar un trabajo realizado en la península de Yucatán, que tuvo como objetivo el mejoramiento genético de fuentes semilleras identificadas de cedro y caoba (Wightman *et al.*, 2007), un plan de manejo sustentable de semillas de *Caesalpinia platyloba* que se llevó a cabo en áreas de conservación comunitaria en el estado de Colima (PRODEFOR, 2005), la creación de bancos de germoplasma *in situ* en el estado de Veracruz (del Amo *et al.*, 2007), una guía técnica para establecer rodales semilleros en el estado de Chiapas (Orantes-García *et al.*, 2010), entre otros.

#### **4.4 Monitoreo comunitario**

Tras concluir el primer año de monitoreo, se realizó una actividad en donde los integrantes del grupo de trabajo compartieron las experiencias que tuvieron a lo largo del desarrollo de esta investigación, y como resultado de esta actividad, se identificaron diferentes obstáculos que dificultaron el desarrollo de este proyecto, los cuales se discuten a continuación.

##### *(a) Condiciones topográficas y climáticas del área de estudio*

Este trabajo se realizó dentro de las áreas de conservación comunitarias del ejido, como respuesta al interés que la comunidad expresó por darles un valor económico. Sin embargo, las condiciones topográficas de estas áreas y su lejanía con respecto al centro del poblado, dificultaron enormemente el trabajo de campo. En cada salida, se tenían que recorrer 15 km atravesando caminos inaccesibles para los animales de carga, que eran necesarios para transportar el equipo de trabajo y las provisiones para pernoctar por dos noches en la zona. Aunado a esto, durante la época seca del año fue necesario acarrear agua potable desde el centro del poblado, y durante la época de lluvias, se tuvieron que tomar rutas más largas para llegar a las zonas donde se ubicaban los árboles monitoreados, debido a que la ruta que normalmente se seguía, resultaba intransitable para los animales de carga. Estos aspectos deben ser considerados tanto para la continuación del programa de monitoreo, como para la planificación de las expediciones de recolección de semillas, pues influirán de manera importante en el desarrollo de las actividades que se tendrán que realizar, el personal, el tiempo y el material que se requerirá, así como los gastos económicos que serán necesarios solventar.

##### *(b) Diferencias de enfoques e intereses de los ejidatarios*

Aunque la elección del grupo de monitoreo contó con el respaldo de la comunidad, los ejidatarios que no formaron parte de este grupo expresaron su inconformidad con la manera

en la que se estaba llevando a cabo esta investigación, pues desde su perspectiva, sólo un grupo reducido de personas se estaba viendo beneficiado. Estas diferencias de enfoques, podrían subsanarse si se planifican actividades continuas de comunicación que permitan que toda la comunidad conozca la información que está siendo generada y de esta manera, entiendan los beneficios colectivos que el aprovechamiento de las fuentes semilleras identificadas les puede brindar.

*(c) Falta de financiamiento que permita sostener el programa a largo plazo*

A raíz del interés que los integrantes del grupo de monitoreo mostraron por seguir evaluando los eventos fenológicos, se logró conseguir financiamiento para extender el monitoreo por un año más. En esta segunda etapa del proyecto, el grupo de trabajo asumió la responsabilidad de realizar las salidas de campo sin la asesoría técnica que recibieron durante el primer año. No obstante, la continuidad de las actividades de monitoreo no sólo depende de que la comunidad cuente con la organización y capacidades requeridas para llevarlo a cabo, sino que además, es necesario que continúen recibiendo apoyos económicos y técnicos, hasta que el aprovechamiento de las fuentes semilleras sea una actividad autosustentable, por lo que es indispensable fomentar la integración de distintos sectores institucionales que apoyen la continuación de programas de esta índole.

*(d) Traducción de la información generada en acciones concretas*

El tiempo que duro esta primera etapa del proyecto, fue insuficiente para desarrollar actividades que permitieran analizar la información generada junto con los miembros de la comunidad y hacerla accesible a los usuarios directos. Por tanto, para las futuras etapas de esta investigación, es importante desarrollar actividades encaminadas a cumplir con este propósito.

Aún con los obstáculos que se presentaron para implementar este programa de monitoreo comunitario, se lograron avances significativos en la construcción de capacidades locales, que se espera sean útiles para que la comunidad se apropie de este proyecto y lo administre de manera adecuada. A continuación se discuten estos logros.

*(a) Creación de capacidades locales para monitorear eventos fenológicos*

Como resultado de las capacitaciones que el grupo de monitoreo recibió durante esta primera etapa de investigación, se logró que todos los integrantes fueran capaces de generar información confiable de los eventos fenológicos evaluados. Además se fomentó el desarrollo de nuevas capacidades organizativas que les permitieron ser más eficientes durante el trabajo de campo.

*(b) Inclusión de sectores sociales que no participan en actividades comunitarias*

El desarrollo de este proyecto creó un espacio en donde se facilitó la transmisión de conocimientos entre los mismos integrantes del equipo de monitoreo y ejidatarios que no formaban parte de él, lo que propició que los jóvenes y mujeres, quienes generalmente no participan en este tipo de actividades, se involucraran en alguna etapa del proceso. Así, se despertó en ellos el interés de conocer, valorar y cuidar más el entorno en donde viven y se facilitó la difusión de esta nueva propuesta, que aunque es distinta de las actividades que tradicionalmente se realizan en la región, puede brindar beneficios económicos, al mismo tiempo de que les permiten conservar sus tierras.

*(c) Entendimiento de los beneficios a corto, mediano y largo plazo que brinda el programa de monitoreo comunitario*

Al iniciar este proyecto el grupo de trabajo mostró cierta resistencia en llevar a cabo el monitoreo siguiendo una metodología estricta, pues creían conocer de antemano los eventos fenológicos que estaban siendo evaluados. Sin embargo, conforme fue realizándose el



trabajo de campo, reconocieron la relevancia y utilidad de obtener información de manera sistemática para resolver necesidades concretas a corto plazo. Pero además, a través de la participación que la comunidad tuvo en la generación de esta información, fue posible que reconocieron la complejidad implícita en el manejo de las fuentes semilleras identificadas, y la necesidad de contar con estudios a más largo plazo que además evalúen otros aspectos relacionados con las actividades involucradas en el proceso de aprovechamiento de semillas (desde su cosecha hasta su germinación en el vivero).

*(f) Desencadenamiento de un proceso de educación ambiental*

Aunque con la implementación del programa de monitoreo comunitario no se buscó que la comunidad revalorizara los recursos naturales con los que cuenta, fue un logro que se consiguió durante el desarrollo de este trabajo. Así, desde que se comenzó a visitar con frecuencia las áreas de conservación, disminuyó la caza ilegal de animales y la extracción de postes o leña para autoconsumo que sucede dentro de estas zonas, aún cuando por acuerdo comunal fueron decretadas como áreas en donde se restringió este tipo de actividades. Este cambio de actitud de los pobladores fortalece los acuerdos comunales y las actividades de conservación que el ejido viene haciendo desde hace ocho años.

#### **4.5 Consideraciones finales**

La información generada a lo largo de este trabajo brindó las bases para que el ejido Llano de Ojo de Agua cuente con fuentes semilleras identificadas que abastezcan al vivero de semillas de alta calidad de manera oportuna, y así, optimicen su funcionamiento. Sin embargo, para que esta propuesta logre convertirse en una actividad económica real, es necesario: (1) que tanto las instancias gubernamentales, como las no gubernamentales, impulsen la generación de instituciones comunitarias sólidas que sean capaces de gestionar

eficientemente los recursos comunes; (2) que se asegure la existencia de cadenas productivas que estén articuladas con el mercado local y regional y; (3) que se reconozca que ningún actor social (comunidades, instancias gubernamentales, agencias privadas, o representantes de la academia) posee las capacidades necesarias para lidiar por sí mismo con todas las facetas involucradas en el manejo de los recursos naturales, por lo que es indispensable que se aprovechen las capacidades que cada uno de estos grupos tiene para crear sinergias que apoyen el interés que algunas comunidades tienen por diversificar sus actividades productivas a través de la conservación de sus ecosistemas y se logre que propuestas como esta puedan convertirse en alternativas económicas redituables que concilien las metas de la conservación con las del desarrollo rural.

## L I T E R A T U R A   C I T A D A

- Abbot, J. y I. Guijt (1998) Changing views on change: Participatory approaches to monitoring the environment. SARL. Discussion Papers No. 2. International Institute for Environmental and Development. Londres, Inglaterra.
- Aguilera, R.M. (2001) Unidades productoras de germoplasma forestal: resumen de fuentes que se han identificado en el país. *Gaceta de la Red Mexicana de Germoplasma Forestal*. 2001:90-100.
- Arriaga, V., V. Cervantes y A. Vargas-Mena (1994) *Manual de Reforestación con Especies Nativas*. SEDESOL, Instituto Nacional de Ecología, México, D.F. 196 pp.
- Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (2000) *Regiones Terrestres Prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México, D.F. 87 pp.
- Barner, H. y B. Ditlevsen (1988) Estrategias y procedimientos para un programa nacional integrado de semillas forestales para el abastecimiento de semillas, el mejoramiento genético y la conservación de los recursos genéticos forestales. Nota de Clase No. A-1. Humlebaek, Dinamarca. 19 pp.
- Barton, B.D. y A. Velázquez (2009) From displacement based conservation to place-based conservation. *Conservation and Society*, 7:11-14.
- Benítez, G., M. Pulido-Salas y M. Equihua (2004) *Árboles Multiuso Nativos de Veracruz para Reforestación, Restauración y Plantaciones*. Instituto de Ecología, A.C., SIGOLFO, CONAFOR. Xalapa, Veracruz. 288 pp.
- Bethencourt, L., M. Carrillo, B. Fernández, B. Jungemann y C. Ludeña (2008) Diseño de un monitoreo comunitario en los impactos sociales y ambientales de La Isabelica,

- estado Carabobo. Centros de Estudios del Desarrollo. Cuadernos del Cendes, 69. Carabobo, Venezuela, 4 pp.
- Bocco, V.G. y M.E. Mendoza (1999) El Caso de Michoacán de Ocampo. Carta Geológica de Michoacán. Escala 1:250000. En: Corona-Chávez, P. e I. Israde-Alcántara (Eds.). *La regionalización geomorfológica como una alternativa de regionalización ecológica en México*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán. pp. 74-90.
- Bocco, V.G., M.E. Mendoza y O.R. Masera (2001) La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. *Boletín del Instituto de Geografía*, 44:18-38.
- Borchert, R. (1983) Phenology and control of flowering in tropical trees. *Biotropica*, 15:81-89.
- Borchert, R. (1994) Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forest trees. *Ecology*, 75:1437-1449.
- Borchert, R., G. Rivera y W. Hagnauer (2002) Modification of vegetative phenology in a tropical semi-deciduous forest by abnormal drought and rain. *Biotropica*, 34:27-39.
- Borchert, R., S.A. Meyer, R.S. Felger y L. Porter-Bolland (2004) Environmental control of flowering periodicity in Costa Rica and Mexican tropical dry forest. *Global Ecology and Biogeography*, 13:409-425.
- Borchert, R. y G. Rivera (2001) Photoperiodic control of seasonal development and dormancy in tropical stem-succulent trees. *Tree Physiology*, 21:213-221.
- Bradshaw, B. (2003) Questioning the credibility and capacity of community-based resource management. *Canadian Geographer*, 47:137-150.

- Bruner, A., R. Gullison, R. Rice y G. Da Fonseca (2001) Effectiveness of Parks in protecting Tropical Biodiversity. *Science*, 291:125-128.
- Bullock, S.H. (1995) Plant reproduction in neotropical dry forest En: Bullock, S.H., H.A. Mooney y E. Medina (Eds.) *Seasonally Dry Tropical Forests*. Cambridge University Press, Gran Bretaña, pp. 277-303.
- Bullock, S.H. y J.A. Solís-Magallanes (1990) Phenology of canopy trees of a tropical deciduous forest in México. *Biotropica*, 22:22-35.
- Burgos, A., A. Tinoco, G. Solorio, V. Ramírez y S. Pérez-Cortez (2010) *Diagnóstico socio-económico como base para el Programa de Conservación y Manejo de la Reserva de la Biosfera Zicuirán Infiernillo*. GTZ-CONANP, Morelia, Michoacán. 65 pp.
- Camacho, M. y L. Orozco (1998) Patrones fenológicos de doce especies arbóreas del bosque montano de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 46:533-542.
- Castillo, A. y V.M. Toledo (2000) Applying ecology in the third world: the case of Mexico. *BioScience*, 50:66-76.
- Campell, R.K. (1991) Soils, seed zones maps, and physiography: guidelines for seed transfer for Dougals fir in southwestern Oregon. *Forest Science*, 37:973-986.
- Cervantes-Gutiérrez, V., M. López, N. Salas y G. Hernández (2001) *Técnicas para Propagar Especies Nativas de Selva Baja Caducifolia y Criterios para Establecer Áreas de Reforestación*. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional autónoma de México. México, D.F., 174 pp.
- Cid-de la Torre, K.S. (2008) Propagación sexual de Cuachalalate (*Amphipterygium adstringens*), especie de uso medicinal. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 94 pp.

- CONANP [Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas] (2007) *Memoria de la Consulta Pública de la Reserva de la Biosfera Zicuirán Infiernillo, en el Estado de Michoacán*. México, D.F., 39 pp.
- CONAFOR [Comisión Nacional Forestal] (2010) *Manual para la identificación y el establecimiento de unidades productoras de germoplasma forestal*. México, D.F., 64 pp.
- Cornelius, J. (1998) Introducción al mejoramiento genético forestal. En: Jara, L.F. (Ed.) *Selección y Manejo de Fuentes Semilleras en América Central y República Dominicana*. CATIE-PROSEFOR. Turrialba, Costa Rica, pp. 13-19.
- Cué-Bär, E.M., J.L. Villaseñor, L. Arredondo-Amezcu, G. Cornejo-Tenorio y G. Ibarra-Manríquez (2006a) La flora arbórea de Michoacán, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 78: 47-81.
- Cué-Bär, E.M., J.L. Villaseñor, J.J. Morrone y G. Ibarra-Manríquez (2006b) Identifying priority areas for conservation in Mexican tropical deciduous forest based on tree species. *Interciencia*, 31:712-719.
- Da Cruz, A., A. de Almeida y N.P. Fernandes (1979) Fenología de espécies forestais em floresta tropical úmida de terra firme na Amazonia Central. *Acta Amazonica*, 9:163-198.
- Deininger, K. y B. Minten (2002) Determinants of deforestation and the economics of protection: an application to Mexico. *American Journal of Agricultural Economics*, 84:943-960.
- del Amo-Rodríguez, S., T.C. Vergara e I. Altamirano (2007) Rescatando y revalorando nuestros frutales nativos: la creación de bancos de germoplasma *in situ*. *LEISA*, 23:30-33.

- Durán-Medina, E., J.F. Mas y A. Velázquez (2005) Land use/cover change in community-based forest management regions and protected areas in Mexico. En: Bray, D.B., L. Merino y D. Barry (Eds.). *The Community Forest of Mexico. Managing for Sustainable Landscape*. University of Texas Press, Austin, EUA, pp 215-238.
- Espinosa, A., G. Juárez y S. Ceñedo (1994) Observaciones fenológicas de 70 especies tropicales y su importancia en la producción. Campo experimental Ing. Eduardo Sangri Serrano. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, México, D.F.
- Figuroa, F. y V. Sánchez-Cordero (2008) Effectiveness of natural protected areas to prevent land use and land cover change in Mexico. *Biodiversity conservation*, 17:3223-3240.
- Figuroa, F., V. Sánchez-Cordero, J.A. Meave e I. Trejo (2009) Socioeconomic context of land use and land cover change in Mexican biosphere reserves. *Environmental Conservation*, 1-12.
- Fore, L.S., K. Paulsen y K. O'laughlin (2001) Assessing the performance of volunteers in monitoring streams. *Freshwater Biology*, 46:109-123.
- Fournier, L.A. (1974) Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba*, 24:422-423.
- Fournier, L.A. y C. Charpantier (1975) El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. *Turrialba*, 25:45.
- Frankie, G.W., H.G. Baker y P.A. Opler (1974) Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology*, 62:881-919.

- Freitas, L. y K. Bolmgren (2008) Synchrony is more than overlap: measuring phenological synchronization considering time length and intensity. *Revista Brasileira de Botânica*, 31:721-724.
- Guzmán-Casado, G.I. y A.M. Alonso-Mielgo (2007) La investigación participativa en agroecología: una herramienta para el desarrollo sustentable. *Ecosistemas*, 16:24-36.
- Guariguata, M.R. (1998) *Consideraciones Ecológicas sobre la Regeneración Natural Aplicada al Manejo Forestal*. CATIE. Turrialba, Costa Rica, 27 pp.
- IUCN [International Union for Conservation of Nature] (2005) Benefits beyond boundaries. Proceedings of the Vth IUCN World Parks Congress. The World Conservation Union, Durban.
- Janzen, D. (1967) Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in Central America. *Evolution*, 21:620-637.
- Janzen, D. (1979) How to be a fig. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 10:13-51.
- Jara, L.F. (1994) *Selección y Manejo de Rodales Semilleros*. Serie Técnica. Manual Técnico No. 11. Dainda Forest Seed Center. Humlebaek, Dinamarca, 175 pp.
- Jara, L.F. (1995a) *Identificación y Selección de Fuentes Semilleras*. Primer seminario nacional de identificación, selección y manejo de fuentes semilleras. Programa de Investigación en Semillas de Especies Forestales Nativas. CONI-CATIE-PROSEFOR. Bogota, Colombia, 144 pp.
- Jara, F. (1995b) Producción y rendimiento de recolección y procesamiento de semillas de especies tropicales forestales. En: Trujillo, E. y C. Telón (Eds.) *Curso Nacional sobre recolección y procesamiento de semillas*. Dirección General de Bosques y Vida Silvestre. Guatemala, 25 pp.



- Jara, L.F. (1996) *Biología de Semillas Forestales*. Programa de Investigaciones. Proyecto de Semillas Forestales PROFESOR. Turrialba, Costa Rica, 31 pp.
- Justiniano, M.J. y T.S. Fredericksen (2000) Phenology of tree species in Bolivian dry forest. *Biotropica*, 32: 276-281.
- Lieberman, D. (1982) Seasonality and phenology in a dry tropical forest in Ghana. *Journal of Ecology*, 70: 791-806.
- MacLaren, K.P. y M.A. McDonald (2005) Seasonal patterns of flowering and fruiting in a dry tropical forest in Jamaica. *Biotropica*, 37:584-590.
- Martínez, H.A. (1989) Selección de especies de árboles útiles multiuso para plantaciones forestales. En: Musálem, M.A. (Ed.). *Memorias del I y II Curso Centroamericano de Silvicultura de Plantaciones de Especies de Árboles de Uso Múltiple*. Turrialba, Costa Rica, pp. 240-253.
- Mejía, G.M. (1990) Fenología: fundamentos y métodos. En: Treviño, T. y L.F. Jara (Eds.). *Seminario Taller sobre Investigaciones en Semillas Forestales Tropicales*. Memoria (26-28 octubre 1998), CONIF, Bogotá, Colombia. Serie documentación 18:65-79.
- Mesén, F. (1995) *Introducción al Mejoramiento Genético Forestal*. Primer Seminario Nacional de Identificación, Selección y Manejo de Fuentes Semilleras. Programa de Investigación en Semillas de Especies Forestales Nativas. CONI-CATIE-PROSEFOR. Bogotá, Colombia, 144 pp.
- Mesén, F., A.L. Guevara y M.L. Jiménez (1996) *Guía Técnica para la Producción de Semilla Forestal Certificada y Autorizada*. CATIE. Turrialba, Costa Rica, 34 pp.
- Mesén, F. (1998) Establecimiento y Manejo de Fuentes Semilleras. En: Jara, L.F. (Ed.) *Selección y manejo de fuentes semilleras en América Central y República Dominicana*. CATIE-PROSEFOR. Turrialba, Costa Rica, pp. 30-45.

- Mesén, F. y W. Vásquez (2009) Variación genética de procedencias y familias de *Vochysia guatemalensis* a los 18 años de edad en Sarapiquí, Heredia, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 33:157-170.
- Mikkelsen, B. (1995) *Methods for development work and research: a guide for practitioners*. Publicaciones Sage. Nueva Delhi-Londres. 296 pp.
- Miranda, F. y E. Hernández-X. (1963) Los tipos de vegetación en México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 28:29-178.
- Narayan, D. (1993) *Participatory Evaluation: Tools for managing change in water and sanitation*. Washington, DC, The World Bank.
- Naughton-Treves, L., M. Buck y K. Brandon (2005) The role of protected areas in conserving biodiversity and sustaining local livelihoods. *Annual Review of Environmental Resources*, 30:219-252.
- Newstrom, L.E., G.W. Frankie y H.G. Baker (1994) A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica*, 26:141-159.
- Orantes-García, C., R.A. Moreno-Moreno y E.R. Garrindo-Ramírez (2010) *Guía Técnica para Identificar y Establecer Rodales Semilleros*. Fundación Produce Chiapas A.C., Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, 53 pp.
- Palacios, E. (2006) *Ficha Técnica de Licania arborea Seem., 1853. Cuarenta y Ocho Especies de Chiapas Incluidas en el PROY-NOM-059-ECOL-2000*. Instituto de Historia Natural y Ecología, México, D.F.
- Parr, T.W., A.R.J. Sier, R.W. Battarbee, A. Mackay y J. Burgess (2003) Detecting environmental change: science and society—perspectives on long-term research and monitoring in the 21st century. *The Science of the Total Environment*, 310:1-8.

- Pedersen, A.P., K. Olesen y L. Graudal (1993) Tree improvement at species and provenance level. En: Jara, L.F. (Ed.). *Mejoramiento Forestal y Conservación de Recursos Genéticos Forestales*. CATIE, Turrialba, Costa Rica, pp. 18-29.
- Primack, R.B. (1980) Phenological variation within natural populations: flowering in New Zealand montane shrubs. *Journal of Ecology*, 68:849-862.
- PRODEFOR [Programa de Desarrollo Forestal] (2005) *Informe preventivo para el aviso de aprovechamiento de recursos forestales no maderables. Semilla de coral (Caesalpinia platyloba) en vegetación propia de selva baja en el ejido "El Campanario" Municipio de Armería*. México, D.F., 111 pp.
- Rathcke, B. y E.P. Lacey (1985) Phenological patterns of terrestrial plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 16:179-214.
- Reich, B. y R. Borchert (1984) Water stress and tree phenology in a tropical dry forest in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology*, 72:61-74.
- Rivera, G.S., E. Stephen, L.S. Caldas, G. Nicolassi, R. Coradin y R. Borchert (2002) Increasing day length induces spring flushes of tropical dry forest trees in the absence of rain. *Trees*, 16:445-456.
- Rodríguez-Jiménez, C., R. Fernández-Nava, M. Arreguín-Sánchez, y A. Rodríguez-Jiménez. (2005) Plantas vasculares endémicas de la cuenca del río Balsas, México. *Polibotánica*, 20:73-99.
- Roe, D. (2008) The origins and evolution of the conservation-poverty debate: a review of key literature, events and policy processes. *Oryx*, 42:491-503.
- Ros-Tonen, M.A., F.F. Zaal y T. Dietz (2005) Reconciling conservation goals and livelihood needs: new forest management perspectives in the 21st century. En: Ros-Tonen, M.A.F y T. Dietz (Eds.). *African Forest Between Nature and Livelihood*

- Resources: Interdisciplinary Studies on Conservation and Forest Management.*  
Edwin Mallen, Nueva York, EUA, pp 3-29.
- Savan, B. (2004) Community–university partnerships: Linking research and action for sustainable community development. *Community Development Journal*, 39:372-384.
- Savan, B. y D. Sieder (2003) Contrasting Approaches to Community-based Research and a Case Study of Community Sustainability in Toronto, Canada. *Local Environment*, 8:303-316.
- Savan, B., A.J. Morgan y C. Gore (2003) Volunteer Environmental Monitoring and the Role of the Universities: The Case of Citizens' Environment Watch. *Environmental Management*, 31:561-568.
- Sharpe, A. y C. Conrad (2006) Community based ecological monitoring in nova scotia: challenges and opportunities. *Environmental Monitoring and Assessment*, 113:395–409.
- Singh, K.P. y C.P. Kushwaha (2005) Diversity of leaf phenology in a tropical deciduous forest in India. *Journal of Tropical Ecology*, 21:47-56.
- Smythe, N. (1970) Relationships between fruiting seasons and seed dispersal method in a Neotropical forest. *American Naturalist*, 104:25-35.
- Spencer, H., G. Weiblen y B. Flick (1996) Phenology of *Ficus variegata* in a seasonal wet tropical forest of Cape Tribulation, Australia. *Journal of Biogeography*, 23:467-475.
- Theis, J. y H.M. Grady (1991) *Participatory Rapid Appraisal for Community Development. A Training Manual Based on Experiences in the Middle East and North Africa.* International Institute for Environment and Development. Cairo, Egipto. 150 pp.

- Trejo, I. (1999) El clima de la selva baja caducifolia en México. *Investigaciones Geográficas*, 39:40-52.
- Trujillo, E. (1994) *Resultados Preliminares de Almacenamiento de Semillas de 52 Especies Forestales*. Boletín de semillas y mejoramiento genético forestal. PROFESOR-CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Valdez-Hernández, M., J.L. Andrade, P.C. Jackson y M. Robolleido-Vieyra (2010) Phenology of five tree species of a tropical dry forest in Yucatán, Mexico: effects of environmental and physiological factors. *Plant and Soil*, 329:155-171.
- van Schaik, C.P., J.W. Terborgh, y S.J. Wright (1993) The phenology of tropical forest: significance and consequences for primary consumers. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 24: 353-357.
- Vasseur, L., R. Guscott y P. Mudie (2001) Monitoring of spring flower phenology in Nova Scotia: comparison over the last century. *Northeastern naturalist*, 8:393-402.
- Vaughan, H.H., R.B. Waide, J.M. Maass y E. Ezcurra (2007) Developing and delivering scientific information in response to emerging needs. *Frontiers in Ecology Environment*, 5:8-11.
- Vázquez-Yanes, C., A. Orozco, A. Rojas, M.E. Sánchez y V. Cervantes (1997) *La Reproducción de las Plantas: Semillas y Meristemos*. Fondo de Cultura Económica, México, D.F., 167 pp.
- Vázquez-Yanes, C., A.I. Batis-Muñoz, M.I. Alcocer-Silva, M. Gual-Díaz y C. Dirzo (1999) Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO - Instituto de Ecología, UNAM, México, D.F.

- Velázquez, A., E.M. Cué-Bär, A. Larrazabal, N. Sosa, J.L. Villaseñor, M. McCall y G. Ibarra-Manríquez (2009) Building participatory landscape-based conservation alternatives: a case of study in Michoacán, Mexico. *Applied Geography*, 29:513-526.
- Whitelaw, G., H. Vaughan, B. Craig y D. Atkinson (2003) Establishing the canadian community monitoring network. *Environmental Monitoring and Assessment*, 88:409-418.
- Wieler, C. (2007) *Delivery of Ecological Monitoring Information to Decision-Makers*. International Institute for Sustainable Development, Ecological Monitoring and Assessment Network, Environment Canada, Canadá. 87 pp.
- Wightman, K., B. Rodríguez, S. Ward y J. Cornelius (2007) Domesticación de cedro y caoba en la península de Yucatán, México. Experiencias en el mejoramiento del germoplasma forestal. *Recursos Naturales y Ambiente*, 44:119-128.
- Willan, R.L. y H. Barner (1993) Relación entre la fuente semillera y el sitio de plantación. En: Jara, L.F. (Ed.). *Selección y manejo de rodales semilleros*. Serie Técnica. Manual Técnico No. 11. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 50-76 pp.
- Williams-Linera, G. y J.A. Meave (2002) Patrones fenológicos. En: Guariguata, M.R. y G.H. Catan (Eds.). *Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales*. Editorial Libro Universitario Regional, Cartago, Costa Rica, pp. 407-431.
- Yarnell, P. y D. Gayton (2003) *Community-based Ecosystem Monitoring in British Columbia: A Survey and Recommendations for Extension*. FORREX–Forest Research Extension Partnership, Kamloops, B.C. 37 pp.
- Zar, J.H. (1999) *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, Upper Saddle River, Nueva Jersey. 660 pp.

- Zárate, A.M. (1984) Germinación de dos especies medicinales: cuachalalate (*Amphipterygium adstringens* Schiede ex Schlecht) y chaparro amargoso (*Castela tortuosa* Liebm). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo, Texcoco, Estado de México. 94 pp.
- Zobel, B. y J. Talbert (1988) *Técnicas de Mejoramiento Genético de Árboles Forestales*. Limusa, México, D.F., 545 pp.

## APÉNDICES

**Apéndice I.** Manual y procedimientos para el muestreo de campo: Evaluación de las épocas óptimas de colecta de semillas. Formato para la toma de datos.

Número de árbol

*I. DATOS DE UNIDAD DE MUESTREO*

1. Nombre común \_\_\_\_\_ 2. Género y especie \_\_\_\_\_







*II. REFERENCIAS DE UBICACIÓN*

1. Paraje \_\_\_\_\_

*III. MONITOREO FENOLÓGICO*







Anotó: \_\_\_\_\_

**ENERO**

Fecha: _____	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Hoja joven 						
Hoja madura 						
Botón floral 						
Flor abierta 						
Fruto inmaduro 						
Fruto maduro 						

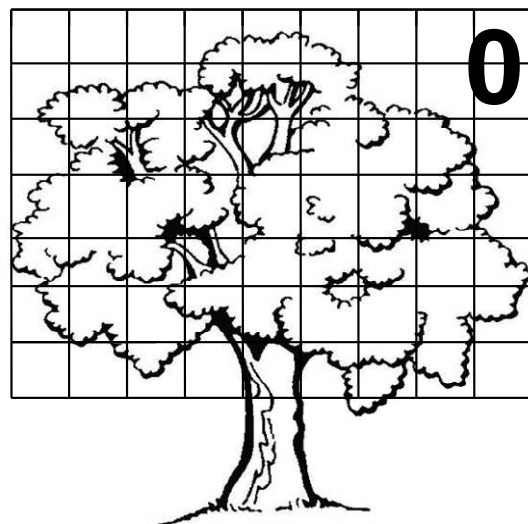
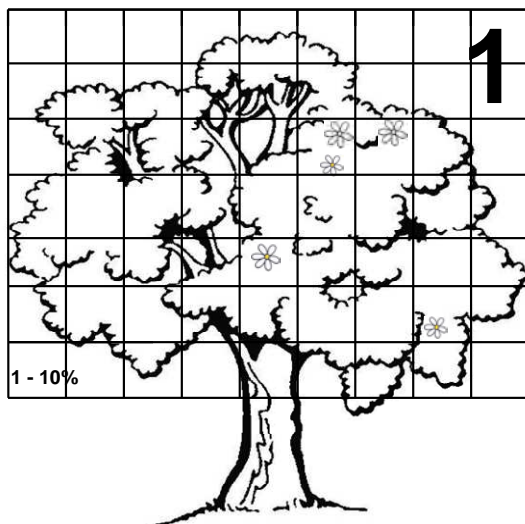
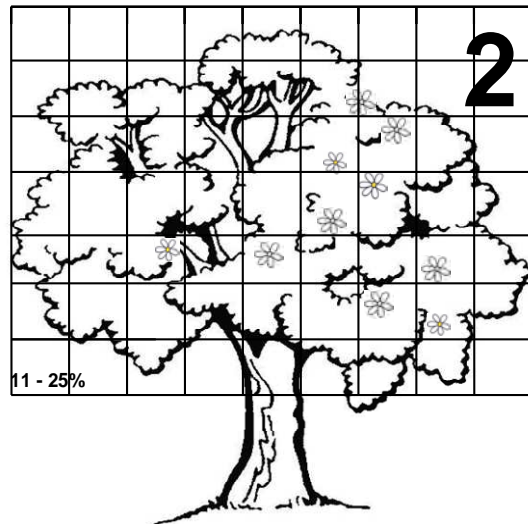
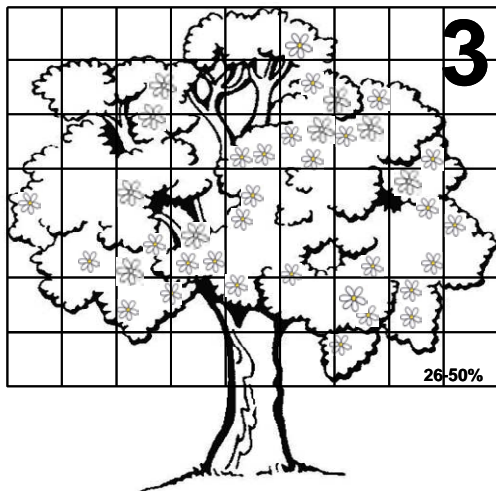
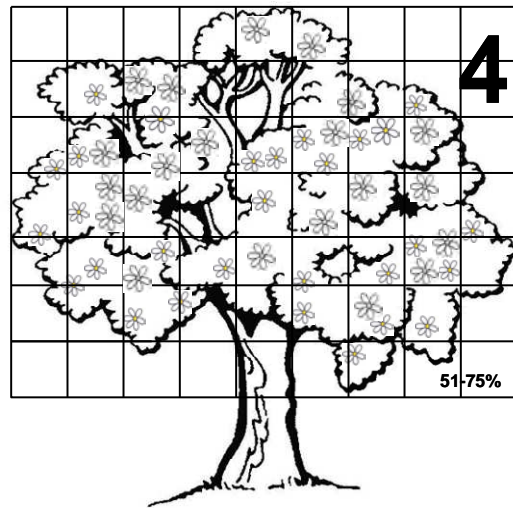
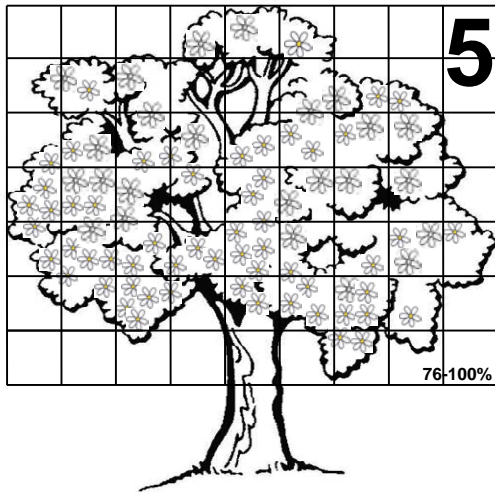
Anotó: \_\_\_\_\_

**FEBRERO**

Fecha: _____	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Hoja joven 						
Hoja madura 						
Botón floral 						
Flor abierta 						
Fruto inmaduro 						
Fruto maduro 						

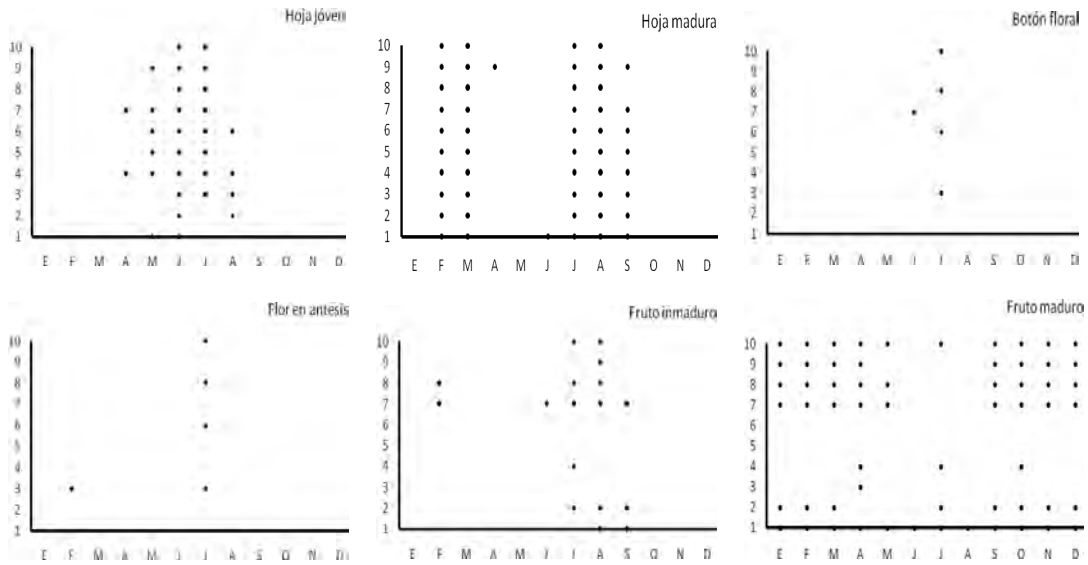


VI. ANEXOS GRÀFICOS.

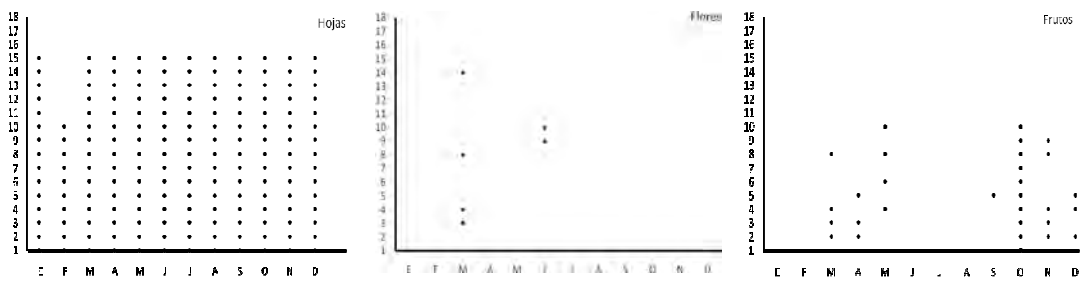


**Apéndice II.** Número de individuos con hojas jóvenes, hojas maduras, botones florales, flores en antesis, frutos inmaduros y frutos maduros a lo largo de un año (2010) en 15 quince especies arbóreas del ejido Llano de Ojo de Agua, Michoacán. En el eje Y se indica la etiqueta del individuo muestreado y en el eje X la inicial de cada mes. Junto al nombre de la especie se muestra entre paréntesis el número de individuos observados.

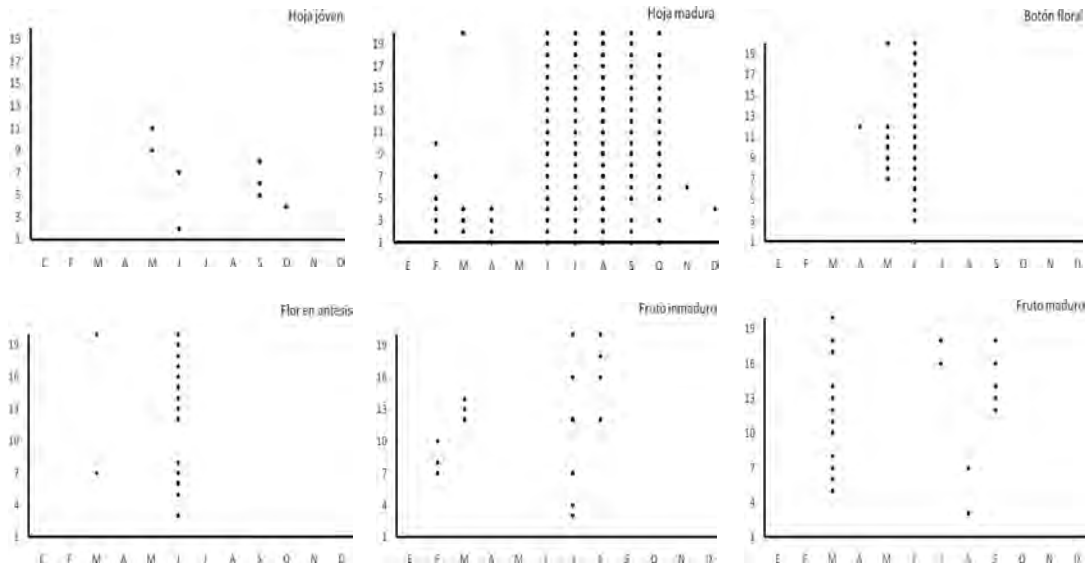
*Amphipterygium adstringens* (10)



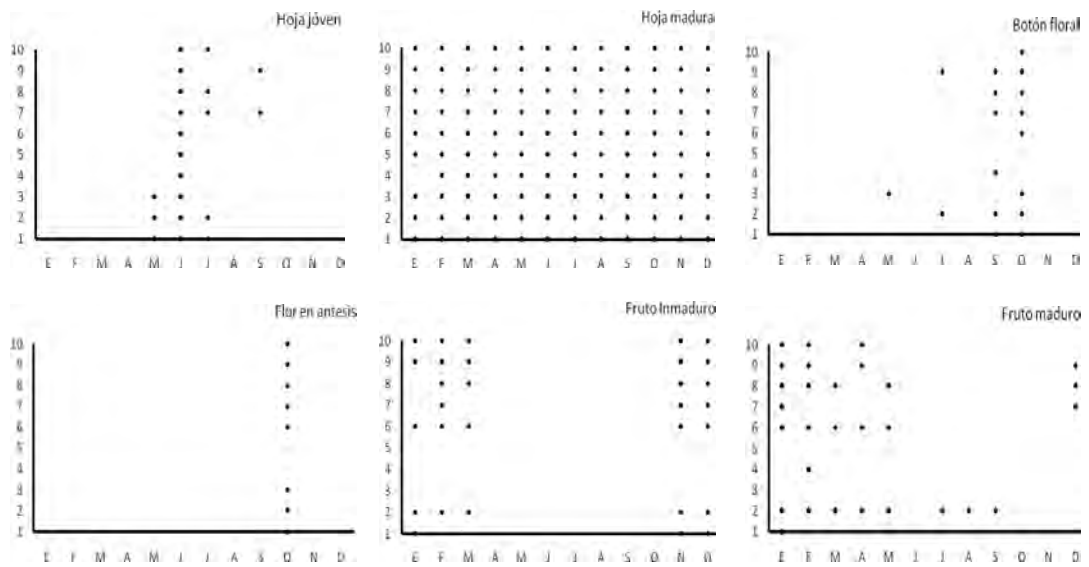
*Brosimum alicastrum* (15)



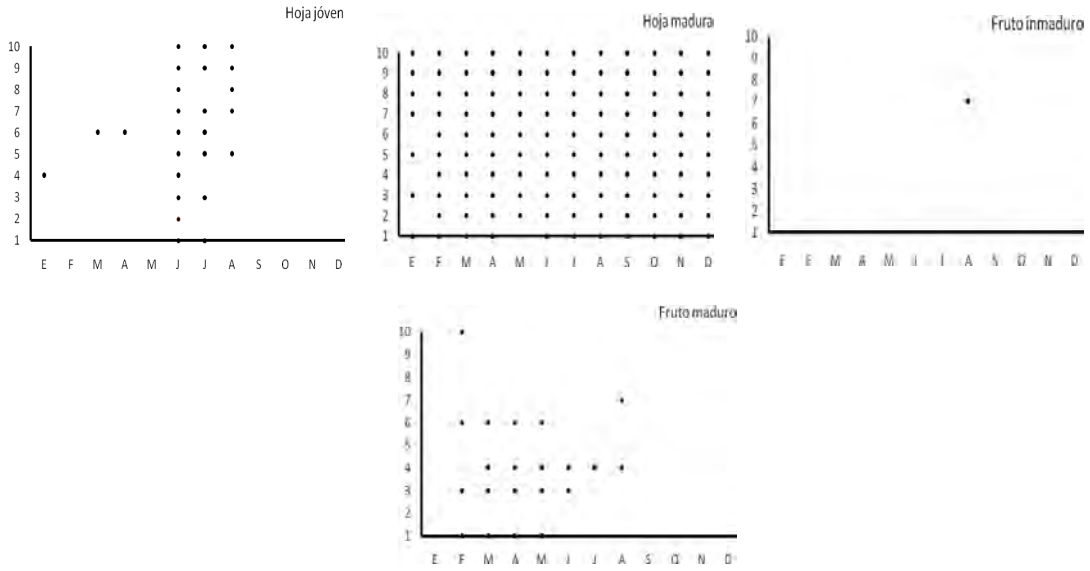
***Bursera heteresthes* (20)**



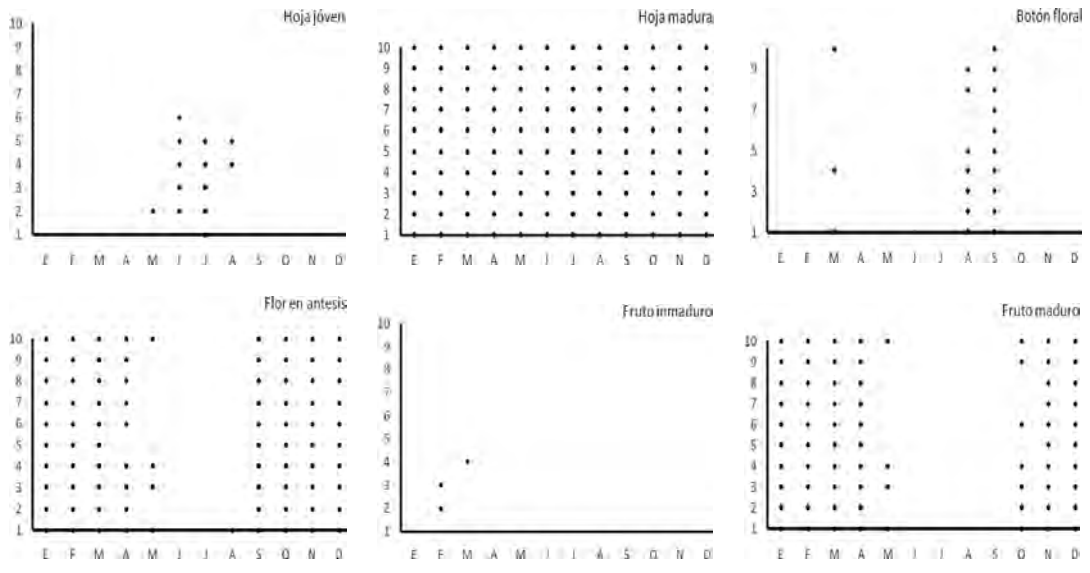
***Caesalpinia coriaria* (10)**



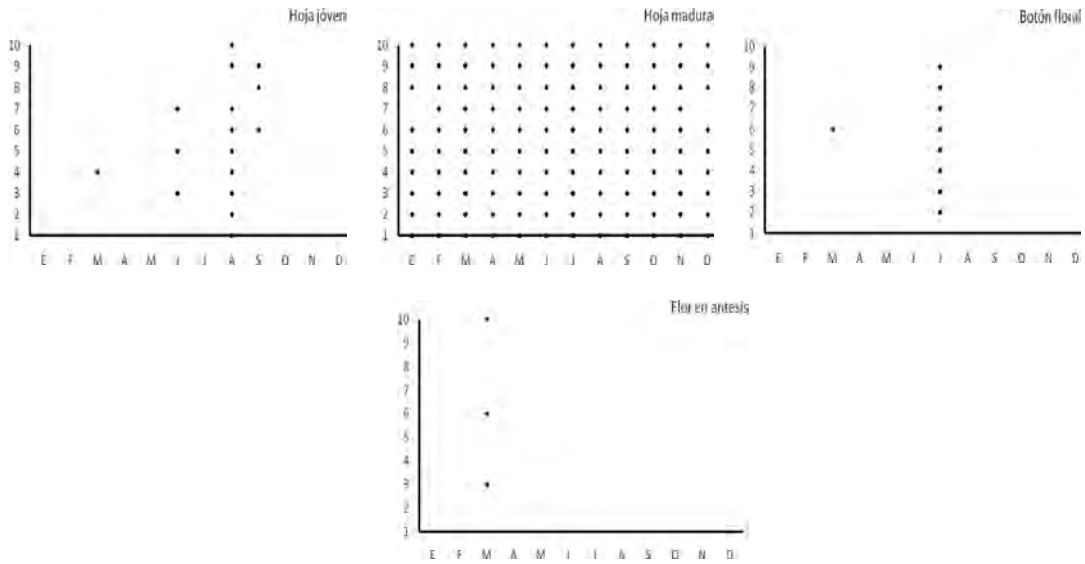
***Caesalpinia platyloba* (10)**



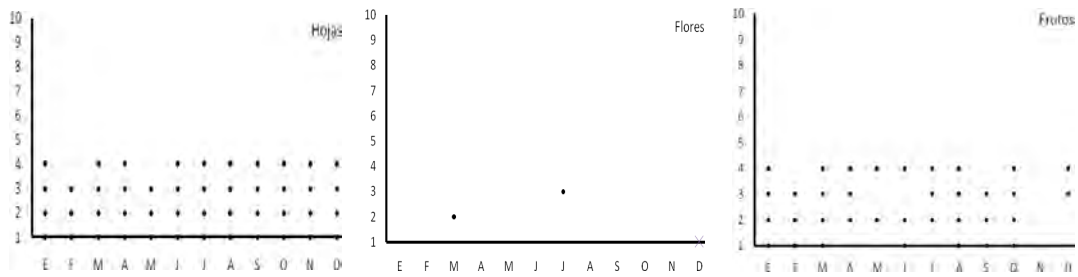
***Cordia elaeagnoides* (10)**



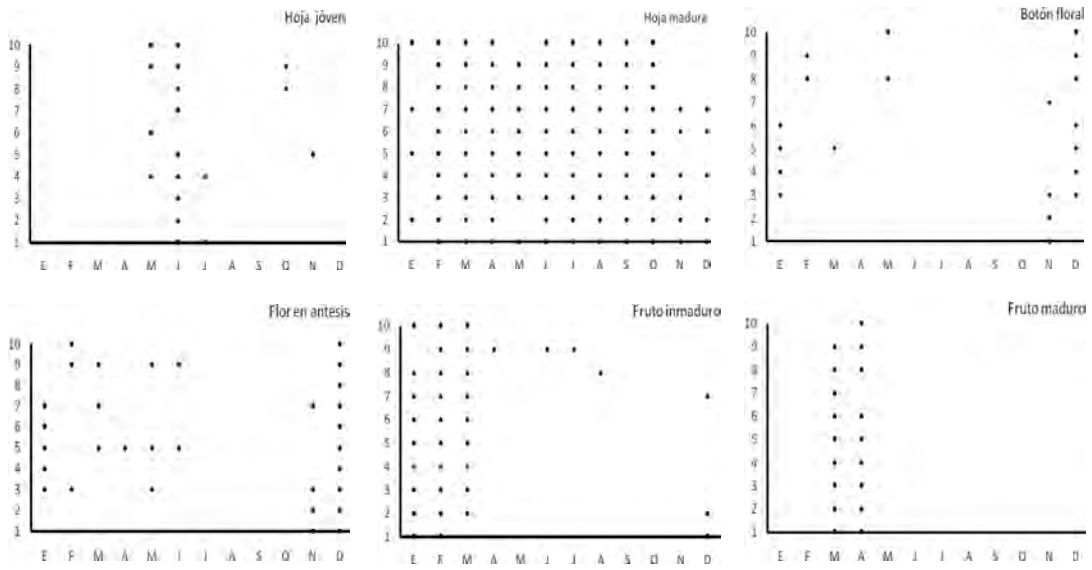
***Eysendhartia polystachia* (10)**



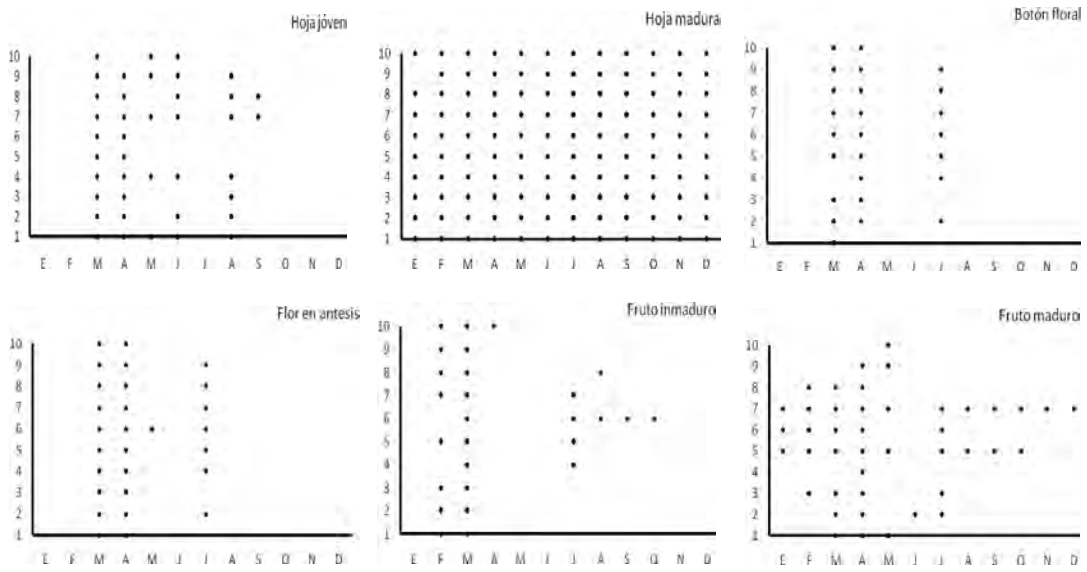
***Ficus petiolaris* (4)**



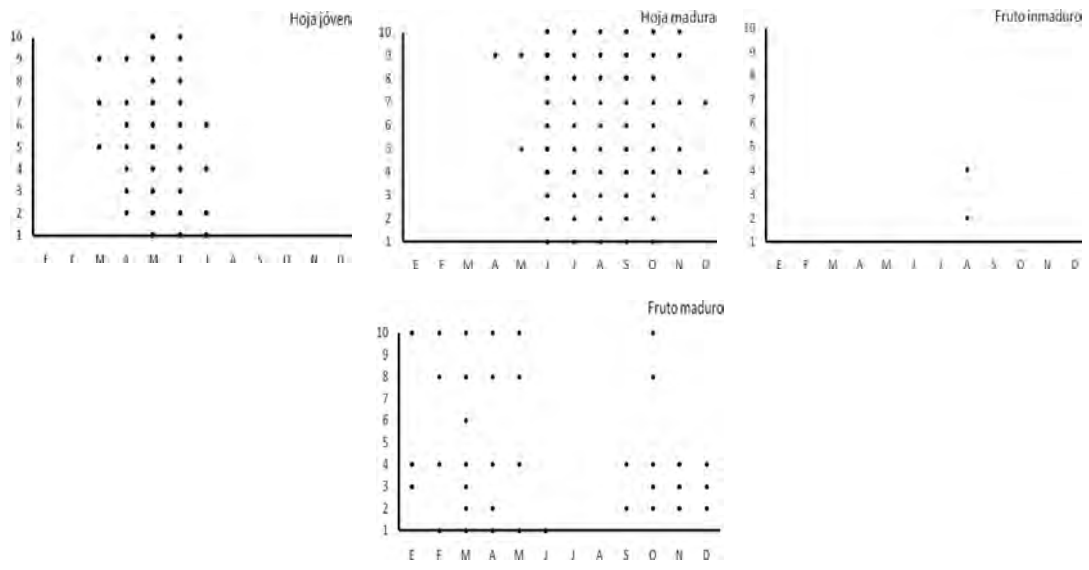
*Gliricidia sepium* (10)



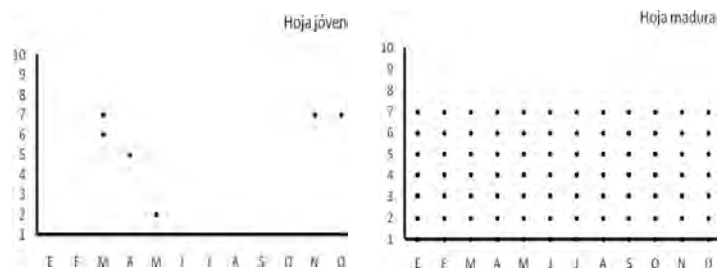
*Guazuma ulmifolia* (10)



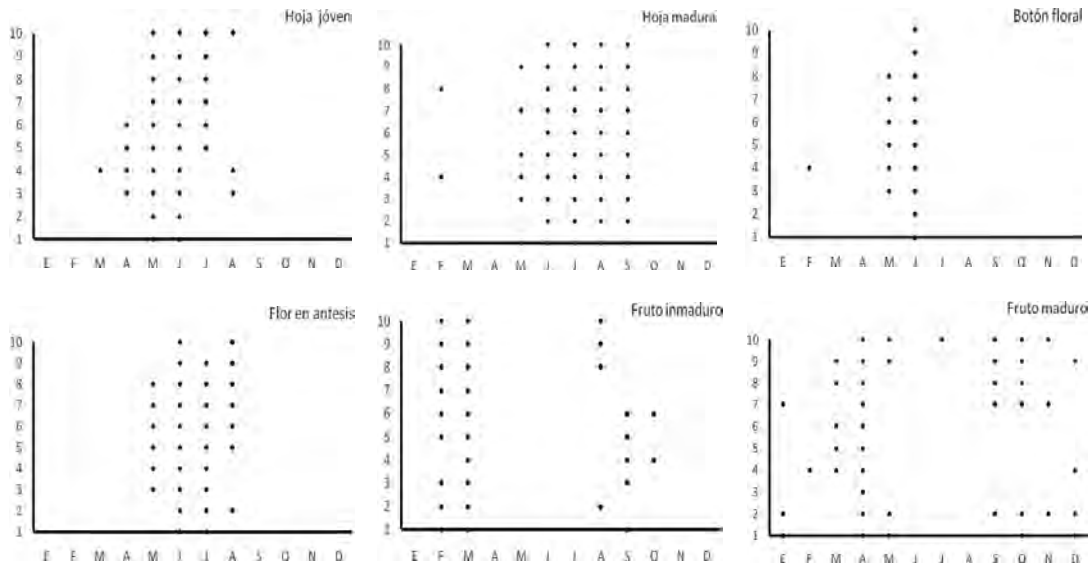
*Heteroflorum sclerocarpum* (10)



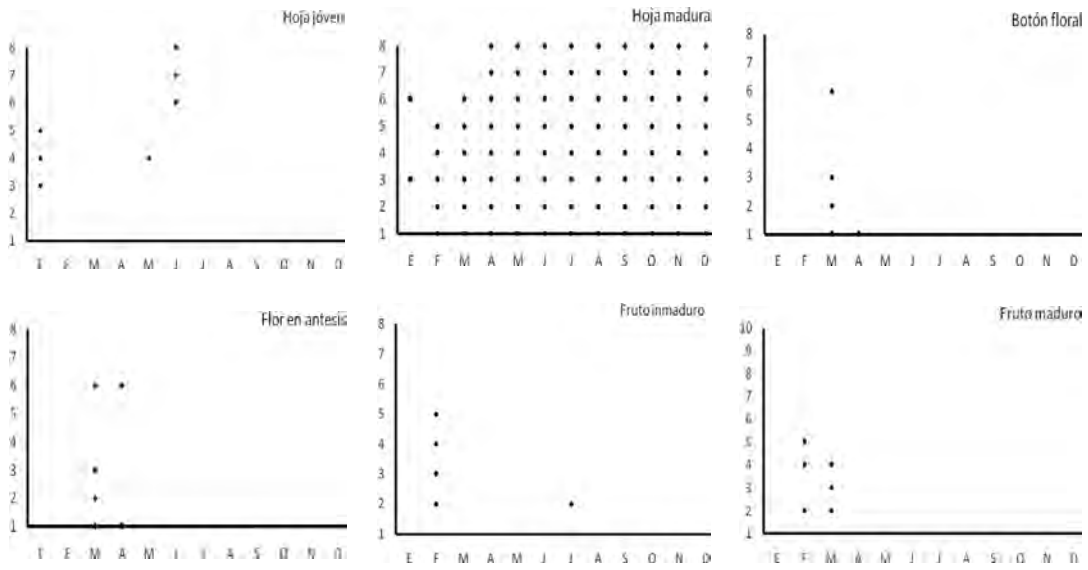
*Licania arborea* (7)



*Plumeria rubra* (10)

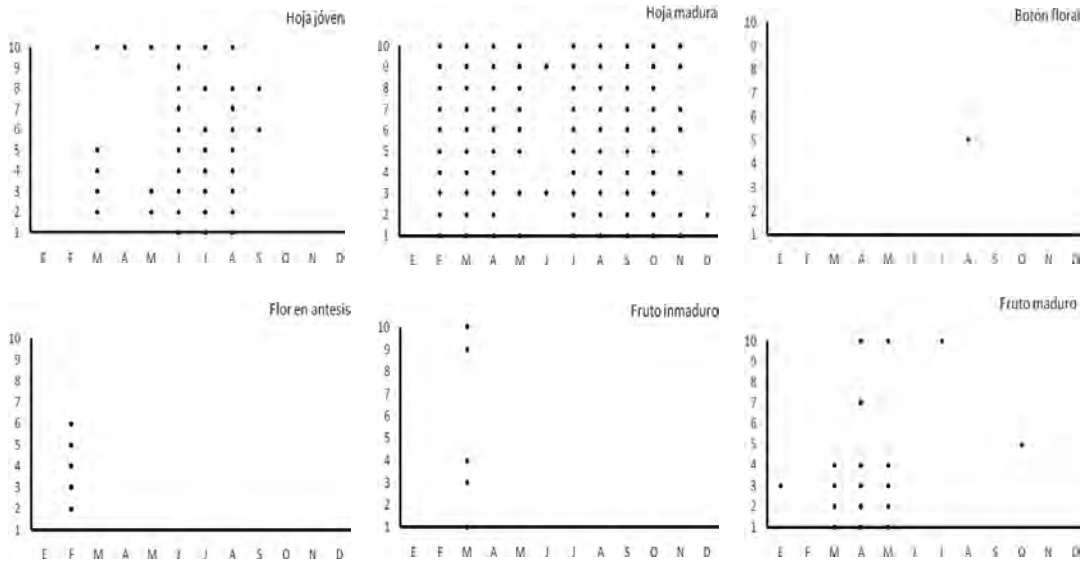


*Swietenia humilis* (8)





***Tabebuia palmeri* (10)**



**Apéndice III.** Altura, diámetro, área basal, forma y cobertura de la copa de 15 especies arbóreas del ejido Llano de Ojo de Agua, Michoacán. En las filas se muestra la media, el coeficiente de variación, la moda, el valor mínimo y máximo y entre paréntesis la desviación estándar de los rasgos morfológicos evaluados. Después del nombre de la especie se muestra el número de individuos evaluados para cada caso.

<b>Especie</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Diámetro (cm)</b>	<b>Área basal (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Forma de la copa</b>	<b>Cobertura copa (m<sup>2</sup>)</b>
<b><i>Amphipterygium adstringens</i> (125)</b>					
Media	5.1 (1.4)	13.6 (8.3)	0.02 (0.03)	2.3 (1.2)	16 (22.4)
C. V. (%)	27	60.6	115	54.8	141.1
Moda	6	9	0.003	1	2.4
Valor mínimo-máximo	2 - 10	4.5 - 40.7	0.002 - 0.13	1 - 5	0.2 - 113
<b><i>Brosimum alicastrum</i> (72)</b>					
Media	17.2 (7.2)	49.7(31.9)	0.3 (0.4)	3.6 (1.1)	82.8 (81)
C. V. (%)	42.1	64.1	124.52	31.4	97.8
Moda	18	61	0.29	4	70.7
Valor mínimo-máximo	2.5 - 32	2 - 157.6	0.0004 - 2	1 - 5	0.8 - 362.9
<b><i>Bursera heteresthes</i> (50)</b>					
Media	8.4 (2.3)	24.5 (11)	0.05 (0.041)	2.9 (1.5)	27.4 (27.01)
C. V. (%)	27.5	44.8	73.1	51.4	98.6
Moda	8	31.8	0.08	3	15.7
Valor mínimo-máximo	1.2 - 12.7	0.6 - 47	0.00003 - 0.2	0.4 - 5	0.05 - 125.7
<b><i>Caesalpinia coriaria</i> (14)</b>					
Media	5.2 (1.7)	35.08 (21.05)	0.1 (0.2)	3 (1.4)	46.5 (33.7)
C. V. (%)	32.2	60.01	127.7	47.1	72.4
Moda	6	—	—	4	—
Valor mínimo-máximo	2.5 - 9	16.9 - 92.3	0.02 - 0.7	1 - 4	5.9 - 113.1
<b><i>Caesalpinia platyloba</i> (40)</b>					
Media	6.1 (1.6)	15.8 (13)	0.03 (0.05)	2.6 (1.3)	55.5 (72.1)
C. V. (%)	25.3	82.2	154.2	48.7	130
Moda	7	10	0.01	3	11.8
Valor mínimo-máximo	2.5 - 10	4 - 57.9	0.001 - 0.3	1 - 5	10.4- 439.8
<b><i>Cordia elaeagnoides</i> (168)</b>					
Media	9.2 (3.7)	16 (12.1)	0.04 (0.07)	2.5 (1)	33.9 (96.8)
C. V. (%)	39.8	75.8	189.2	41.5	285.3
Moda	11	13	0.01	3	23.6
Valor mínimo-máximo	1.5 - 24	2.8 - 76.7	0.0006 - 0.6	1 - 5	0.6 – 254.5
<b><i>Eysenhardtia polystachya</i> (37)</b>					
Media	7.6 (2.02)	14.1 (7.6)	0.02 (0.03)	2.4 (0.6)	15.1 (13.9)
C. V. (%)	26.5	53.7	104.5	23.6	91.5
Moda	8	12.5	0.05	2	3.9
Valor mínimo-máximo	4 - 12	4.8 - 43	0.002 - 0.2	1 – 3	0.8 - 68.9

<b>Especie</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Diámetro (cm)</b>	<b>Área basal (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Forma de la copa</b>	<b>Cobertura copa (m<sup>2</sup>)</b>
<b><i>Ficus petiolaris</i> (4)</b>					
Media	17.3 (6.5)	49 (19.6)	0.2 (0.1)	5	119.1 (89.8)
C. V. (%)	37.4	42.4	75.4	0	75.4
Moda	—	—	—	5	—
Valor mínimo-máximo	8 - 23	28.7 - 66.2	0.06 - 0.3	5	31.4 - 219.9
<b><i>Gliricidia sepium</i> (61)</b>					
Media	9.6 (2.3)	15.4 (11.3)	0.03 (0.05)	2.7 (1.1)	40.4 (47.5)
C. V. (%)	24.2	72.9	157.4	40.4	117.7
Moda	10	10.2	0.002	3	4.7
Valor mínimo-máximo	5.5 - 18	4.4 - 57.6	0.002 - 0.3	1 - 5	0.8 - 220.3
<b><i>Guazuma ulmifolia</i> (91)</b>					
Media	7.8 (2.2)	18.9 (12.6)	0.05 (0.08)	2.8 (1.2)	26.9 (27.5)
C. V. (%)	28.5	66.7	177.9	41.7	102.3
Moda	9	11	0.004	2	15.7
Valor mínimo-máximo	3 - 13	6.3 - 87	0.003 - 0.6	1 - 5	0.8 - 164.9
<b><i>Licania arborea</i> (8)</b>					
Media	15.1 (3.6)	55.7 (26.1)	0.29 (0.20)	5	129.8 (92)
C. V. (%)	23.8	47	68.1	0	70.9
Moda	10	57.3	0.3	5	27.5
Valor mínimo-máximo	10 - 20	16.2 - 87.2	0.02 - 0.6	5	27.5 - 267
<b><i>Heteroflorum sclerocarpum</i> (60)</b>					
Media	7.5 (1.7)	24.7 (15.7)	0.08 (0.1)	4.3 (0.9)	57.2 (49.7)
C. V. (%)	22.5	63.6	135.8	20.2	86.9
Moda	8	14	0.02	5	23.6
Valor mínimo-máximo	4 - 11.5	7.5 - 81.2	0.01 - 0.5	2 - 5	6.1 - 238.8
<b><i>Plumeria rubra</i> (43)</b>					
Media	4.5 (1.3)	11.4 (7.65)	0.02 (0.02)	2.9 (1.4)	9.4 (8.2)
C. V. (%)	29.9	67.07	141.5	47.4	87.9
Moda	4.5	5.4	0.02	3	1.6
Valor mínimo-máximo	1.5 - 8	3.1 - 34	0.02 - 0.09	1 - 5	0.8 - 31.1
<b><i>Swietenia humilis</i> (13)</b>					
Media	9.6 (3.3)	35.2 (20.4)	0.1 (0.2)	2.5 (0.6)	82.7 (97.2)
C. V. (%)	34.7	57.8	132	23.1	118.2
Moda	8	—	—	3	112.3
Valor mínimo-máximo	6 - 17.5	12 - 94.5	0.01 - 0.7	2 - 3	8.3 - 388
<b><i>Tabebuia palmeri</i> (73)</b>					
Media	6.8 (2.4)	12.7 (8.1)	0.02 (0.02)	2.69 (1.1)	21.5 (30.1)
C. V. (%)	35.6	63.5	125.8	41.5	139.8
Moda	5	8.1	0.01	3	23.6
Valor mínimo-máximo	3 - 13	3.2 - 36.9	0.001 - 0.1	1 - 5	1.2 - 212.1