



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

**CAMPUS VERACRUZ**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES**

**POTENCIAL DE ESPECIES ARBÓREAS MULTIPROPÓSITO PARA  
INTEGRARSE EN SISTEMAS AGROFORESTALES**

**ELEONORA CAMACHO MORENO**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL**

**PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRA EN CIENCIAS**

**TEPETATES, MANLIO FABIO ALTAMIRANO, VERACRUZ, MÉXICO**

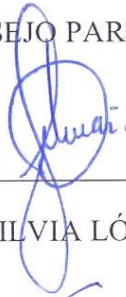
**2016**

La presente tesis, titulada: **Potencial de especies arbóreas multipropósito para integrarse en sistemas agroforestales**, realizada por la alumna: **Eleonora Camacho Moreno**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS  
AGROECOSISTEMAS TROPICALES

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



DRA. SILVIA LÓPEZ ORTIZ

ASESOR:



DR. CARLOS OLGUÍN PALACIOS

ASESOR:



DR. JUAN IGNACIO VALDÉZ HERNÁNDEZ

ASESOR:



DR. ALFONSO SUÁREZ ISLAS

Tepetates, Veracruz, México, 14 de junio de 2016.

## POTENCIAL DE ESPECIES ARBÓREAS MULTIPROPÓSITO PARA INTEGRARSE EN SISTEMAS AGROFORESTALES

Eleonora Camacho Moreno, M.C.  
Colegio de Postgraduados, 2016.

Se estudió el potencial de las especies *Calyptanthes schiedeana*, *Lysiloma acapulcense* y *Tabebuia chrysantha*, para ser implementadas en sistemas agroforestales. Se evaluó la fenología, arquitectura arbórea, etnobotánica y el potencial de adopción de los árboles. La fenología incluyó siete etapas de crecimiento: 1) formación de yemas florales, 2) floración, 3) fructificación, 4) dispersión de semillas, 5) presencia, 6) caída y 7) brote de hojas, de Febrero 2014 a Marzo 2015, y se relacionaron con la temperatura y precipitación. Se midió el ángulo de inserción de las ramas de primero, segundo y tercer orden y la morfología de copa para obtener los modelos de crecimiento. Se obtuvieron los índices de conocimiento local de las especies, valor de uso e importancia cultural, y se determinó el índice de adopción y la probabilidad de adopción. Todas las especies mostraron una fenología característica a especies de selva baja caducifolia, sin embargo, *L. acapulcense* mantiene sus hojas durante casi todo el año; algunas etapas fenológicas (floración), están asociadas a la temperatura y precipitación en todas las especies. *Lysiloma acapulcense* destacó en ser la especie de mayor tamaño, con el modelo de crecimiento de Troll, *C. schiedeana* adoptó el modelo Attims y *T. chrysantha* el modelo Leeuwenberg. Los productores mostraron el mismo conocimiento por cada especie ( $P=0.943$ ), sin embargo, el conocimiento entre comunidades difirió ( $P=0.0002$ ); *L. acapulcense* resultó con mayor importancia cultural ( $P<0.0001$ ) y más preferida por los agricultores; además, solo dos comunidades se interesaron más en la adopción de las especies ( $P<0.05$ ), con distinta probabilidad de adoptar los árboles ( $P<0.0001$ ). *Lysiloma acapulcense* mostró los mejores atributos fenológicos y de arquitectura arbórea, así como la preferencia por los productores para establecerse en sistemas agroforestales.

**Palabras clave:** *Lysiloma acapulcense*, *Tabebuia chrysantha*, *Calyptanthes schiedeana*, fenología, arquitectura arbórea, conocimiento local, sistemas agroforestales.

## POTENCIAL OF MULTIPURPOSE TREE TO INTEGRATE IN AGROFORESTRY SYSTEMS

Eleonora Camacho Moreno, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2016.

The potential of the species *Calyptanthes schiedeana*, *Lysiloma acapulcense* and *Tabebuia chrysantha* for use in agroforestry systems was studied. Tree phenology, tree architecture, ethnobotanical value and potential use of the trees by producers were evaluated. Tree phenology included seven stages: 1) flower bud formation, 2) flowering, 3) fruiting, 4) seed dispersal, 5) presence, 6) leaf fall, and 7) leaf budding, and were assessed from February 2014 to March 2015 relative to temperature and precipitation. The insertion angle for first, second and third order branches, and crown morphology also were recorded for use in growth models. Indices of local knowledge of species, use value and cultural importance also were obtained, as were indices of adoption and probability of use. All species showed phenologies characteristic of tropical lowland deciduous forest. *Lysiloma acapulcense* kept its leaves throughout most of the year, and flowering was associated with temperature and precipitation in all species. *Lysiloma acapulcense* was the largest of the three species and followed the Troll growth model, *C. schiedeana* followed the Attims growth model, and *T. chrysantha* followed the Leeuwenberg growth model. Producers possessed the same knowledge of each species ( $P=0.943$ ), yet knowledge between communities was not the same ( $P=0.0002$ ). *Lysiloma acapulcense* had more cultural significance ( $P<0.0001$ ) and was most preferred by producers. Only two communities were interested in using the species ( $P<0.05$ ) but with a different probability of using the trees ( $P<0.0001$ ). *Lysiloma acapulcense* showed the best phenological attributes and tree architecture, and was most preferred by producers for establishment in agroforestry systems.

**Keywords:** *Lysiloma acapulcense*, *Tabebuia chrysantha*, *Calyptanthes schiedeana*, phenology, tree architecture, local knowledge, agroforestry systems.

*“Lo que piensas, lo serás,*

*Lo que sientes, lo atraerás,*

*Lo que imagines, lo crearas”.*

*Buda*

## DEDICATORIAS

*Dedico esta tesis a Dios, mi luz, a Ángel, María y Linette, mi bella familia,  
y a todos los sembradores de grandes y generosas sonrisas  
que motivan mi andar y trabajo en los campos.*

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por su amor infinito, por ser mi guía, mi fe, mi camino y por todas las grandes enseñanzas que me dio en estos años de estudio.

A mis padres, grandes ángeles, Lulú y Miguel, por su mágico amor y su fortaleza para seguir adelante. A mi hermana Jéssica, compañera y amiga.

A Silvia por ser una grandiosa guía y fuerte guerrera.

A Salomé, Josué y Wendy por apoyarme en el trabajo de campo. Al Dr. Elizandro Pineda Herrera por su amistad y apoyo académico, para entender lo inentendible.

Agradezco especialmente a mi consejo particular: Dra. Silvia López Ortiz, Dr. Carlos Olguín Palacios, Dr. Juan Ignacio Valdez Hernández y Dr. Alfonso Suárez Islas por dejarme un aprendizaje, por sus consejos y paciencia durante mi estancia en el Campus Veracruz.

Gracias a mis compañeros: Juan Carlos, Nicolás, Manuel, Fritz, Flor, Rosalba, Zulema, Leticia, Apolonia, Jeremías, Jairo, Adán, Salvador, y Adrián por su esencia como compañeros y maestros.

Al Lic. Eduardo Tena Flores, Secretario General del Sindicato Único de Empleados de la Universidad Michoacana (SUEUM) y a Leticia Aguilera por su apoyo incondicional para que realizara mis estudios de Maestría fuera del SUEUM.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo financiero que me otorgó para realizar mis estudios de Maestría en Ciencias en el Colegio de Postgraduados. Al Campus Veracruz del Colegio de Postgraduados, por haber sido parte de mi formación académica y profesional.

## CONTENIDO

	Página
<b>INTRODUCCIÓN GENERAL.....</b>	1
1. Situación del Problema y Justificación.....	1
2. Objetivos e Hipótesis.....	3
3. Revisión de literatura.....	4
3.1. Etnobotánica.....	5
3.2. Agroforestería y árboles multipropósito.....	8
3.3. Fenología y arquitectura arbórea de especies maderables en sistemas agroforestales.....	10
4. Literatura citada.....	13
<b>CAPÍTULO I. FENOLOGÍA Y ARQUITECTURA ARBÓREA DE <i>Calypttranthes schiedeana</i>, <i>Lysiloma acapulcense</i> Y <i>Tabebuia chrysantha</i> EN SISTEMAS AGROFORESTALES DEL CENTRO DE VERACRUZ, MÉXICO.....</b>	17
1.1. Introducción.....	20
1.2. Materiales y Métodos.....	22
1.2.1. Especies arbóreas estudiadas.....	22
1.2.2. Descripción de los sitios y selección de árboles.....	23
1.2.3. Registro de fenofases.....	23
1.2.4. Arquitectura arbórea de las especies.....	24
1.2.5. Densidad foliar y cobertura de suelo.....	25
1.2.6. Análisis de datos.....	25
1.3. Resultados.....	26
1.3.1. Fenología de las especies.....	26
1.3.2. Arquitectura de las especies.....	31
1.4. Discusión.....	35
1.5. Conclusiones.....	40
1.6. Literatura citada.....	41
<b>CAPÍTULO II. ESTUDIO ETNOBOTÁNICO DE <i>Calypttranthes schiedeana</i>, <i>Lysiloma acapulcense</i> Y <i>Tabebuia chrysantha</i> Y SU ADOPTABILIDAD PARA SISTEMAS AGROFORESTALES EN EL CENTRO DE VERACRUZ, MÉXICO.....</b>	47
2.1. Introducción.....	50
2.2. Materiales y Métodos.....	54
2.2.1. Área de estudio.....	54
2.2.2. Metodología de la encuesta.....	55
2.2.3. Conocimiento local.....	55



2.2.4.	Valor de uso.....	57
2.2.5.	Importancia cultural.....	57
2.2.6.	Adoptabilidad de las especies por los productores.....	59
2.2.7.	Probabilidad de adopción.....	60
2.2.8.	Análisis de datos.....	60
2.3.	Resultados.....	61
2.3.1.	Conocimiento local.....	61
2.3.2.	Importancia cultural.....	61
2.3.3.	Adoptabilidad y probabilidad de adopción de las especies arbóreas.....	63
2.4.	Discusión.....	64
2.5.	Conclusiones.....	67
2.6.	Literatura citada.....	67
 <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES.....</b>		<b>71</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>74</b>

## LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Ángulos de inserción y longitud de ramas de primero, segundo y tercer orden en <i>Calyptranthes schiedeana</i> , <i>Lysiloma acapulcense</i> y <i>Tabebuia chrysantha</i> .....	32
Cuadro 2. Área foliar, ángulo de inserción de hojas, longitud de lámina e índice de área foliar de <i>Calyptranthes schiedeana</i> , <i>Lysiloma acapulcense</i> y <i>Tabebuia chrysantha</i> .....	33
Cuadro 3. Medidas dasométricas de árboles fustales de <i>Calyptranthes schiedeana</i> , <i>Lysiloma acapulcense</i> y <i>Tabebuia chrysantha</i> .....	33
Cuadro 4. Arquitectura de copa arbórea en base a la frecuencia de observación de árboles fustales, <i>Calyptranthes schiedeana</i> , <i>Lysiloma acapulcense</i> y <i>Tabebuia chrysantha</i> .....	34
Cuadro 5. Índices de conocimiento ecológico y de manejo de las especies arbóreas <i>Calyptranthes schiedeana</i> , <i>Lysiloma acapulcense</i> y <i>Tabebuia chrysantha</i> , en tres localidades de Paso de Ovejas, Veracruz.....	61
Cuadro 6. Índice de importancia cultural, intensidad de uso, intensidad de uso relativo, valor de uso total relativo, frecuencia de mención relativo y usos de las especies arbóreas <i>Calyptranthes schiedeana</i> , <i>Lysiloma acapulcense</i> y <i>Tabebuia chrysantha</i> en tres localidades de Paso de Ovejas, Veracruz.....	62
Cuadro 7. Índice de adoptabilidad y probabilidad de adopción de las especies arbóreas <i>Calyptranthes schiedeana</i> , <i>Lysiloma acapulcense</i> y <i>Tabebuia chrysantha</i> en tres localidades de Paso de Ovejas, Veracruz.....	63

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Diagrama de ocurrencia de siete fenofases de <i>Calyptranthes schiedeana</i> , evaluadas cada 14 días, en el período 2014-2015.....	28
Figura 2. Diagrama de la ocurrencia de siete fenofases de <i>Tabebuia chrysantha</i> , evaluadas cada 14 días, en el período 2014-2015.....	29
Figura 3. Diagrama de ocurrencia de siete fenofases de <i>Lysiloma acapulcense</i> , evaluadas cada 14 días, en el período 2014-2015.....	30

## ANEXOS

	Página
Anexo A. Descripción de los sitios en los que se evaluó la fenología y la arquitectura arbórea de las especies arbóreas <i>Calypttranthes schiedeana</i> , <i>Lysiloma acapulcense</i> y <i>Tabebuia chrysantha</i> en tres localidades de Paso de Ovejas, Veracruz.....	74
Anexo B. Medidas dasométricas de las especies arbóreas <i>Calypttranthes schiedeana</i> , <i>Lysiloma acapulcense</i> y <i>Tabebuia chrysantha</i> para la evaluación de arquitectura arbórea.....	76
Anexo C. Tipología de copa y definición de cada criterio para evaluar la arquitectura arbórea de <i>Calypttranthes schiedeana</i> , <i>Lysiloma acapulcense</i> y <i>Tabebuia chrysantha</i> .....	77
Anexo D. Estructura del cuestionario que se aplicó a los productores para realizar el estudio etnobotánico de <i>Calypttranthes schiedeana</i> , <i>Lysiloma acapulcense</i> y <i>Tabebuia chrysantha</i> y su adoptabilidad para sistemas agroforestales en el centro de Veracruz, México.....	78

## INTRODUCCIÓN GENERAL

### 1. Situación del problema y Justificación

La alta diversidad florística y la alta diversidad florística de especies endémicas que presenta la selva baja caducifolia, pocas veces es reconocida y mucho menos usada dentro de una estrategia económica, como alternativa para impulsar el desarrollo agrícola de las comunidades rurales. A pesar de esto, áreas importantes del bosque tropical caducifolio con especies arbóreas multipropósito, presentan una fuerte presión de extracción de arbóreas debido a su eliminación total o parcial para ser sustituidas por pastizales, especies exóticas comerciales, y desplazando de este modo a las especies locales (González-Espinosa *et al.*, 2008). Siendo que la pobreza y la educación de las zonas rurales es un factor influyente para la extracción de los recursos naturales.

Se conoce relativamente poco acerca de la diversidad y abundancia de los árboles dispersos en pastizales y en otras unidades de uso de suelo en diversos países de América, y cómo estos han estado cambiando a lo largo del tiempo (Harvey y Haber, 1999). El número de programas de apoyo para la conservación de especies nativas y el establecimiento de estas es bajo, así como las trabas para la adquisición de los recursos. Además, no se conoce mucho sobre cómo los agricultores y ganaderos toman decisiones para conservar, eliminar o modificar la cobertura arbórea en sus barbechos o pastizales, y cómo estas decisiones impactan en la densidad y la composición de los árboles dispersos dentro de los predios y en sus funciones ambientales y productivas (Harvey *et al.*, 2011).

En la región de Paso de Ovejas, Veracruz, existe poca información sobre las especies arbóreas locales multipropósito como *Tabebuia chrysantha*, *Lysiloma acapulcense*, y *Calypttranthes schiedeana*. Éstas son especies asociadas al ecosistema de selva baja y el cambio de uso de suelo dentro de este tipo de ecosistema, ha afectado su permanencia en los paisajes. En Veracruz este

ecosistema ocupa extensiones del territorio de la zona centro, incluyendo a municipios como Paso de Ovejas, Puente Nacional, Soledad de Doblado y Manlio Fabio, entre otros. Estos municipios comparten un territorio donde la selva baja está altamente perturbada y donde los productores manejan diversas especies arbóreas originarias de este tipo de ecosistema como parte de su quehacer agrícola. *Tabebuia chrysantha*, *L. acapulcense* y *C. schiedeana* son especies importantes en los agroecosistemas de la zona y merecen ser estudiadas; la primera especie se encuentra en la lista de especies en riesgo según la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Está considerada como especie en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo (SEMARNAT, 2010), las otras dos especies también son escasas debido a que tienen problemas para su regeneración natural y porque tienen un alto valor de uso en la región (Suárez *et al.*, 2012).

El estudio de estas especies locales es de gran importancia, ya que debieran ser la primera opción para programas de reforestación y el rescate de especies. En contraste con las especies arbóreas introducidas, éstas están adaptadas a su medio y tienen una mejor respuesta a condiciones ambientales adversas; otras ventajas muy importantes son que los productores las conocen y que hay mayor disponibilidad de material vegetativo o semillas para su propagación (Montagnini y Jordan, 2005). Entender el valor de uso de estas especies y el por qué los productores dejan los árboles en sus potreros o parcelas y cómo los manejan, es indispensable para comprender si los adoptarían para integrarlos en sistemas agroforestales, ya que es el productor quien decide cuáles y cuántos árboles mantener en sus sistemas de producción.

Al establecerse árboles asociados con cultivos se incrementa el número de productos y servicios que los productores obtienen de sus parcelas, aún en extensiones pequeñas, y la adopción de especies multipropósito ayuda a que los sistemas sean económicamente más rentables para los

productores, porque los beneficios se van sumando a la eficiencia de todo el sistema de producción. Los beneficios ambientales también son significativos (conservación de la biodiversidad, conservación del suelo y del agua) aunque poco valorados por la dificultad para evaluarlos.

## **2. Objetivos e Hipótesis**

### **Objetivo general**

Conocer el potencial de *Calyptranthes schiedeana*, *Lysiloma acapulcense* y *Tabebuia chrysantha* como especies multipropósito para integrarse en sistemas agroforestales.

### **Objetivos específicos**

1. Describir los patrones fenológicos y de arquitectura arbórea de *Calyptranthes schiedeana*, *Lysiloma acapulcense* y *Tabebuia chrysantha* como árboles dispersos y aglomerados en potreros y parcelas agrícolas.
2. Conocer el valor cultural de las tres especies arbóreas multipropósito y los saberes locales sobre las mismas.
3. Conocer la disposición de los agricultores para adoptar cada una de las tres especies arbóreas e incluirlas en sistemas agroforestales.

### **Hipótesis general**

*Calyptranthes schiedeana*, *Lysiloma acapulcense* y *Tabebuia chrysantha* son especies arbóreas multipropósito que tienen características fenológicas, arquitectura arbórea y etnobotánicas, con probabilidades altas de adoptarse e integrarse en sistemas agroforestales.

## **Hipótesis específicas**

1. Las tres especies arbóreas multipropósito, *Calypttranthes schiedeana*, *Lysiloma acapulcense* y *Tabebuia chrysantha* presentan patrones fenológicos y de arquitectura arbórea que pueden complementarse con sistemas de cultivo para formar sistemas agroforestales.
2. Existe un conocimiento local y un valor cultural alto que define la integración de las especies en sistemas agroforestales.
3. Hay disposición de los productores para integrar las especies arbóreas multipropósito en sus sistemas agroforestales.

## **3. Revisión de literatura**

Las selvas bajas caducifolias o bosques secos tropicales se encuentran principalmente en África, Centro y Sur de América, India, Sureste de Asia y Australia. Más de la mitad (54%) del resto de los bosques tropicales secos se encuentran en Sudamérica. Estas selvas cubren más área que el bosque tropical húmedo, y su extensión original fue probablemente más grande que su actual distribución por la susceptibilidad a la conversión en tierras agrícolas (Sánchez *et al.*, 2013).

En México, la selva baja caducifolia se encuentra en el segundo lugar de importancia de los ecosistemas forestales existentes (Toledo y Ordóñez, 1998); 21 estados tienen este tipo de vegetación y siete de ellos lo tienen en más del 30% de su superficie (Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero y Morelos). En la vertiente oriental de México, este ecosistema se distribuye en tres áreas aisladas: el sur de Tamaulipas, el centro de Veracruz y el norte de la Península de Yucatán (Rzedowski, 1981). Este tipo de vegetación se distribuye donde la precipitación anual es de 450 mm a 1370 mm, entre rangos de temperatura media anual de los 19



a 27°C; el número de meses húmedos al año varía de 0 a 4.7, y el número de meses secos con precipitaciones menores a 60 mm es alto, en un rango de 6 a 9.2 meses. La estacionalidad de la precipitación es un factor ecológico dominante que define la distribución de estas selvas, formando la riqueza y composición de especies, su fenología y estructura (Trejo y Dirzo, 2002). Se conoce que en las selvas secas hay más diversidad estructural y fisiológica en la forma de vida de las plantas que en las selvas húmedas (Sánchez *et al.*, 2013).

La distribución de la vegetación también define la relación que las personas tienen con los recursos de los distintos ecosistemas. Por su amplia distribución geográfica, la selva baja caducifolia brinda servicios a una gran diversidad de poblaciones rurales de México (Chazdon *et al.*, 2011; Suárez, 2012).

### **3.1 Etnobotánica**

Los pobladores de las comunidades rurales generalmente hacen uso de numerosos recursos naturales que les rodean. Aunque se ha documentado que existen preferencias sobre grupos reducidos de ellos; o bien, el aprovechamiento para distintas categorías de uso recae sobre algunas especies en particular que desempeñan distintas especies de plantas en la subsistencia campesina y/o su valor diferencial en contextos culturales específicos. Numerosos estudios etnobotánicos han documentado que el conocimiento botánico tradicional no solo incluye aspectos sobre las propiedades utilitarias de las plantas, sino también diversos rasgos de las plantas tales como las formas y funciones de las estructuras que las componen; la duración de su ciclo de vida; comportamientos específicos ante cambios ambientales (por ejemplo la estacionalidad en la producción de hojas, flores, frutos y semillas; la vulnerabilidad o capacidad de resistencia ante interacciones con herbívoros y/o competidores, o ante acciones humanas como

quemadas, talas y otras formas de perturbación). También incluye aspectos ecológicos como la distribución y abundancia de las plantas en ambientes particulares, o las interacciones con otros seres vivos. Estos conocimientos pueden ser muy detallados y suelen utilizarse como criterios para la clasificación de especies de plantas (Camou, 2008).

Así, la etnobotánica se ha convertido en una herramienta complementaria de manejo, de estrategia de conservación de la biodiversidad en regiones tropicales (Albuquerque *et al.*, 2009) para garantizar la aceptación de planes de manejo de los recursos naturales al integrar la percepción de las personas locales (Houehanou *et al.*, 2011) e influir en el desarrollo rural identificando procesos de uso sostenible de los recursos naturales y recursos biológicos nativos, evaluando el potencial económico de florestas y promoviendo la comercialización de productos no madereros, estudiando modelos cognoscitivos y sistemas ecológicos de poblaciones tradicionales (Posey, 1987). Los estudios etnobotánicos también incluyen el bienestar humano y el desarrollo económico rural. Los sistemas locales de conocimiento ecológico proporcionan sentido de pertenencia e identidad cultural a los pueblos (Balee, 1994), y su estudio es un importante complemento para los inventarios forestales de las regiones, ya que contribuyen al taxa de la vegetación secundaria, a los sistemas agroforestales y sitios riparios, que no son cubiertos por otros tipos de estudios (Suárez *et al.*, 2012).

Las plantas de México son utilizadas para una gran variedad de propósitos, entre los que se incluyen los usos medicinales, comestibles, colorantes, aromatizantes, maderables, combustibles, materias primas para artesanías, forrajes, adhesivos y otros usos diversos. Como es conocido, numerosas especies pueden ser utilizadas para más de un propósito. Como ha sido señalado por algunos autores (Phillips y Gentry, 1993), el uso múltiple de una especie puede ser un indicador de alta importancia cultural de una planta para las poblaciones humanas. En el caso de las plantas

mexicanas hemos estimado que más del 50% tiene entre dos y cinco usos y alrededor del 25% tiene más de cinco usos distintos (Caballero, 1998).

Es importante considerar que los diferentes usos de cada especie arbórea son un criterio para evaluar la sostenibilidad de un uso determinado. De esta forma se evidencian usos (comerciales y no comerciales), que sean de riesgo potencial para el mantenimiento de poblaciones naturales y es posible determinar especies prioritarias para el estudio detallado de sus poblaciones y, retomando el objetivo inicial del concepto de valor de uso, emprender acciones hacia la conservación y el manejo adecuado de las especies (Marín *et al.*, 2005).

Albuquerque *et al.* (2005) y Lucena *et al.* (2007) sugieren que las personas pueden seguir diferentes estrategias en el uso de los recursos de plantas en regiones áridas y semiáridas en comparación con aquellas en bosques lluviosos, desde que en ambientes secos dependen de la disponibilidad de agua. La selva baja caducifolia es el tipo de vegetación de la cual la población utiliza la proporción más grande de especies de plantas (Maldonado, 1997; Soto, 2010). La más alta importancia ecológica de la utilidad de las plantas en este ecosistema puede no ser únicamente un atributo ecológico de utilidad, pero puede ser un resultado del manejo de la selva y la transformación del paisaje por los humanos sobre largos periodos de tiempo (Maldonado *et al.*, 2013).

El papel de una especie arbórea en la sociedad no está sujeto únicamente a su función de producción y servicio; también debe ser aceptable en todos los aspectos para el agricultor y para la comunidad local. Las características de los árboles que son de particular importancia para muchas comunidades locales incluyen la fumosidad de la leña, los olores y sabores de la leña o carbón vegetal, y la espinosidad (Wood y Burley, 1995).

La comprensión de las prácticas del manejo de los árboles tradicionales y el uso por los productores puede ayudar a informar a qué, cómo, y por qué los agricultores pueden gustar de una especie para plantar en sus tierras. Niveles bajos de adopción de prácticas agroforestales o la participación en iniciativas de plantación de árboles por los agricultores demuestran una necesidad para examinar que factores influyen en las decisiones de los productores para plantar árboles y que aspectos del diseño y la gestión de un programa de plantación de árboles a los agricultores les agrada o desagrada (Arnold y Dewees, 1998; Bannister y Nair, 2003).

### **3.2. Agroforestería y árboles multipropósito**

La agroforestería es el término dado al uso sustentable de la tierra el cual implica la más mínima asociación de cultivos agrícolas, hortícolas y leñosas perennes (árboles, arbustos, palmas y bambús), todo en la misma unidad de suelo (Huxley, 1983). Los sistemas agroforestales pueden contribuir en acelerar el regreso de la inversión económica y el servir a la sociedad, así como, el proveer de servicios ambientales (Montagnini y Jordan, 2005).

En la agroforestería, por lo general se implementan árboles de uso múltiple, multipropósito o multimanejo (plantas perennes leñosas) para procurar más de una aportación significativa a las funciones de producción y/o de servicio de los sistemas de uso de la tierra, obteniendo frutos y forraje entre otros productos, mientras que en otros, se busca su sombra y cobertura arbórea; de esta manera los árboles para diferentes propósitos pueden ser plantados en diferentes áreas del suelo, mostrando así que las opciones de manejo son innumerables y clasificándose de acuerdo con los atributos de la especie vegetal y con el papel funcional de la planta en los sistemas agroforestales (Cannell, 1983; Wood y Burley, 1995).

Los árboles multipropósito remanentes en pasturas o en campos agrícolas pueden tener un papel importante en la conservación de la biodiversidad, de hábitats clave, fragmentos de bosques, rutas de migración, y corredores biológicos dentro de sistemas agrícolas, ya que proveen un hábitat y recursos que están de alguna otra manera ausentes en las extensiones agrícolas; siendo así que muchos de estos árboles son importantes para los productores como recursos de madera, leña, postes, sombra para ganado y alimento para aves y otros animales (Harvey y Haber, 1999).

En la zona de lomeríos de Paso de Ovejas, Veracruz, podemos encontrar en la selva baja caducifolia especies arbóreas multipropósito importantes las cuales tienen diversos usos como *Tabebuia chrysantha* (flor de día) utilizado para madera y construcción (Leyva, 2006; Suárez *et al.*, 2012) poste, barrera viva y ornamental (Suárez *et al.* 2012), *Diphysa carthagenensis* (quiebra hacha) leña, madera (Leyva 2006, Suárez *et al.* 2012), construcción, poste y barrera viva (Suárez *et al.*, 2012), *Gliricidia sepium* (cocuite) para leña (Leyva, 2006; Suárez *et al.*, 2012) poste, barrera viva y comestible (Suárez *et al.*, 2012), *Lysiloma acapulcensen* (guaje sabana) leña (Leyva, 2006), construcción, poste y sombra (Suárez *et al.*, 2012), *Cordia alliodora* (tres hojas) construcción, leña y madera (Suárez *et al.*, 2012) y *Calypttranthes schiedeana* (Guayabillo) leña (Leyva, 2006), construcción y, poste (Suárez *et al.*, 2012). Las especies de la región son germoplasma importante, adaptado a condiciones de lluvia altamente estacional y a condiciones adversas. Sin embargo, las instituciones gubernamentales promueven la reforestación con especies arbóreas comerciales y exóticas, para plantaciones y programas de reforestación. Esto se debe a que la semilla es fácil de obtener, de rápido crecimiento y su manejo es bien conocido, sin embargo, estas especies se adaptan poco a condiciones edafoclimáticas adversas (Suárez *et al.*, 2012).

Dentro de este amplio marco general, el manejo de los árboles que los agricultores tienen varían, y sus decisiones son susceptibles de ser influidos por una serie de factores, incluyendo: disminución en el acceso a los recursos arbóreos fuera de la finca, las características agroecológicas y prácticas de uso del suelo, tenencia de la tierra y el crecimiento en las transacciones de mercado, la disponibilidad de los factores y la asignación y gestión de los riesgos (Arnold y Dewees, 1998).

Los árboles contribuyen a las estrategias de vida de los agricultores, y aunque ellos conocen muchas de las especies disponibles localmente, necesitan tener acceso a un menú de las especies que se adaptan a las diferentes necesidades y oportunidades (Arnold y Dewees, 1998). A pesar de los importantes adelantos científicos y tecnológicos hechos en agroforestería en las últimas décadas, la escala de la plantación de árboles realizada por pequeños agricultores en general no ha cumplido con la protección de cuencas hidrográficas o el aumento de ingresos de los agricultores (Franzel y Scherr, 2001).

### **3.3. Fenología y arquitectura arbórea de especies maderables en sistemas agroforestales**

El establecer árboles multipropósito con cultivos agrícolas adquiere un compromiso entre el nivel de productividad y la sostenibilidad del sistema (Cannell y Jackson, 1985). Por lo que se puede hablar de ideotipos o tipos funcionales de árboles; el término ideotipo literalmente significa “una forma que denota una idea” y que de acuerdo a Donald (1968) el término fue acuñado para describir el tipo de estructura de la planta que asociado a cultivos puede ayudar a optimizar la producción. En el caso de los sistemas agroforestales es necesario la selección de copas apropiadas en base a su forma, los efectos de ésta sobre los cultivos y su función, ya que existe la variación genética de características de copa como: a) peso específico de las hojas, b) la

capacidad de movimiento de las hojas y otras adaptaciones que reduzcan al mínimo los efectos adversos de las altas cargas de calor y el estrés hídrico, c) la orientación de las hojas, forma, tamaño y duración y d) el ángulo, longitud, disposición, longevidad y número de ramas (Dickmann, 1985). Por lo tanto, es importante considerar agrupar a las leñosas más usadas en agroforestería por su descripción como por su clasificación de tipo funcional, para el diseño de sistemas agroforestales (Donald, 1968).

De esta manera, la elección de árboles multipropósito para los sistemas agroforestales no es una cuestión de encontrar la especie más adaptada y vigorosa. Los requerimientos pueden variar incluso dentro de la misma área local por sus usos (forraje, combustible, madera, cobertura, entre otros). Algunos géneros que se han estudiado con este propósito son: *Acacia*, *Albizia*, *Alnus*, *Azadirachta*, *Balanites*, *Brosimum*, *Cassia*, *Ceratonia*, *Cordeauxia*, *Gliricidia*, *Inga*, *Leucaena*, *Parkia*, *Prosopis*, *Sesbania* y *Zizyphus*, entre otros (Huxley, 1983).

Sin embargo, hay mucho que aprender de las características de los géneros y las especies arbóreas en relación a necesidades agroforestales particulares. Algunas características de importancia son la adaptabilidad al clima y el suelo, el rango de crecimiento en etapas tempranas, la palatabilidad como forraje, habilidad para resistir condiciones adversas en la etapa de germinación y planta joven; características productivas, ciclaje de nutrientes y la capacidad de fijación de nitrógeno, que sean libres de plagas y enfermedades, y el conocimiento fenológico tanto de las arbóreas como de los cultivos en asociación (Huxley, 1983).

El conocimiento de los patrones de hoja en árboles relacionados con las condiciones climáticas y los periodos de crecimiento de los cultivos asociados, es esencial para un completo entendimiento de los aspectos funcionales de los sistemas agroforestales. Por tanto el registro de las

características fenológicas de los árboles es de suma importancia, como indicador de la respuesta de estas a las condiciones climáticas y edáficas, para la comprensión de la dinámica y el manejo de la asociación de especies de plantas (Arteaga, 2007).

La información detallada de la naturaleza y los orígenes de los cambios estacionales en los patrones de hoja podrán ser extrapolados a otras regiones climáticas y proveer un criterio de selección de genotipos convenientes (Huxley, 1983). Así, existe la necesidad de entender los patrones fenológicos de los bosques secos e integrar sus mecanismos a dos niveles: (1) en el contexto de la biología de conservación y (2) en el contexto del uso de tierras y su transformación (Sánchez *et al.*, 2013).

Por otro lado, la arquitectura arbórea de las especies multipropósito es otro atributo que debe considerarse en la implementación de sistemas agroforestales y para el manejo de éstas. Se dice que la forma tridimensional de los árboles puede ser compleja, pero nunca es aleatoria. Cada árbol tiene su programa específico de crecimiento, controlado por los genes. La forma final puede ser modificada por factores ecológicos pero siempre se quedan las reglas genéticas del desarrollo, y existen claves que permiten analizarlas como: la dirección del crecimiento de los vástagos, vertical u horizontal, la disposición de las ramas pudiendo ser continua o rítmica; y la ubicación de las estructuras reproductivas siendo terminales o laterales (Hallé *et al.*, 1978).

La combinación de estos rasgos permite definir arquitecturas diferentes, o mejor dicho, distintos modelos de arquitectura (Hallé, 2009). Los modelos son simples, estos probablemente representan el análisis más elemental de la forma de la planta y son cualitativos. El reconocimiento de esta diversidad a través del análisis y la categorización de ejemplares son



ciertamente benéficos en el avance de la ciencia de la morfología de las plantas (Hallé *et al.*, 1978).

#### 4. Literatura citada

Albuquerque, U. P., L. H. Cavalcanti. A., and A. C. Oliveira S. 2005. Use of plant resources in a seasonal dry forest (Northeastern Brazil). *Acta botanica Brasilica* 19(1): 27–38.

Albuquerque, U. P. 1999. La importancia de los estudios etnobiológicos para establecimiento de estrategias de manejo y conservación en las florestas tropicales. *Biotemas* 12(1): 31-47.

Arnold, M. and P. Dewees. 1998. Rethinking approaches to tree management by farmers. *Natural Resource Perspectives* 26: 1-10.

Arteaga, L. L. 2007. Fenología y producción de semillas de especies arbóreas maderables en un bosque húmedo montano de Bolivia. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental* 21: 57-68.

Balee, W. 1994. *Footprints of the forest : Ka'apor Ethnobotany. The historical ecology of plant utilization by an Amazonian People.* Columbia University Press, New York . 416 p.

Bannister, M. E. y P. K. R. Nair. 2003. Agroforestry adoption in Haiti: the importance of household and farm characteristics. *Agroforestry Systems* 57: 149-157.

Caballero, J., A. Casas, L. Cortés y C. Mapes. 1998. Patrones en el conocimiento, uso y manejo de pueblos indígenas de México. *Estudios Atacameños* 16: 181-195.

Camou-Guerrero, A., V. Reyes-García, M. Martínez-Ramos, A. Casas. 2008. Knowledge and use value of plant species in a Rarámuri community: a gender perspective for conservation 36: 259-272.

Canell, M.G.R. 1983. Plant management in agroforestry: manipulation of trees, population densities and mixtures of trees and herbaceous crops. *In: Huxley P.A (eds.). Plant research and agroforestry.* International Council for Research In Agroforestry. ICRAF, Nairobi, Kenia. pp. 455-488.

Cannell, M.G.R. and J.E. Jackson. 1985. *Attributes of Trees as Crop Plants.* Institute of Terrestrial Ecology, Natural Environment Research Council. Titus Wilson and Son. Kendal, Cumbria, Great Britain. 592 p.

Chazdon, R. L., C. A. Harvey, M. Martínez-Ramos, P. Balvanera, K. E. Stoner, J. E. Schondube, L. D. Avila C. y M. Flores. 2011. Seasonally dry tropical forest biodiversity and conservation value in agricultural landscapes of Mesoamerica. *In: R. Dirzo, H. S. Young, H. A. Mooney and G. Ceballos (eds.). Seasonally Dry Tropical Forests: Ecology and Conservation.* Island Press, Washington, USA. pp. 195-219.

- Dickmann, D.I. 1985. The ideotype concept applied to forest trees. *In*: Cannell M.G.R. and Jackson J.E. (eds). Attributes of trees as crop plants. Institute of Terrestrial Ecology, Natural Environmental Research Council, Kendal, UK. pp. 89-101.
- Donald, C.M. 1968. The breeding of crop ideotypes. *Euphytica* 17: 385-403.
- Franzel, S. and S. J. Scherr. 2001. Trees on the farm: Assessing the adoption potential of agroforestry practices in Africa. CABI. Wallingford, UK. 208 p.
- Hallé, F. 2009. Arquitectura arbórea. XXXII Jornadas Argentinas de Botánica. Huerta, Grande, Córdoba, Argentina. Octubre del 2009.
- Hallé, F., R. A. A. Oldeman and P. B. Tomlinson. 1978. Tropical Trees and Forests. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 331 p.
- Harvey, C.A. and W. A. Haber. 1999. Remnant trees and conservation of biodiversity in Costa Rica pastures. *Agroforestry Systems*. 44: 33-68.
- Harvey, C. A., C. Villanueva, H. Esquivel, R. Gómez, M. Ibrahim, M. Lopez, J. Martinez, D. Muñoz, C. Restrepo, J. C. Sáenz, J. Villacís and F. L. Sinclair. 2011. Conservation value of dispersed tree cover threatened by pasture management. *Forest Ecology and Management* 261: 1664-1674.
- Houehanou, T. D., A. E. Assogbadjo, R. G. Kakai, M. Houinato, B. Sinsin. 2011. Valuation of local preferred uses and traditional ecological knowledge in relation to three multipurpose tree species in Benin (West Africa). *Forest Policy and Economics* 13: 554-562.
- Huxley, P.A. 1983. Phenology of tropical woody perennials and seasonal crop plants with reference to their management in agroforestry systems. *In*: P. A. Huxley (ed.). Plant Research and Agroforestry. International Council for Research in Agroforestry. Nairobi, Kenya. pp. 503-525.
- Leyva, B. V. 2006. Uso, extracción y manejo de los acahuals de la Selva Baja Caducifolia en las localidades de Acazónica y Paso de Ovejas de la zona sotavento del estado de Veracruz. Tesis de Maestría Postgrado en Agroecosistemas Tropicales. Colegio de Postgraduados, Veracruz, México. 114 p.
- Lucena, R. F. P., E. L. Araújo, and U. P. Albuquerque. 2007. Does the local availability of woody Caatinga plants (Northeastern Brazil) explain their use value? *Economic Botany* 61(4):347-361.
- Maldonado, B. 1997. Aprovechamiento de los recursos florísticos en la Sierra de Huautla, Morelos. Tesis de Maestría. Ciudad de México, México: Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

- Maldonado, B., J. Caballero, A. Delgado-Salinas and R. Lira. 2013. Relationship between Use Value and Ecological Importance of Floristic Resources of Seasonally Dry Tropical Forest in the Balsas River Basin, México. *Economic Botany* 67(1): 17–29.
- Marín-Corba, C., D. Cárdenas-López y S. Suárez-Suárez. 2005. Utilidad del valor de uso en etnobotánica. Estudio en el departamento de Putumayo (Colombia). *Caldasia* 27(1): 89–101.
- Montagnini, F. and C. F. Jordan. 2005. *Tropical Forest Ecology. The basis for conservation and management.* Springer, Heidelberg, Germany. 300 p.
- Phillips, O. and A. H. Gentry. 1993. The useful plants of Tambopata, Peru: I. statistical hypotheses tests with a new quantitative technique. *Economic Botany* 47(1): 15-32.
- Posey, D. A., 1985. Indigenous management of tropical forest ecosystems: the case of the Kayapo Indians of the Brazilian Amazon. *Agroforestry Systems* 3: 139–158.
- Posey, D. A. 1987. Etnobiología y ciencia folk: su importancia para la Amazonia. *Hombre y Ambiente* 1: 7-26.
- Rzedowski, J. 1981. *Vegetación de México.* 1ra. Edición. Editorial Limusa, México. 432 p.
- SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, México.
- Soto, J. C. 2010. Plantas útiles de la cuenca del Río Balsas. In: Ceballos G., L. Martínez, A. García, E. Espinoza, J. Bezaury Creel y R. Dirzo (eds). *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas del Pacífico de México.* Fondo de Cultura Económica. pp. 285-320.
- Suárez, I. A., G. Williams-Linera, C. Trejo, J.I. Valdez-Hernández, V. M. Cetina-Alcalá and H. Vibrans. 2012. Local knowledge helps select species for forest restoration in a tropical dry forest of central Veracruz, México. *Agroforestry Systems* 85: 35-55.
- Toledo, V.M. y M.J. Ordóñez. 1998. El panorama de la biodiversidad de México: una revisión de hábitats terrestres. In: T.P Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds). *Diversidad biológica de México. Orígenes y distribución.* Instituto de Biología, UNAM. 757 p.
- Trejo, I. y R. Dirzo. 2002. Floristic diversity in Mexican seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. *Biodiversity and Conservation* 11: 2063-2084.
- Wood, P.J. y J. Burley. 1995. Un árbol para todo propósito. Introducción y evaluación de árboles de uso múltiple para agroforestería. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 180 p.



## CAPÍTULO I

### FENOLOGÍA Y ARQUITECTURA ARBÓREA DE *Calyptranthes schiedeana*, *Lysiloma acapulcense* Y *Tabebuia chrysantha* EN SISTEMAS AGROFORESTALES DEL CENTRO DE VERACRUZ, MÉXICO.

### PHENOLOGY AND TREE ARCHITECTURE OF *Calyptranthes schiedeana*, *Lysiloma acapulcense* Y *Tabebuia chrysantha* IN AGROFORESTRY SYSTEMS IN CENTRAL VERACRUZ, MÉXICO.

Eleonora Camacho Moreno <sup>1</sup> Silvia López Ortiz <sup>1</sup>, Carlos Olguín Palacios <sup>1</sup>, Alfonso Suárez Islas <sup>2</sup>, Juan Ignacio Valdez Hernández <sup>3</sup> y Elizandro Pineda Herrera <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, Km. 88.5 de la carretera Federal Xalapa-Veracruz, predio Tepetates, Municipio de Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México. C.P. 91690. Tel: (229) 2010770, ext. 64333. E-mail: eleonora.moreno@colpos.mx, silvialopez@colpos.mx, olguin@colpos.mx

<sup>2</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Av. Universidad Km. 1, Ex Hacienda de Aquetzalpa, 43600, Tulancingo, Hidalgo, México. Tel: (775) 7533495. E-mail: alf.suari.is@gmail.com

<sup>3</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Km. 36.5 carretera Federal México- Texcoco, 56230, Col. Montecillo, Texcoco, Edo. de México, México. Tel: (595) 9520200, ext. 1471 y 1480. E-mail: ignacio@colpos.mx

<sup>4</sup> Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, San Rafael Atlixco, 09340, Iztapalapa, México. E-mail: elizandro@colpos.mx

## Resumen

Se estudió la fenología y arquitectura de *Calyptanthes schiedeana*, *Lysiloma acapulcense* y *Tabebuia chrysantha*, especies de importancia cultural y con potencial para agroforestería, dentro del ecosistema selva baja caducifolia. Se seleccionaron 10 árboles de cada especie dispersos en agroecosistemas de Veracruz, México, y se evaluó la fenología cada 14 días (febrero 2014–marzo 2015), registrándose cambios en: 1) formación de yemas florales, 2) floración, 3) fructificación, 4) dispersión de semillas, 5) presencia, 6) caída y 7) brote de hojas, y se relacionaron con la temperatura y precipitación; en marzo del 2014 se evaluó la arquitectura arbórea y se definió el tipo de crecimiento. Las especies mostraron fenología característica de selva baja caducifolia, aunque *L. acapulcense* tendió a mantener hojas durante mayor tiempo y fructificar en el periodo de menor humedad en el suelo. La precipitación fue necesaria en *C. schiedeana* para cubrirse de yemas foliares ( $r=0.60$ ,  $P=0.0004$ ); el descenso de la temperatura influyó en la formación de yemas florales ( $r=0.58$ ,  $P=0.0008$ ) de *T. chrysantha*, y la fructificación en *L. acapulcense* fue sesando con temperaturas bajas ( $r=-0.90$ ,  $P<0.0001$ ), esta última también destacó por su copa situada a mayor altura ( $P<0.0001$ ), de mayor tamaño ( $P<0.0001$ ) y con ramas más largas ( $P<0.0001$ ); además, adoptó el modelo de crecimiento Troll, mientras que *T. chrysantha* presentó el modelo Leeuwenberg y *C. schiedeana* el de Attims. Se concluye que las tres especies tienen distintos patrones fenológicos y modelos arquitecturales pero pueden adaptarse a sistemas agroforestales asociándolos a cultivos.

**Palabras clave:** Árboles multipropósito, modelo arquitectónico, selva baja caducifolia, sistemas agroforestales.

## Abstract

We studied the phenology and architecture of the trees *Calypttranthes schiedeana*, *Lysiloma acapulcense*, and *Tabebuia chrysantha*, species having cultural importance and potential for use in agroforestry systems within tropical lowland deciduous forests. Ten trees of each species were selected in agroecosystems in the state of Veracruz, Mexico, and their phenology was evaluated every 14 days from February 2014, to March 2015. We also registered changes in: (1) flower bud formation, (2) flowering, (3) fruiting, (4) seed dispersal, (5) leaf presence, (6) leaf-fall, and (7) leaf budding and correlated those changes to temperature and precipitation. During March, 2014, we assessed tree architecture and type of growth. The phenology of all three species was characteristic of tropical lowland deciduous forest, although *L. acapulcense* retained its leaves for a longer time, and bore fruit during the time period of less humidity. Precipitation was necessary for leaf budding in *C. schiedeana* ( $r=0.60$ ,  $P=0.0004$ ); reduction in temperature influenced the formation of flower buds ( $r=0.58$ ,  $P=0.0008$ ) in *T. chrysantha*, and the fruiting of *L. acapulcense* stopped at low temperatures ( $r=-0.90$ ,  $P<0.0001$ ), and their canopies were at a greater height ( $P<0.0001$ ), of greater size ( $P<0.0001$ ), and with longer branches ( $P<0.0001$ ). *Lysiloma acapulcense* followed the Troll architectural growth model, while *T. chrysantha* followed the Leeuwenberg model, and *C. schiedeana* the Attims model. The three species have different phenology and architectural models, but can be adapted to agroforestry systems associated with crops.

**Key words:** multipurpose trees; architectural model; tropical lowland deciduous forest; agroforestry systems.

## 1.1. Introducción

Los árboles de uso múltiple son especies leñosas que se cultivan para hacer más de una aportación significativa a las funciones de producción y de servicio en sistemas de uso del suelo que incluyen árboles, y que caen en el ámbito de la agroforestería. La gran diversidad de especies arbóreas nativas en distintas regiones ecológicas, que tienen usos múltiples y gran valor cultural para la sociedad, hace innecesaria la introducción de especies exóticas que no pueden reemplazar satisfactoriamente a las especies locales (Aguilar y Condit, 2001). Es más fácil el uso de especies multipropósito de origen local con distintos fines (Wood, 1990), ya que tienen mejor o igual desenvolvimiento que las especies exóticas, por su mayor adaptación al clima, las condiciones de suelo y el manejo que se les proporciona (Piotto *et al.*, 2001).

Implementar especies arbóreas locales en sistemas agroforestales conlleva la necesidad de conocer las características de las especies, tales como su fenología, hábitos y forma de crecimiento (Wood y Burley, 1995), su capacidad productiva, capacidad para reciclar nutrientes, la fijación de nitrógeno, resistencia a plagas y enfermedades y la preferencia de los productores que las utilizarán (Huxley, 1983; Owino, 1992).

La fenología de las especies se utiliza para decidir el manejo del dosel y asegurar la producción, buscando que el dosel de las arbóreas provea niveles variables de sombra durante el año en forma sincronizada con el ciclo fenológico de los cultivos (Somarriba, 2005). La arquitectura de los árboles es otro aspecto que debe ser considerada al implementar sistemas agroforestales, ya que la forma y características de la copa definen la forma de crecimiento del árbol, su eficiencia en la producción de madera (Sestras, 2004), y la producción de los cultivos asociados (Beer *et al.*, 2003).



En el centro de Veracruz, la selva baja y selva mediana caducifolia han sido perturbados a causa de la agricultura y ganadería (Pennigton y Sarukhán, 2005; Gómez *et al.*, 2010). Para la restauración de estos bosques tropicales se han propuesto la plantación y fomento de especies arbóreas nativas multipropósito en sistemas agroforestales. Algunas de las especies importantes de estos ecosistemas son *Calyptranthes schiedeana* O. Berg (Myrtaceae), *Lysiloma acapulcense* (Kunth) Benth (Fabacea) y *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson (Bignoniacea), las cuales son especies características de vegetación secundaria, notables de bosques maduros. En el Centro de Veracruz tienen alta importancia cultural y también son importantes para la vida silvestre, y actualmente se encuentran escasas en la región (Suárez *et al.*, 2012).

Aun reconociendo la importancia de implementar el uso de árboles nativos, hay poco interés en programas de reforestación con este tipo de árboles. Esto se atribuye a la poca información sobre la ecología, biología y el rendimiento de dichas especies, limitando el éxito y la adopción de estrategias de reforestación diversificada, de esta manera son pocas las especies nativas que se usan para reforestación existiendo un interés limitado desde el punto de vista de especies utilizables para la industria forestal (Condit *et al.*, 1993; Wishnie *et al.*, 2007). Por lo que es necesario fomentar el manejo y aprovechamiento de éstas especies locales.

Debido a la necesidad de conocer la vegetación nativa con potencial para implementarse en sistemas agroforestales, el presente estudio tuvo como objetivo describir los patrones fenológicos y la arquitectura arbórea de *Calyptranthes schiedeana*, *Lysiloma acapulcense* y *Tabebuia chrysantha* como árboles dispersos y aglomerados en potreros, parcelas y cercos vivos, considerando que por su importancia cultural y valor para la fauna silvestre, son árboles valiosos para la agroforestería en agroecosistemas locales.

## 1.2. Materiales y Métodos

El estudio se realizó en diversos sitios de las localidades Bandera de Juárez, Paso Panal y Patancán, ubicados geográficamente entre las coordenadas 19°11'58.27'' a 19°12'54.18''N y 96°25'25.28'' a 96°30'46.29''O. Las comunidades se encuentran en la zona alta del municipio Paso de Ovejas, de 84 a 203 msnm, donde la temperatura media anual es 24°C y la precipitación anual es 973 mm (INEGI, 2009). En la clasificación climática de García (1973), el clima es del tipo Aw''0 (w) (i') g, el más seco de los cálidos húmedos, con lluvias en verano y presencia de sequía intraestival. El tipo de vegetación del centro de Veracruz es selva baja caducifolia, siendo importante por su estructura y diversidad florística, su endemismo de la flora vascular y el número de especies en peligro (Castillo-Campos, 2005; Castillo-Campos, 2007). Este ecosistema ha sido deforestado y actualmente, el paisaje es un mosaico de tierras agrícolas, vegetación secundaria y relictos de vegetación primaria restringidos mayormente a áreas con pendientes escarpadas (Trejo y Dirzo, 2000; Steininger *et al.*, 2001; Gordon *et al.*, 2004).

### 1.2.1. Especies arbóreas estudiadas

Se estudiaron las especies nativas *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) (Bignoniaceae), *Lysiloma acapulcense* (Fabaceae) y *Calyptranthes schiedeana* (Myrtaceae), pertenecientes al grupo de las plantas heliofitas (Pennigton y Sarukhán, 2005) y de crecimiento lento. Estas especies se eligieron debido a su importancia cultural y a su escasas dentro de la región de estudio. Según Bautista (2009) y Suárez *et al.* (2012), se determinó a *T. chrysantha* como una de las especies con mayor número de usos y de importancia cultural; *L. acapulcense* es otra especie muy valorada por su madera resistente a plagas pero escasa en la región, mientras que *C. schiedeana* ha sido catalogada como especie muy importante para la vida silvestre.

### **1.2.2. Descripción de los sitios y selección de árboles**

Los especímenes estudiados de las tres especies se encontraban dentro de 14 sitios de uso agropecuario (extensión de los sitios desde 0.5 a 30 ha), elegidos dentro de un radio de aproximadamente 18 km, con topografía desde pendiente hasta sitios planos. El manejo común de los sitios ha sido la quema controlada antes de la llegada de las lluvias y el control manual de arvenses. En algunos sitios, los árboles se encontraban tanto dispersos en cercos vivos como dentro de los potreros y parcelas agrícolas, y otros en bosquetes asociados a otras especies características de selva baja caducifolia,

Los árboles *L. acapulcense* se ubicaban en dos parcelas de maíz, dispersos en cercas vivas y aglomerados dentro de la parcela, en otros tres sitios se ubicaron como árboles dispersos y aglomerados dentro de pastizales; *C. schiedeana* se encontró en tres sitios, en dos se encontraron como árboles dispersos y aglomerados dentro de pastizales y en otro sitio se localizaron alineados como cercos vivos en una parcela de maíz. *Tabebuia chrysantha* abundó en cinco sitios de pastizal encontrándose dispersos y aglomerados dentro de los potreros asociados con otras especies arbóreas y gramíneas, y un último sitio se caracterizó por ser un fragmento de vegetación secundaria de bosque tropical caducifolio con árboles aglomerados de *C. schiedeana* y dispersos de *T. chrysantha* y *L. acapulcense*, entre otras especies arbóreas y gramíneas (Anexo A).

### **1.2.3. Registro de fenofases**

Se evaluó la fenología de Febrero del 2014 a Marzo del 2015. Se eligieron 10 especímenes de cada especie, en etapa reproductiva (maduros), y cada 14 días se registraron los cambios en las fases fenológicas: 1) formación de yemas florales, 2) floración, 3) fructificación, 4) dispersión de

semillas, 5) presencia, 6) caída y 7) brote de hojas (Fournier, 1974; Milla *et al.*, 2009; Pineda-Herrera *et al.*, 2012).

En cada árbol se registró el avance de cada etapa fenológica en la escala del 0 al 100 convertida a cinco rangos: 0%, 1-25%, 26-50%, 51-75% y 76-100% (Fournier, 1974; Pineda-Herrera *et al.*, 2012). Para dar un valor al avance de la etapa fenológica se trazaron cuatro cuadrantes imaginarios en la copa arbórea (divididos por un eje vertical y uno horizontal), posteriormente se asignó el valor a cada cuadrante en la escala descrita y se sumaron. Las observaciones de los árboles las realizó un observador entrenado, utilizando binoculares de alto alcance.

#### **1.2.4. Arquitectura arbórea de las especies**

Se evaluó la arquitectura arbórea del 6 al 20 de marzo de 2015, en 20 árboles fustales de cada especie (> 2.5 cm de DAP), ubicados dentro de los sitios anteriormente descritos (algunos árboles evaluados fueron los mismos que se estudiaron en Fenología). Se midió diámetro del fuste a 1.3 m de la base, diámetro de copa de Norte a Sur y de Este a Oeste, altura a la primera rama viva, altura total y altura de copa, con un clinómetro Brunton.

También se determinó el modelo arquitectónico de las tres especies, de acuerdo a las definiciones de Hallé *et al.* (1978) y lo sugerido por Interián-Ku *et al.* (2009). Se valoró cualitativamente el crecimiento del eje principal por su patrón (monopódico o simpódico) y forma (determinado o indeterminado); la ramificación por su orientación y simetría (ortotrópico o plagiotrópico); el ángulo de inserción de ramas (ascendente de 16 a 45° o difuso de 46 a 75°), la longitud de ramas (largas o cortas); las estructuras reproductivas por su posición (axilar o apical) y las reiteraciones de las ramas (total o parcial, adaptativa o traumática). El ángulo de inserción y la longitud de ramas, se midió utilizando el software Image Tool versión 3.00 (IT. The University of Texas. San

Antonio, Texas. 2002) que requirió tomar fotografías con un lente de 18-55 mm de una cámara digital marca Nikon, siguiendo una serie de fotos de los ángulos de inserción y longitud de ramas de primero, segundo y tercer orden; para esto se colocó un patrón de referencia de 1 m en cada rama para obtener las medidas escalares con el software Image Tool 3.00.

Como parte de la arquitectura también se midieron los ángulos de inserción de las hojas con un transportador, y el área foliar utilizando un medidor portátil modelo LI-3000C (Portable Área Meter; Lincoln, Nebraska U.S.A.). Se registraron atributos del contorno, cobertura y arquitectura (forma, segmentación, división y profundidad) de las copas (Trichon, 2001).

#### **1.2.5. Densidad foliar y cobertura de suelo**

Se determinó la densidad del follaje en 10 individuos de cada especie en la época de lluvias (Julio), utilizando el LAI-2000 Plant Canopy Analyzer (LI-COR Biosciences; Nebraska, U.S.A.), con el lente de 360°. Se midió la cobertura del suelo bajo y fuera de la copa de los mismos árboles en los cuatro puntos cardinales (norte, sur, este y oeste), con la finalidad de cuantificar el grado en que la sombra de cada especie modifica la cobertura, como indicador indirecto del crecimiento de las especies herbáceas bajo el dosel, se evaluó visualmente el porcentaje de suelo cubierto por vegetación, dentro de un rectángulo de madera de 50x20 cm (Bonham, 1989).

#### **1.2.6. Análisis de datos**

En cada etapa fenológica para cada especie de árbol se determinó el promedio de ocurrencia de la etapa en cada punto de muestreo (cada 14 días) y se graficaron. Se calcularon coeficientes de correlación paramétrica de Pearson para los valores promedio de cada fenofase con la precipitación acumulada y temperatura media del aire (del periodo correspondiente de 14 días).

Los datos del clima se obtuvieron de la estación meteorológica del Colegio de Postgraduados ubicada dentro de la zona de estudio.

Todas las variables siguieron distribución normal (Proc univariate) y para determinar diferencias entre especies se efectuaron análisis de varianza de las variables diámetro a la altura de pecho, diámetro basal, altura total, altura de copa, área de copa y se hicieron comparaciones de medias con prueba de Tukey cuando hubo diferencias significativas ( $P < 0.05$ ). Las variables ángulo de inserción y longitud de ramas de primero, segundo y tercer orden se analizaron con el procedimiento GLM y pruebas LSMeans ajustadas a Tukey. Los modelos incluyeron únicamente el efecto de la especie del árbol. En todos los análisis se utilizó Statistical Analysis System (versión 4.3.0; SAS Institute Inc., 2010).

### **1.3. Resultados**

#### **1.3.1. Fenología de las especies**

*Calyptanthes schiedeana* mantuvo hojas a lo largo del año, mostrando rápida formación de yemas foliares en mayo hasta cubrir su copa de hojas completamente en junio; inició la caída de hojas en enero y se intensificó en abril y mayo. Una vez que el árbol revistió su copa de hojas, comenzó a formar rápidamente yemas florales durante junio para comenzar a fructificar lentamente en julio, intensificándose la etapa en octubre y declinar en noviembre, presentando en este mes la mayor dispersión de frutos con un inicio lento en septiembre (Figura 1). La precipitación fue necesaria para que esta especie formara yemas foliares ( $r = 0.60$ ,  $P = 0.0004$ ), y la temperatura influyó en la fructificación ( $r = 0.46$ ,  $P = 0.0108$ ).

*Tabebuia chrysantha* alcanzó su máxima formación de yemas foliares en mayo, presenciando así mayor cobertura de hojas de junio a diciembre y con mayor defoliación en febrero, quedando la

mayoría de árboles completamente sin hojas en abril y mayo. La formación de yemas florales dio inicio en junio siguiendo su desarrollo hasta marzo y mostrando su mayor punto de floración en marzo, en tanto su fructificación y dispersión de frutos se presentó en abril (Figura 2).

La disminución de la temperatura influyó en la formación de yemas florales ( $r = - 0.58$ ,  $P = 0.0008$ ) y caída de hojas ( $r = - 0.67$ ,  $P < 0.0001$ ) en *T. chrysantha*, en tanto que el aumento de la precipitación tuvo relación con la formación de yemas foliares ( $r = 0.45$ ,  $P = 0.0107$ ).

*Lysiloma acapulcense* al igual que *C. schiedeana* presentó hojas durante todo el periodo evaluado, observándose la formación de yemas foliares en marzo, que coincidió con el periodo más intenso de caída de hojas durante los meses de febrero y marzo, mientras que en abril, uno de los meses con menor precipitación, se observó una rápida transición de formación de yemas florales a floración. La formación de frutos se presentó mayormente en Noviembre y su dispersión de semillas en abril del año siguiente (Figura 3).

Se observó que la fructificación en *L. acapulcense* fue sesando con temperaturas bajas ( $r = - 0.90$ ,  $P < 0.0001$ ). Por otro lado, la dispersión de semillas exhibió una sincronía con las fenofases caída de hojas ( $r = 0.59$ ,  $P = 0.0005$ ), formación de yemas foliares ( $r = 0.81$ ,  $P < 0.0001$ ), formación de yemas florales ( $r = 0.57$ ,  $P = 0.0011$ ) y floración ( $r = 0.52$ ,  $P = 0.0029$ ); así, al formar completamente sus yemas florales hubo un comienzo de la floración ( $r = 0.79$ ,  $P < 0.0001$ ), siendo necesaria también la caída de hojas para su fructificación ( $r = 0.43$ ,  $P = 0.0171$ ). Otras observaciones fueron que la formación de yemas foliares y la dispersión de semillas ocurren sin la presencia de hojas ( $r = - 0.60$ ,  $P = 0.0004$ ;  $r = - 0.77$ ,  $P = < 0.0001$  respectivamente).

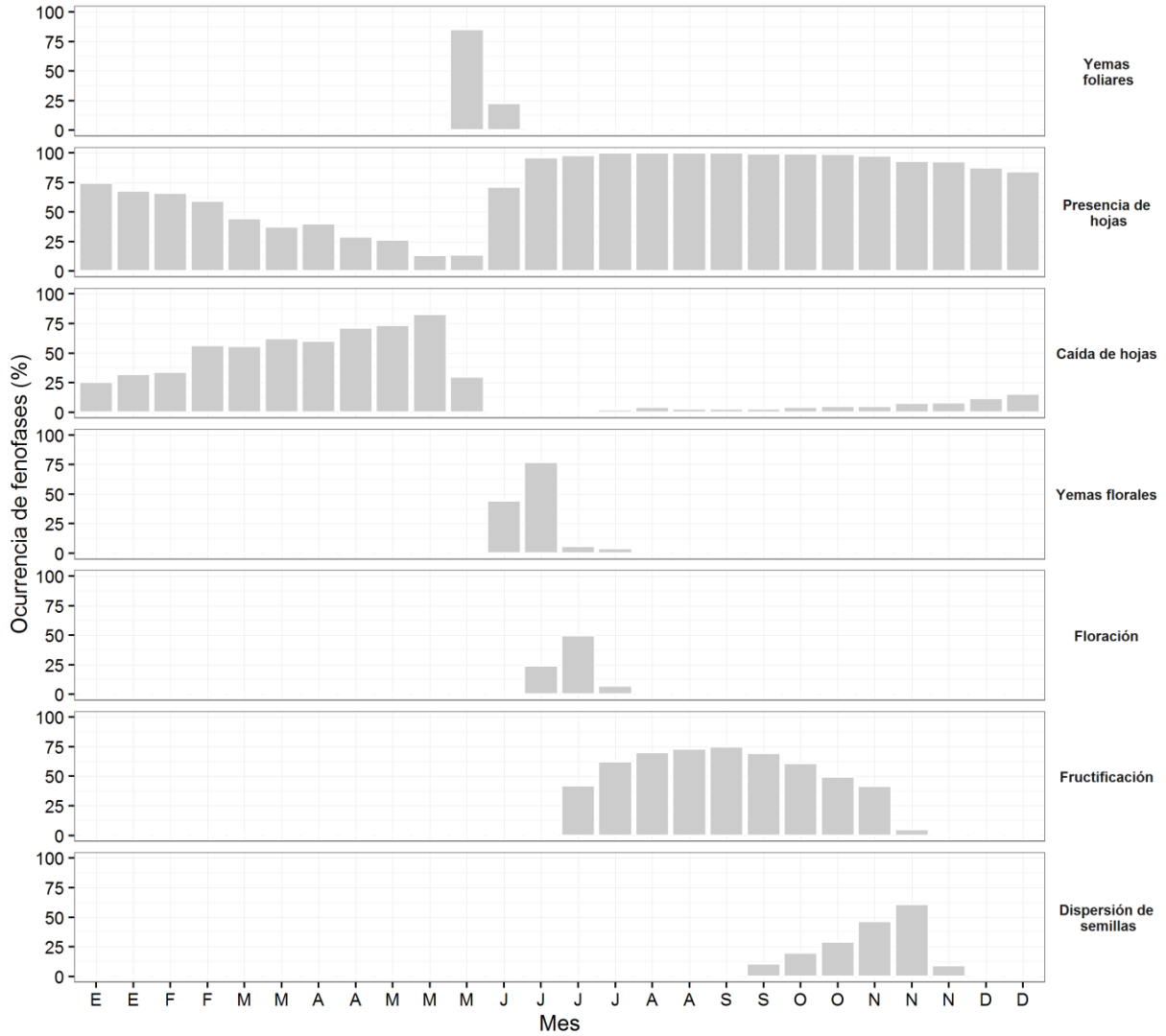


Figura 1. Diagrama de ocurrencia de siete fenofases de *Calyptranthes schiedeana*, evaluadas cada 14 días, en el periodo 2014-2015.



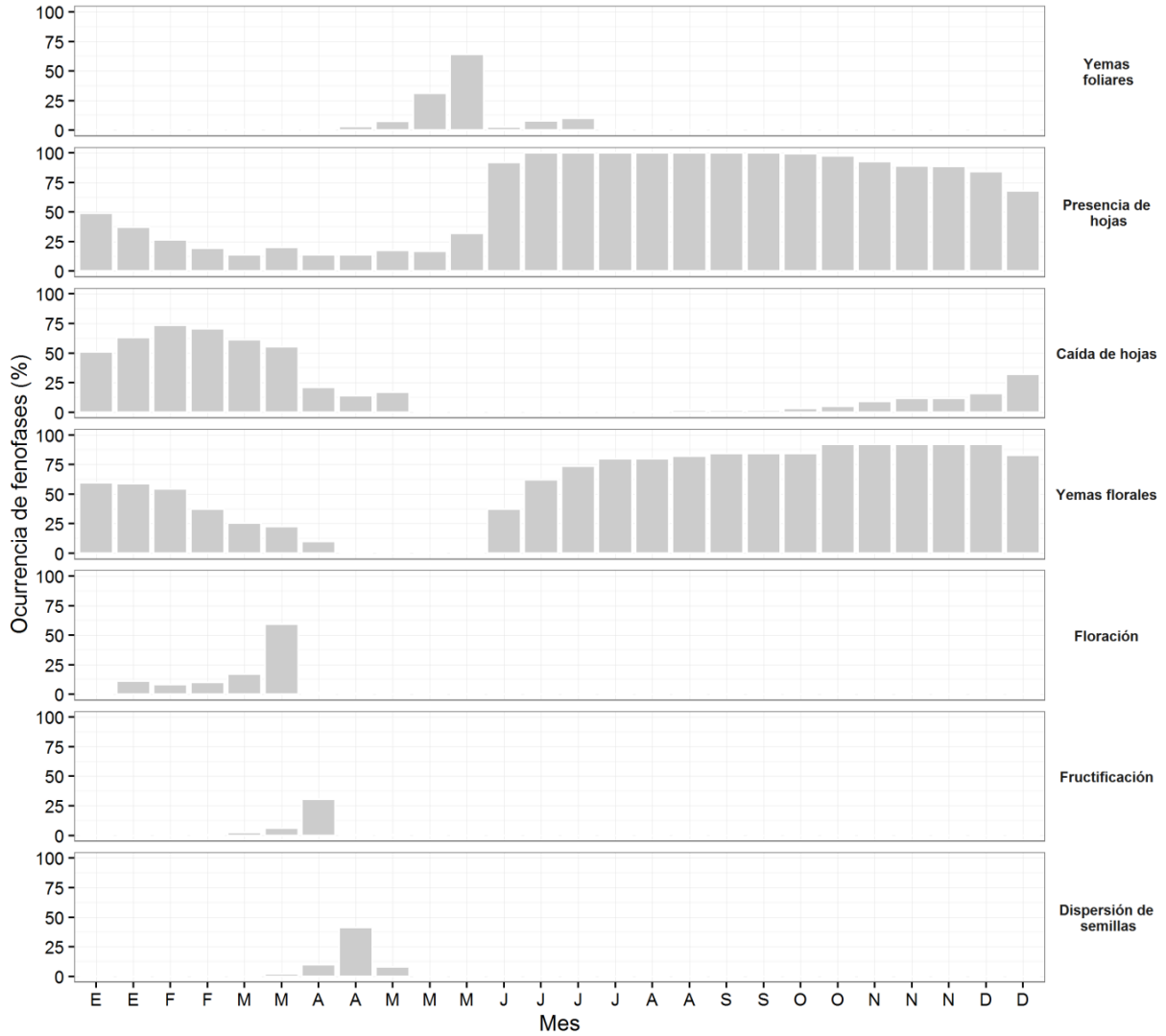


Figura 2. Diagrama de la ocurrencia de siete fenofases de *Tabebuia chrysantha*, evaluadas cada 14 días, en el periodo 2014-2015.

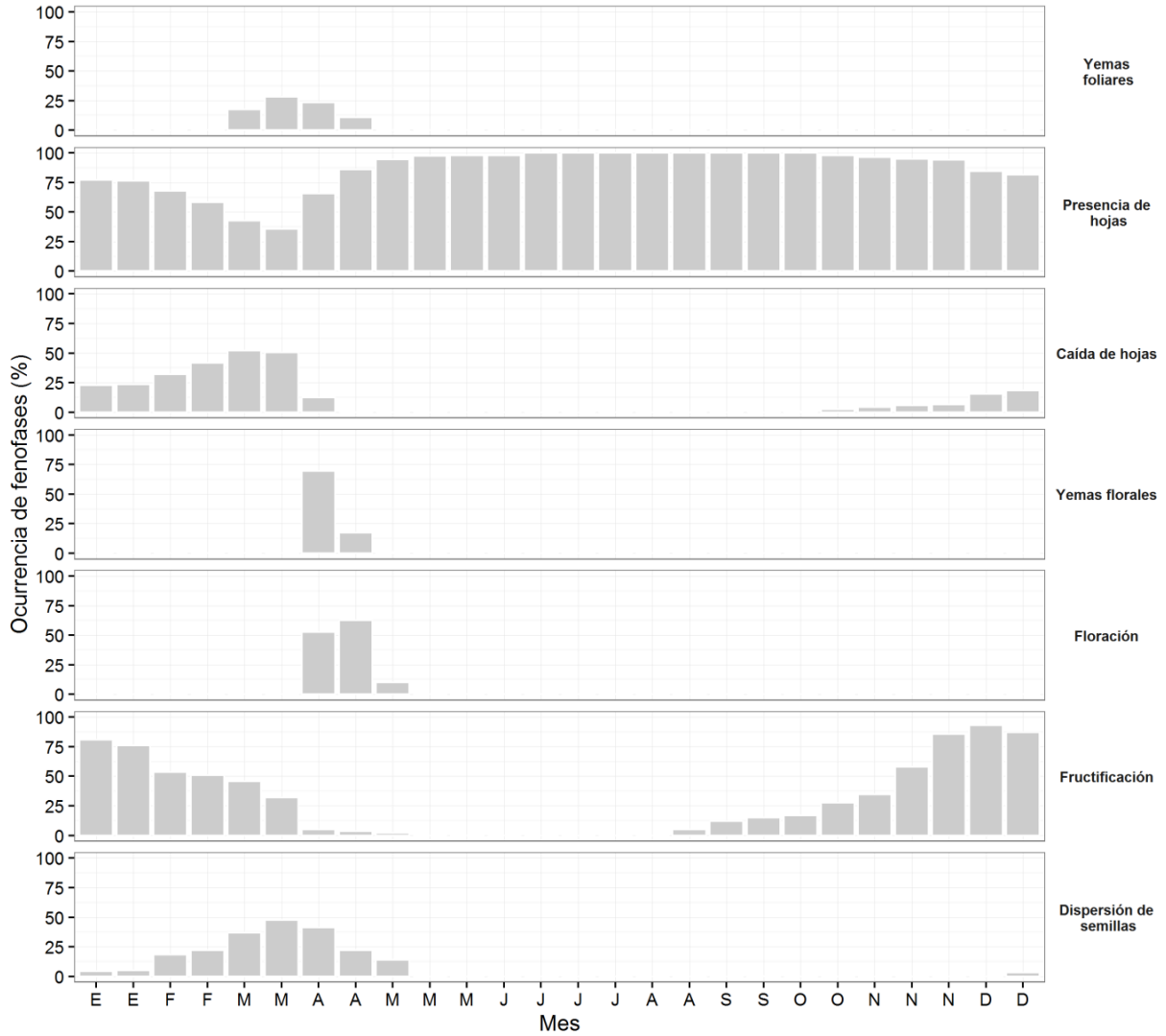


Figura 3. Diagrama de ocurrencia de siete fenofases de *Lysiloma acapulcense*, evaluadas cada 14 días, en el periodo 2014-2015.

### 1.3.2. Arquitectura de las especies

*Calyptantes schiedeana* presentó un patrón de crecimiento simpódico del eje principal, de forma determinado, actividad meristemática proléptico; el patrón de ramificación fue simpodial con una orientación y simetría plagiotrópico; la orientación de ramas de primer orden con respecto al eje principal es ascendente ( $29.5^\circ$ ), con estructuras reproductivas axilares, la morfología de las inflorescencias es monopodial, con reiteraciones totales y adaptativas.

*Lysiloma acapulcense* mostró crecimiento simpódico del eje principal, forma determinado y actividad meristemática proléptica; las ramas son simpodiales y plagiotrópicas y las de primer orden tienen una orientación difusa ( $51.2^\circ$ ). Las estructuras reproductivas de esta especie se encontraron en posición axilar, con morfología monopodial de sus inflorescencias, presentando reiteraciones adaptativas y totales. *Tabebuia chrysantha* tiene un patrón de crecimiento monopódico, de forma determinado y actividad meristemática proléptico, con un patrón de ramificación simpodial y una orientación y simetría ortotrópica; las ramas de primer orden tuvieron orientación ascendente ( $44.1^\circ$ ). La posición de las estructuras reproductivas es apical (terminal), y las inflorescencias tienen morfología simpódica, reiteraciones adaptativas y totales.

*Lysiloma acapulcense* y *T. chrysantha* tuvieron ángulos de ramas primer orden iguales ( $P = 0.067$ ) que superaron a los de *C. schiedeana* ( $P < 0.0001$ ); igualmente, los ángulos de ramas de segundo orden difirieron entre *C. schiedeana* y *T. chrysantha* ( $P = 0.044$ ), en tanto que los ángulos de tercer orden fueron similares entre las especies ( $P = 0.943$ ). Claramente, *L. acapulcense* es un árbol de mayor tamaño, con ramas más largas ( $P < 0.0001$ ) que *T. chrysantha* ( $P < 0.0001$ ) y *C. schiedeana* ( $P < 0.0001$ ), que resultó ser el árbol con ramas más cortas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Ángulos de inserción y longitud de ramas de primero, segundo y tercer orden en *Calyptanthes schiedeana*, *Lysiloma acapulcense* y *Tabebuia chrysantha*.

Categoría	<i>Calyptanthes schiedeana</i>	<i>Lysiloma acapulcense</i>	<i>Tabebuia chrysantha</i>
.....Ángulos de inserción de ramas, °.....			
Primer orden	29.5 ± 13.6 <sup>b</sup>	51.2 ± 18.4 <sup>a</sup>	44.1 ± 17.9 <sup>a</sup>
Segundo orden	45.6 ± 17.6 <sup>b</sup>	51.9 ± 18.6 <sup>ab</sup>	53.6 ± 15.7 <sup>a</sup>
Tercer orden	52.4 ± 19.7 <sup>a</sup>	51.5 ± 14.3 <sup>a</sup>	51.4 ± 17.6 <sup>a</sup>
.....Longitud de ramas, m.....			
Primer orden	2.6 ± 0.9 <sup>c</sup>	6.3 ± 1.4 <sup>a</sup>	4.9 ± 1.5 <sup>b</sup>
Segundo orden	1.1 ± 0.5 <sup>c</sup>	3.4 ± 1.0 <sup>a</sup>	2.3 ± 0.9 <sup>b</sup>
Tercer orden	0.5 ± 0.2 <sup>c</sup>	1.8 ± 0.6 <sup>a</sup>	0.9 ± 0.6 <sup>b</sup>

Medias aritméticas ± desviación estándar. Literales diferentes del superíndice en el renglón indican diferencias estadísticas con la prueba de Tukey,  $\alpha = 0.05$ .

Las tres especies arbóreas tienen el mismo ángulo de inserción de hojas ( $P = 0.642$ ); *L. acapulcense*, con hojas compuestas (y foliolos y foliolulos pequeños), tiene mayor área foliar ( $P = 0.05$ ) y longitud de láminas ( $P = 0.05$ ), sin embargo, tiene índice de densidad foliar más pequeño que en las otras especies. En cambio, *C. schiedeana* que posee hojas más pequeñas no compuestas, tiene mayor índice de densidad foliar, al igual que *T. chrysantha* (Cuadro 2).

*Lysiloma acapulcense* destacó por tener mayor diámetro normal ( $P < 0.0001$ ), diámetro basal ( $P < 0.0001$ ) y altura ( $P < 0.0001$ ) que las otras especies; así también se distingue por su copa situada a mayor altura ( $P < 0.0001$ ) y de mayor tamaño ( $P < 0.0001$ ); *C. schiedeana* presentó las dimensiones más pequeñas en comparación con *L. acapulcense* y *T. chrysantha* (Cuadro 3; Anexo B).

En cuanto al contorno de las copas, *L. acapulcense* tiene forma aparasolada, *T. chrysantha* forma cilíndrica y *C. schiedeana* entre cilíndrica y esférica ovoidal (Cuadro 4). La disposición del

follaje es uniformemente claro y discontinuo en *L. acapulcense*, mientras que en *C. schiedeana* puede ser claro a continuo, y *T. chrysantha* presentó una disposición de follaje continuo y discontinuo y entre claro y opaco.

Cuadro 2. Área foliar, ángulo de inserción de hojas, longitud de lámina e índice de área foliar de *Calyptanthes schiedeana*, *Lysiloma acapulcense* y *Tabebuia chrysantha*.

Categoría	<i>Calyptanthes schiedeana</i>	<i>Lysiloma acapulcense</i>	<i>Tabebuia chrysantha</i>
Área foliar, cm <sup>2</sup>	2.38 ± 0.6 <sup>c</sup>	90.0 ± 22.4 <sup>a</sup>	28.0 ± 6.5 <sup>b</sup>
Ángulo de hojas, °	56.5 ± 5.6 <sup>a</sup>	55.7 ± 15.5 <sup>a</sup>	59.8 ± 19.1 <sup>a</sup>
Longitud de láminas, cm	2.25 ± 0.4 <sup>c</sup>	17.33 ± 1.9 <sup>a</sup>	7.85 ± 1.0 <sup>b</sup>
Índice de densidad foliar, m <sup>2</sup> m <sup>-3</sup>	1.75 ± 0.3 <sup>ab</sup>	1.17 ± 0.6 <sup>b</sup>	2.01 ± 0.8 <sup>a</sup>

Medias aritméticas ± desviación estándar. Literales diferentes del superíndice en el renglón indican diferencias estadísticas con la prueba de Tukey,  $\alpha = 0.05$ .

Cuadro 3. Medidas dasométricas de árboles fustales de *Calyptanthes schiedeana*, *Lysiloma acapulcense* y *Tabebuia chrysantha*.

Variable	<i>Calyptanthes schiedeana</i>	<i>Lysiloma acapulcense</i>	<i>Tabebuia chrysantha</i>
Diámetro normal, cm	12.8 ± 4.2 <sup>c</sup>	42.1 ± 12.3 <sup>a</sup>	18.8 ± 7.2 <sup>b</sup>
Diámetro basal, cm	23.5 ± 10.1 <sup>c</sup>	63.2 ± 18.5 <sup>a</sup>	36.4 ± 12.3 <sup>b</sup>
Altura total, m	5.8 ± 1.1 <sup>c</sup>	9.8 ± 2.1 <sup>a</sup>	7.4 ± 1.9 <sup>b</sup>
Altura de copa, m	3.8 ± 1.1 <sup>c</sup>	7.3 ± 1.6 <sup>a</sup>	5.1 ± 1.8 <sup>b</sup>
Área de copa, m <sup>2</sup>	20.4 ± 8.9 <sup>c</sup>	183.9 ± 68.6 <sup>a</sup>	62.4 ± 25.1 <sup>b</sup>

Medias aritméticas ± desviación estándar. Literales diferentes del superíndice en el renglón indican diferencias estadísticas con la prueba de Tukey,  $\alpha = 0.05$ .

La arquitectura de las copas varían, *L. acapulcense* mostró arquitectura copetuda, segmentada, múltiple y de poco profunda a profunda, *T. chrysantha* tiene arquitectura en forma de estrella, no segmentada, entre múltiple y sencilla, poco profunda y profunda a su vez; y *C. schiedeana* es

entre redondeada y ondulada, tanto segmentada como no segmentada, múltiple y sencilla, y profunda (Cuadro 4; Anexo C.). Puede ser que por el manejo y las características de los sitios en que se encontraban los árboles, algunos aspectos de la arquitectura no estuvieron muy definidos por lo que árboles de la misma especie mostraron patrones distintos.

Cuadro 4. Arquitectura de copa arbórea en base a la frecuencia de observación de árboles fustales, *Calyptranthes schiedeana*, *Lysiloma acapulcense* y *Tabebuia chrysantha*.

Criterio de clasificación	<i>Calyptranthes schiedeana</i>	<i>Lysiloma acapulcense</i>	<i>Tabebuia chrysantha</i>
..... <i>Contorno de copa</i> .....			
Aparasolada	0	9	0
Cilíndrica	3	0	9
Esférica ovoidal	7	0	1
Cónica invertida	0	1	0
..... <i>Cobertura del follaje</i> .....			
Claro	10	10	4
Opaco	0	0	6
..... <i>Cobertura del follaje</i> .....			
Continuo	10	0	7
Discontinuo	0	10	3
..... <i>Arquitectura de copa</i> .....			
Copetuda	0	10	0
Forma de estrella	0	0	10
Redondeada	4	0	0
Ondulada	6	0	0
..... <i>Arquitectura de copa</i> .....			
Segmentada	3	10	0
No segmentada	7	0	10
..... <i>Arquitectura de copa</i> .....			
Múltiple	2	10	3
Sencilla	8	0	7
..... <i>Arquitectura de copa</i> .....			
Poco profunda	0	6	5
Profunda	10	4	5

#### 1.4. Discusión

Las tres especies mostraron patrones fenológicos característicos de especies de selva baja caducifolia y subcaducifolia, aunque tendieron a diferenciarse en algunos aspectos fenológicos. Primeramente, *L. acapulcense* no se defolió completamente en ningún momento y cuando llegó a un 75% comenzó a cubrir su copa con renuevo (en primavera); mientras que la mayoría de ejemplares de *C. schiedeana* y *T. chrysantha* sí se defoliaron completamente durante la época seca, siguiendo el comportamiento de muchas especies deciduas que desprenden sus hojas viejas al iniciar el estrés hídrico (Wright, 1996), y producen hojas nuevas un mes antes del inicio de las lluvias (Opler *et al.*, 1980). También fue notorio que *L. acapulcense* se defolió durante un período de tiempo más prolongado que las otras especies, esto es indicativo de diferencias en el mecanismo de tolerancia al estrés hídrico entre las especies (Sánchez *et al.*, 2004).

Los momentos de floración no coincidieron entre especies, mientras que *C. schiedana* coincidió con el período de sequía intraestival (agosto), las otras florecieron durante el período seco (2014 a 2015). Sin embargo, todas tuvieron periodos cortos y definidos de floración. También la dispersión de semillas sucedió a un ritmo distinto en cada especie, *L. acapulcense* y *T. chrysantha* dispersaron sus semillas en secas (primavera) y *C. schiedeana* a inicios de invierno. Se sabe que en las especies caducifolias, el crecimiento foliar no coincide con la maduración de frutos, que ocurren durante la primavera y el otoño. Esto se debe a la distribución de recursos (nutrientes) para la producción de órganos entre los períodos más favorables del año (Opler *et al.*, 1980).

En general, las especies estudiadas tuvieron distintos patrones fenológicos a pesar de compartir la misma región fisiográfica. Se puede decir que la evolución de dichas especies puede identificarse con una de las tres estrategias (competidores, tolerantes al estrés y ruderales) propuestas por

Grime (2001), realizándose la identificación por las características morfológicas de las especies, su fenología y por la respuesta al estrés. Algunas especies, principalmente las pioneras, florecen a lo largo del año, mientras que esto sucede, las especies de fases sucesionales tardías pueden florecer en períodos marcados anualmente o incluso cada dos o tres años o hasta varios años para la primera actividad reproductiva (Plana, 2000). El desfase de los picos de floración y fructificación entre especies es una ventaja que reduce la competencia por los dispersores y polinizadores (Snow, 1965) comunes dentro de una comunidad vegetal, influyendo en la adopción de una dieta de las comunidades de consumidores acorde a la presencia de ciertas etapas fenológicas y la reproducción entre especies en base así a la disponibilidad de comida (Van Schaik *et al.*, 1993). Por lo tanto, la coincidencia de los factores bióticos con los ciclos fenológicos determinan la fuerza o ocurrencia de los picos de las fenofases, mientras que los factores climáticos determinan el tiempo en que se dan los procesos bióticos relacionados a la fenología de las especies.

En estudios realizados en Guanacaste, Costa Rica y en Jalisco y Sonora, México, también se ha observado la floración de *T. chrysantha* en secas (enero a mayo; Borchert *et al.*, 2004) y que al igual que en otras Bignoniaceas como *T. neochrysantha* y *T. rosea*, florecen inmediatamente después del desprendimiento de sus hojas (Borchert, 1983) coincidiendo que en la mayoría de los árboles de selva baja caducifolia florecen en tiempos cortos (7-9 semanas), a mediados de las secas, en tiempo de extrema sequía (Opler *et al.*, 1980; Kochmer y Handel, 1986).

El patrón fenológico de *L. acapulcense* en el presente estudio no coincidió con lo mencionado por Pennington y Sarukhán (2005), la floración y fructificación en este estudio fue más prematura; sin embargo, las Fabaceas en bosque tropical lluvioso llegan a florecer en marzo-abril, agosto o noviembre-diciembre (Ochoa-Gaona *et al.*, 2008), *L. watsonii*, especie siempre verde



coincidió con la floración de *L. acapulcense* (abril y mayo). No obstante la caída de hojas coincidió parcialmente con Pennington y Sarukhán (2005), transcurriendo en dos meses (febrero-marzo) en la zona de estudio.

Sólo algunos eventos fenológicos tuvieron relación con las variables climáticas. La formación de yemas foliares en *C. schiedeana* y *T. chrysantha* tuvo una relación positiva evidente con la precipitación, formando yemas foliares a medida que avanzó la época de lluvia y aumentó la humedad en el suelo. En cambio *L. acapulcense* no pareció depender de la precipitación, ya que sus yemas emergen a inicios de primavera que es la estación de menor precipitación y temperaturas más altas. Esta respuesta diferenciada de las especies podría deberse a que *L. acapulcense* tenga un sistema radicular más profundo que le permite mayor acceso a la humedad del suelo (Meinzer *et al.*, 1999) y que sea tolerante a la sequía.

La caída de hojas, formación de yemas florales y fructificación se relacionaron con la temperatura. La fructificación y la defoliación de *L. acapulcense* avanzaron conforme disminuyeron las temperaturas porque esos patrones fenológicos coinciden con el otoño e invierno; también en *T. chrysantha* las mismas variables fenológicas se correlacionaron negativamente con la temperatura. La velocidad de la caída de hojas en épocas secas se relacionó con la disminución de la humedad del suelo y el aumento del estrés hídrico de los árboles (Reich y Borchert, 1984).

Las especies mostraron arquitecturas muy distintas. El modelo de Troll, adoptado por *L. acapulcense* es uno de los principales modelos de la familia Fabaceae. Se caracteriza por sus ejes horizontales y con superposición continua (Hallé *et al.*, 1978), sus características morfométricas permiten inferir algunos atributos estructurales relacionados con el ambiente: árbol pionero, láminas pinnadas, ramas secundarias y terciarias lo suficientemente flexibles para reducir la

resistencia aerodinámica a fuertes rachas de viento siendo así que los árboles expuestos a vientos continuos desarrollan un número reducido de hojas más pequeñas que son sostenidos en peciolo delgados y más flexibles (Vogel, 1989; Ennos, 1997). *Tabebuia chrysantha* adquirió el modelo de Leeuwenberg, caracterizado por tener ejes erectos (ortótopos), con crecimiento determinado y de inflorescencias terminales; característico de especies de vegetación secundaria y sitios perturbados en el trópico y regiones templadas (Hallé *et al.*, 1978). El modelo de Attims se asoció a *C. schiedeana*, y lo determina un eje principal y ramas ortótopas, con crecimiento y ramificación continua e inflorescencias laterales. El modelo de *L. acapulcense* se asemejó al modelo propuesto por Vester (2002) en *Lysiloma latisiliquum* (modelo de Troll). Igualmente, el modelo de Leeuwenberg que represento a *T. chrysantha* se describió también en otra especie de la misma familia, *Tabebuia rosea* (Borchert y Tomlinson, 1984; Vester, 2002). Sin embargo Vester (2002) atribuye el modelo de Roux a *Calyptanthes pallens* Griseb diferenciándose del modelo de Attims de *Calyptanthes schiedeana* en la orientación horizontal de las ramas.

La arquitectura de los árboles es el resultado de la influencia de factores ontogenéticos y morfogenéticos que afectan todos los niveles de organización del organismo, en cada etapa de su desarrollo y durante su completo periodo de vida (Barthélémy y Caraglio, 2007). Así, la combinación espacial y temporal de los caracteres, el ciclo de vida de las especies y el hábitat donde se encuentran determinan los distintos tipos de ramificación (Weberling *et al.*, 2002), por ejemplo, ramas con ángulos de inclinación agudos recogen el agua de escorrentía hacia el centro de la copa y cerca del fuste principal, y aquellos con ramas más horizontales favorecen el movimiento del agua hacia el exterior de la copa (Busgen *et al.*, 1929), por otro lado el grado en que cada eje se repite o reitera contribuye al crecimiento hacia lo alto de la copa, y determina el patrón del arreglo de la hoja, afectando la captura de luz eficiente, siendo así que el arreglo final

de la copa arbórea resulta de influencias inherentes a la especie y del ambiente (Brown,1977; Hallé *et al.*, 1978; Pearcy y Yang, 1998).

En la agroforestería se desea manejar y dar forma a los componentes leñosos que puedan compartir, en lugar de competir por los recursos ambientales (Huxley, 1999). Por eso es necesario agrupar las plantas leñosas usadas en agroforestería en base a su funcionalidad, para lo cual es necesario tomar en cuenta las formas que mejor se adapten a una circunstancia particular ayudando a optimizar la producción (Donald, 1968). Así, las tres especies estudiadas *C. schiedeana*, *L. acapulcense* y *T. chrysantha* pueden considerarse ideotipos competentes y complementarios, en cuyos atributos (ángulos y longitud de ramas, tamaño de hojas, altura y ancho de copas) pueden ser compatibles con otras plantas cultivadas y ganado en las situaciones particulares de los sitios estudiados.

La primera hipótesis de esta investigación se acepta ya que se encontro que las tres especies mostraron cualidades fenológicas y arquitectura arbórea adecuadas para incluirse en sistemas agroforestales. La presencia de hojas de *L. acapulcense* y *C. schiedeana* en época de lluvias (verano), no interfiere con el desarrollo de cultivos de temporal y de gran importancia en la región (como maíz y frijol) pues, el tamaño de sus hojas es pequeño garantizando menor interferencias al paso de luz. Además, la arquitectura arbórea determinó la funcionalidad de los árboles, siendo así que *C. schiedeana* con su copa estrecha, índice de densidad foliar ( $1.75 \pm 0.3 \text{ m}^2 \text{ m}^{-3}$ ) y la cobertura de suelo bajo su dosel (solo 7.5% menor bajo dosel que a pleno sol), son atributos aprovechables para establecer la especie en los cercos vivos de los potreros. Los ganaderos y productores agrícolas en la zona de estudio se anticipan a eliminar los árboles de sus suelos bajo cultivo argumentando un efecto negativo de la sombra que proyectan los árboles en sus campos. Sin embargo, falta información e investigación donde se evalúe la asociación de

estas especies con diferentes cultivos en función a la orientación y espaciamiento de los árboles, aplicación de podas a los árboles en los periodos de máxima competencia con los cultivos, entre otras opciones de manejo.

*Lysiloma acapulcense* con foliolos y foliolulos pequeños, ramas horizontales que mejoran la captura de luz (King y Maindonald, 1999) y menor índice de densidad foliar ( $1.17 \text{ m}^2 \text{ m}^{-3}$ ) presentado en época de lluvias, permite una cobertura del suelo bajo su dosel igual o mayor que fuera del mismo (24.6%) que lo diferencia de las otras dos especies, probablemente por ser de la Familia Fabaceae. Por lo tanto, esta especie puede aprovecharse para establecerlo como árboles dispersos dentro de los potreros y asociados a gramíneas u otras especies forrajeras, favoreciendo el desarrollo de estas debido a la simbiosis que generan las Fabaceas con bacterias del suelo del género *Azorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Rhizobium*, y *Sinorhizobium* (Bloom, 2015). *Tabebuia chrysantha* con un índice de área foliar ( $2.01 \pm 0.8$ ) mayor a las otras especies, su baja cobertura de suelo (55.8% menos bajo su copa que fuera de ésta), y copa amplia, hace de dicha especie ideal para establecerse en cercos vivos y linderos maderables, además como árboles dispersos en los potreros para sombra del ganado y para protección de corrientes y fuentes de agua (Beer *et al.*, 2003).

#### **1.4. Conclusiones**

Las tres especies arbóreas estudiadas tienen fenología y arquitectura que les confieren potencial para establecerse en sistemas agroforestales, no obstante, *L. acapulcense* tiene más atributos (hojas pequeñas, horizontalidad de sus ramas, fustes altos, fijadora de nitrógeno, entre otras) que la hacen idónea para asociarse a pastizales u otros cultivos, ya sea disperso o con un arreglo espacial. Sin embargo, las otras especies también pueden establecerse en espacios como cercos vivos y linderos maderables para no interferir con los cultivos, pero sí brindar servicios

ambientales, embellecer el paisaje, reforestar espacios dentro de los agroecosistemas, y contribuir al rescate de especies nativas de importancia cultural y con un gran valor de uso.

### 1.5. Literatura citada

- Aguilar, S. and R. Condit. 2001. Use of native tree species by an hispanic community in Panama. *Economic Botany*. 55: 223-235.
- Barthélémy, D. and Y. Caraglio. 2007. Plant architecture: A dynamic, multilevel and comprehensive approach to plant form, structure ontogeny. *Annals of Botany*. 99: 375-407.
- Bautista, T. M. 2009. Sistemas agro y silvopastoriles en El Limón, municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México. Tesis de Maestría. Postgrado en Agroecosistemas Tropicales. Colegio de Postgraduados, Veracruz, México. 82 p.
- Beer, J., M. Ibrahim, E. Somarriba, A. Barrance y R. Leakey. 2003. Establecimiento y manejo de árboles en sistemas agroforestales. *In: Cordero J. y D. Boshier (eds). Árboles de Centroamérica: Manual para extensionistas. Biblioteca Orton IICA/CATIE. Turrialba, Costa Rica. 1079 p.*
- Bloom, A. J. 2015. Assimilation of inorganic nutrients. *In: Taiz L. and E. Zeiger (eds). Plant physiology and development. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, U.S.A. pp. 360-361.*
- Bonham, C. D. 1989. Measurements for terrestrial vegetation. John Wiley and Sons, Inc. Colorado, United States of America. 239 p.
- Borchert, R. and P. B. Tomlinson. 1984. Architecture and crown geometry in *Tabebuia rosea* (Bignoniaceae). *American Journal of Botany*. 71: 958-969.
- Borchert, R. 1983. Phenology and control of flowering in tropical trees. *Biotropica*. 15: 81-89.
- Borchert, R., S. A. Meyer, R. S. Felger and L. Porter-Bolland. 2004. Environmental control of flowering periodicity in Costa Rican and Mexican tropical dry forests. *Global Ecology and Biogeography* 13(5): 409-425.
- Brown, C. L. 1977. Growth and form. *In Zimmermann M. H. and C. L. Brown (eds.). Trees structure and function. Springer, Berlin, Heidelberg, New York. pp. 125-220.*
- Busgen, M., E. Munch and T. Thomson. 1929. The structure and life of forest trees. Chapman and Hall, London. 496 p.
- Castillo-Campos, G. 2005. Contribución al conocimiento del endemismo de la flora vascular en Veracruz, México. *Acta Botánica Mexicana*. 57: 19-57.

- Castillo-Campos, G. 2007. La selva baja caducifolia en una corriente de lava volcánica en el centro de Veracruz: lista florística de la flora vascular. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 80: 77–104.
- Condit, R., S. P. Hubbell and R. B. Foster. 1993. Identifying fast growing native trees. *Forest Ecology and Management* 62: 123-143.
- Donald, C. M. 1968. The breeding of crop ideotypes. *Euphytica*. 17: 385-403.
- Ennos, A. R. 1997. Wind as an ecological factor. *Tree* 12: 108–111.
- Fournier, L. A. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba*. 24: 54-59.
- García, E. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köpen. Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 5nd Edición. Instituto de Geografía UNAM, México. 90 p.
- Gómez, P. A., T. Krömer y R. Castro-Cortes. 2010. Atlas de la flora de Veracruz. Un patrimonio natural en peligro. Comisión del Estado de Veracruz para la conmemoración de la Independencia Nacional y la Revolución Mexicana. Veracruz, México. 528 p.
- Gordon, J. E., W. D. Hawthorne, A. Reyes-García, G. Sandoval and A. J. Barrance. 2004. Assessing landscape: a case study of tree and shrub diversity in the seasonally dry tropical forests of Oaxaca, México and southern Honduras. *Biological Conservation*. 117(4): 429-442.
- Grime, J. P. 2001. Plant strategies, vegetation processes, and ecosystem properties. 2nd Edition. Wiley and Sons. Chichester, England. 410 p.
- Hallé, F., R. A. A. Oldeman and P. B. Tomlinson. 1978. Tropical trees and forests. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg. 331 p.
- Huxley, P. A. 1983. Phenology of tropical woody perennials and seasonal crop plants with reference to their management in agroforestry systems. *In*: Huxley P.A. (ed.). Plant research and agroforestry. International Council for Research in Agroforestry, Nairobi, Kenya. pp. 503-525.
- Huxley, P. A. 1999. Tropical agroforestry. Blackwell Science, London. 384 p.
- Image Tool. 2002. IT (version 3.00). Dental Diagnosis Science. The University of Texas Health Science Center, San Antonio, Texas.

- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Paso de Ovejas, Veracruz de Ignacio de la Llave. Clave geoestadística 30126. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datosgeograficos/30/30126.pdf> (día: 05.04.2016).
- Interián-Ku, V. M., J. I. Valdez-Hernández, E. García-Moya, A. Romero-Manzanares, M. A. Borja-De-La-Rosa y H. Vaquera-Huerta. 2009. Arquitectura y morfometría de dos especies arbóreas en una selva baja caducifolia del sur de Yucatán, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 85: 17-29.
- King, D. and J. H. Maindonald. 1999. Tree architecture in relation to leaf dimensions and tree in temperate stature and tropical rain forests. *Journal of Ecology*. 87: 1012–1024.
- Kochmer, J. P. and S. N. Handel. 1986. Constraints and competition in the evolution of flowering phenology. *Ecological Monographs*. 56: 303–325.
- Meinzer, F. C., J. L. Andrade, G. Goldstein, N. M. Holbrook, J. Cavelier and S. J. Wright. 1999. Partitioning of soil water among canopy trees in a seasonally dry tropical forest. *Oecologia*. 121: 293-301.
- Milla, R., P. Castro-Diez and G. Montserrat-Martí. 2009. Phenology of mediterranean woody plants from NE Spain: synchrony, seasonality, and relationships among phenophases. *Flora*. 205: 190-199.
- Ochoa-Gaona, S., I. Pérez-Hernández. y B. H. J de Jong. 2008. Fenología reproductiva de las especies arbóreas del bosque tropical de Tenosique, Tabasco, México. *Revista de biología tropical* 56: 657–673.
- Opler, P. A., G. W. Frankie and H. G. Baker. 1980. Comparative phenological studies of treelet and shrub species in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology* 68: 167–188.
- Owino, F. 1992. Improving multipurpose tree and shrub species for agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 19: 131-137.
- Pearcy, R. W. and W. Yang. 1998. The functional morphology of light capture and carbon gain in the Redwood forest understory plant *Adenocaulon bicolor* Hook. *Functional Ecology*. 12: 543–552.
- Pennington, T. D. y J. Sarukhán. 2005. Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. Universidad Nacional Autónoma de México. Ediciones Científicas Universitarias, México. 523 p.

- Pineda-Herrera, E., J. I. Valdez-Hernández y M. A. López-López. 2012. Fenología de *Schizolobium parahyba* y *Vochysia guatemalensis* en una selva alta perennifolia de Oaxaca, México. *Botanical Sciences*. 90 (2): 185-193.
- Piotto, D., F. Montagnini, L. Ugalde, M. Kanninen. 2001. Performance of forest plantations in small and medium-sized farms in the Atlantic lowlands of Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 175: 195-204.
- Plana, E. 2000. Introducción a la ecología y dinámica del bosque tropical. Curso sobre gestión y conservación de bosques tropicales. Centro Tecnológico Forestal de Cataluña. [http://www.ctfc.es/webcast/areas/politica\\_for/docu-ments/ponb.pdf](http://www.ctfc.es/webcast/areas/politica_for/docu-ments/ponb.pdf) (día: 10.09.2015).
- Reich, P. B. and 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.
- Sánchez, A. J., F. A. Pariacote, S. Alfonzo y R. Flores. 2004. Arquitectura y fenología de las especies *Prosopis juliflora* y *Acacia tortuosa* en el semiárido del estado Falcón, Venezuela. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 12: 72–81.
- SAS. 2010. Statistical Analysis System. SAS/STAT (User's guide Version 4.3.0). SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA.
- Sestras, R. 2004. Horticultural plant breeding (in Romanian). Academic Pres, Cluj-Napoca.
- Snow, D. W. 1965. A possible selective factor in the evolution of fruiting seasons in a tropical forest. *Oikos*. 15: 274-281.
- Somarriba, E. 2005. ¿Cómo evaluar y mejorar el dosel de sombra en cacaotales? *Agroforestería en las Américas* 41: 122–130.
- Steininger, M. K., C. J. Tucker, P. Ersts. T. J. Killeen, Z. Villegas and S. B. Hecht. 2001. Clearance and fragmentation of tropical deciduous forest in the Tierras Bajas, Santa Cruz, Bolivia. *Conservation Biology* 15: 856-866.
- Suárez, A., G. Williams-Linera, C. Trejo, J. I. Valdez-Hernández, V. M. Cetina-Alcalá and H. Vibrans. 2012. Local knowledge helps select species for forest restoration in a tropical dry forest of central Veracruz, México. *Agroforestry Systems* 85: 35-55.
- Trejo, I. and R. Dirzo. 2000. Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. *Biological Conservation* 94: 133-142.
- Trichon, V. 2001. Crown typology and the identification of rain forest trees on large scale aerial photographs. *Plant Ecology* 153: 301-312.



- van Schaik, C. P., J. W. Terborgh and S. J. Wright. 1993. The phenology of tropical forests: adaptive significance and consequences for primary consumers. *Annual Review of Ecology and Systematics* 24: 353–377.
- Vester, H. F. M. 2002. Modelos arquitectónicos en la flora arbóreas de la Península de Yucatán. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 71: 45-57.
- Vogel, S. 1989. Drag and reconfiguration of broadleaves in high winds. *Journal of Experimental Botany* 40: 941–948.
- Weberling, F., T. A. Kraus, C. A. Bianco and R. Malpassi. 2002. Variación y estrategias adaptativas de los sistemas de ramificación de Fabáceas herbáceas. *Feddes Repertorium* 113: 342–353.
- Wishnie, M. H., D. H. Dent, E. Mariscal, J. Deago, N. Cedeño, D. Ibarra, R. Condit and P. M. S. Ashton. 2007. Initial performance and reforestation potential of 24 tropical tree species planted across a precipitation gradient in the Republic of Panama. *Forest Ecology and Management* 243: 39-49.
- Wood, P. J. y J. Burley. 1995. Un árbol para todo propósito. Introducción y evaluación de árboles de uso múltiple para agroforestería. Centro Internacional para Investigación y Agroforestería: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, IICA/CATIE, San José, Costa Rica. 180 p.
- Wood, P. J. 1990. Principles of Species Selection for Agroforestry. *In* K.G MacDicken. and N.T. Vergara (eds.). *Agroforestry Classification and Management*, John Wiley and Sons, USA. pp. 291-309.
- Wright, S. J. 1996. Phenological responses to seasonality in tropical forest. *In* Stephen, S. M., R. L. Chazdon and A. P. Smith (eds.). *Tropical Forest Plant Ecophysiology*. Chapman and Hall, New York, NY. pp. 1–17.



## CAPÍTULO II

**ESTUDIO ETNOBOTÁNICO DE *Calyptranthes schiedeana*, *Lysiloma acapulcense* Y  
*Tabebuia chrysantha* Y SU ADOPTABILIDAD PARA SISTEMAS AGROFORESTALES  
EN EL CENTRO DE VERACRUZ, MÉXICO.**

**ETHNOBOTANICAL STUDY OF *Calyptranthes schiedeana*, *Lysiloma acapulcense* AND  
*Tabebuia chrysantha* AND THEIR ADOPTABILITY IN AGROFORESTRY SYSTEMS IN  
CENTRAL VERACRUZ STATE, MÉXICO.**

Eleonora Camacho Moreno <sup>1</sup> Silvia López Ortiz <sup>1</sup>, Alfonso Suárez Islas <sup>2</sup>,

Carlos Olguín Palacios<sup>1</sup> y Juan Ignacio Valdez Hernández <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, Km. 88.5 de la carretera Federal Xalapa-Veracruz, predio Tepetates, Municipio de Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México. C.P. 91690. Tel: (229) 2010770, ext. 64333. E-mail: eleonora.moreno@colpos.mx, silvialopez@colpos.mx, olguin@colpos.mx

<sup>2</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Av. Universidad Km. 1, Ex Hacienda de Aquetzalpa, 43600, Tulancingo, Hidalgo, México. Tel: (775) 7533495. E-mail: alf.suari.is@gmail.com

<sup>3</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Km. 36.5 carretera Federal México- Texcoco, 56230, Col. Montecillo, Texcoco, Edo. de México, México. Tel: (595) 9520200, ext. 1471 y 1480. E-mail: ignaciiov@colpos.mx

## Resumen

El conocimiento sobre las formas locales de conservación y manejo de los recursos naturales contribuyen a la generación y conservación de la diversidad biológica. El objetivo de esta investigación fue describir el conocimiento local de *Calyptranthes schiedeana*, *Lysiloma acapulcense* y *Tabebuia chrysantha*, el valor cultural y la disposición de los agricultores para adoptar cada una de ellas e incluirlas en sistemas agroforestales. El estudio se efectuó en tres localidades de la región centro de Veracruz, siendo de tipo descriptivo y explicativo y en el que se valoraron los índices: 1) conocimiento local, 2) valor de uso, 3) importancia cultural, 4) adoptabilidad y 5) probabilidad de adopción de las especies arbóreas. El conocimiento que los productores tienen sobre las especies es diferente entre comunidades ( $P=0.0002$ ), sin embargo el su conocimiento por cada especie es el mismo ( $P=0.943$ ). También, en las tres comunidades se aplica la misma intensidad de manejo en las arbóreas ( $P>0.194$ ), y la importancia cultural de las especies es distinta para cada productor ( $P<0.0001$ ), sobresaliendo *L. acapulcense* con mayor importancia cultural ( $41.3 \pm 9.1$ ). La adoptabilidad de las arbóreas fue mayor en dos comunidades ( $P<0.05$ ), y cada una tuvo distinta probabilidad de adopción ( $P<0.0001$ ). *Lysiloma acapulcense* sobresalió por su índices de conocimiento, importancia y adoptabilidad sobre *T. chrysantha* y *C. schiedeana*, para establecerse en sus sistemas agroforestales.

**Palabras clave:** conocimiento local, valor de uso, importancia cultural, adoptabilidad, probabilidad de adopción.

## Abstract

Knowledge of local forms of conservation and management of natural resources contribute to the generation and conservation of biodiversity. The objective of this research was to describe the local knowledge of *Calyptranthes schiedeana*, *Lysiloma acapulcense* and *Tabebuia chrysantha*, the cultural value, and the likelihood of producers including each species in their agroforestry systems. The present study was conducted in three communities in the central region of Veracruz State, Mexico, and evaluated the following variables: 1) local knowledge, 2) use value, 3) cultural importance, 4) adoptability for each species, and 5) the likelihood of producers using each tree species. The results showed that knowledge of each species differs among communities ( $P=0.0002$ ), although producer knowledge of each species was similar ( $P=0.943$ ). Although communities applied similar levels of tree management ( $P>0.194$ ), the cultural importance that producers had for each species differed significantly ( $P<0.0001$ ), with *L. acapulcense* having the greatest cultural importance ( $41.283 \pm 9.07$ ) of the three tree species examined. Use potential and likelihood of using the three tree species was greater in two of three communities ( $P<0.05$ ). *Lysiloma acapulcense* had higher index of knowledge, cultural importance and adoptability than *T. chrysantha* and *C. schiedeana*, to be established in agroforestry systems.

**Keywords:** Local knowledge, use value, cultural importance, use potential, likelihood of use.

## 2.1. Introducción

La etnociencia está basada en la colaboración entre las ciencias sociales y humanidades (antropología, sociología, historia de la ciencia, psicología, filosofía) con las ciencias naturales como la biología, ecología, agronomía, climatología, astronomía o la medicina (Ingold, 2000). De esta manera la etnobotánica hoy en día constituye un campo de estudio diverso el cuál examina todos los aspectos de relaciones recíprocas entre las plantas y las personas. Por necesidad, en su enfoque multidisciplinario, se basa en una amplia gama de temas (etnoecología, agricultura tradicional, etnobotánica cognitiva, fitoquímica tradicional y paleoetnobotánica) (Cotton, 1996).

Barrera (1979) hace mención a que “el mejor etnobotánico sería un miembro de una comunidad, que entrenado tanto en la botánica y antropología, estudiara los conocimientos tradicionales, la importancia cultural, y la gestión y usos de la flora. Y serían aún mejor para él y su pueblo si su estudio resultara en beneficios económicos y culturales para su propia comunidad”.

Es así que, los estudios etnobotánicos son de gran importancia en la conservación y manejo de los recursos naturales, ya que el conocimiento sobre las formas locales de manejo de los recursos naturales contribuyen a la generación y conservación de la diversidad biológica mediante la manipulación de plantas, animales, hábitats y ecosistemas (Olsson *et al.*, 2004). El conocimiento local no es un conocimiento universal, es un conocimiento compartido que está en posesión de casi todos en una comunidad o territorio dado. Este es esencialmente un conocimiento empírico, de género y esencialmente práctico, es un conocimiento informal, que está cambiando constantemente ya que las personas se adaptan a las circunstancias de cambio, así como involucra una ética de conservación (Morris, 2010). En relación a este conocimiento y su asociación a

individuos y a comunidades, un proverbio africano dice: “Cuando un abuelo, gran conocedor muere, desaparece una biblioteca entera”.

Actualmente, el conocimiento local, la biodiversidad y la diversidad cultural se están perdiendo, debido a que técnicas y herramientas se modifican o caen en desuso, acelerados por el rápido crecimiento de la población, el crecimiento de mercados internacionales, sistemas de educación, degradación del medio ambiente, y procesos de desarrollo (rápida modernización y homogenización cultural) (Grenier 1998; Agrawal, 1995).

El conocimiento local permite generar alternativas filosóficas para un sistema más racional de la gestión de recursos, un ejemplo son los Kayap del Amazonas que manipulan una variedad de microclimas y zonas ecológicas, permitiendo el intercambio de materiales botánicos para aumentar la diversidad biológica en áreas manejadas, su mantenimiento es la clave al éxito de la conservación y explotación indígena (Posey, 1985). De esta manera el integrar el conocimiento local de las comunidades en estrategias de manejo se convierte en una herramienta complementaria de manejo y garantiza la aceptación de planes de manejo y conservación de los recursos naturales en regiones tropicales (Albuquerque *et al.*; 2009; Houehanou *et al.*, 2011). El conocimiento ecológico local construido en base a las interacciones cotidianas de los grupos humanos con el medio ambiente, puede contribuir al diseño y obtención de modos de vida sostenibles. En éstos, la conservación de la diversidad cultural construiría un factor clave de adaptación al medio ambiente (Reyes-García y Sanz, 2007).

La conservación en las zonas urbanas o en zonas rurales está ligada a la satisfacción de las demandas básicas de las comunidades, en donde las coberturas boscosas pueden ser vistas como proveedoras de bienes y servicios o como áreas para la expansión de cultivos; y su destino final

dependerá del mayor valor que representen para las comunidades las opciones de conservación o de explotación del recurso y transformación de las coberturas naturales (Cárdenas *et al.*, 2002).

El papel de una especie arbórea nativa en la sociedad no está definido únicamente por su función de producción y servicios; también debe ser aceptable en todos los aspectos para el agricultor y para la comunidad. Por ejemplo, las características de los árboles nativos que son de particular importancia para muchas comunidades no solo incluyen la producción de madera sino otros atributos como la fumosidad, los olores y sabores de la leña o el carbón vegetal, y la cantidad de espinas de la especie (Wood y Burley, 1995).

También es importante considerar la parte útil de los recursos como un criterio para evaluar la sostenibilidad de un uso determinado. De esta forma se evidencian usos (comerciales y no comerciales), que sean de riesgo potencial para el mantenimiento de poblaciones naturales, siendo posible determinar especies prioritarias para el estudio detallado de sus poblaciones y, retomando el objetivo inicial del concepto de ‘valor de uso’, emprender acciones hacia la conservación y el manejo adecuado de las especies (Marín *et al.*, 2005).

La percepción de los productores sobre los atributos de las tecnologías influyen en las decisiones de adopción (Adesina y Baidu-Forson, 1995), así como estas decisiones de adopción llegan a estar influenciadas por el uso de las políticas de los recursos de tierras y mano de obra, materias de seguridad alimentaria, la rentabilidad percibida, la contribución a la sostenibilidad y acceso a la información (Enyong *et al.*, 1999), puede requerir entornos biofísicos y socioeconómicos adecuados, además de un conocimiento y actitudes favorables. Cuando estos factores no están en congruencia, las prácticas de los agricultores muestran diferencias en su conciencia y actitudes. Ser conscientes de una innovación no conduce necesariamente a la adopción (Mekoya *et al.*,



2008). Siendo así, en los últimos años las decisiones de plantar árboles se han basado fundamentalmente en los intereses económicos más que ecológicos (Salam *et al.*, 2000).

La comprensión de las prácticas del manejo de los árboles y el uso por los productores puede ayudar a informar a qué, cómo, y por qué los agricultores gustan de plantar en sus tierras (Arnold y Dewees 1998; Bannister y Nair, 2003). Los niveles bajos de la adopción de las prácticas agroforestales o la participación en iniciativas de plantación de arbóreas, demuestran una necesidad para examinar que factores influyen en las decisiones de los productores para establecerlos (Arnold, 1997).

El manejo que los agricultores hacen con los árboles y las decisiones que toman, son susceptibles de ser influidos por una serie de factores: disminución en el acceso a los recursos arbóreos fuera de la finca, las características agroecológicas y prácticas de uso del suelo, tenencia de la tierra y el mercado (Arnold y Dewees, 1998). Es así que, el principal criterio usado por productores agroforestales para adoptar árboles en sus fincas, es la capacidad que tienen estas especies para brindar beneficios inmediatos a los medios de vida, en lugar de beneficios a largo plazo como mejoramiento del suelo (Sirrinc *et al.*, 2010).

Linkimer (2001) encontró que los productores de café de la región media de la zona cafetalera Atlántica de Costa Rica, utilizan criterios para seleccionar especies arbóreas, tales como la presencia de ciertos rasgos funcionales como forma y tamaño de copa, tamaño de las hojas, estructura de la raíz, y estacionalidad del follaje; permitiéndoles visionar la cantidad de servicios que estas especies pueden proveer al sistema y su potencial contribución a la sostenibilidad ecológica y productiva del mismo.

*C. schiedeana*, *L. acapulcense* y *T. chrysantha* tienen atributos para la agroforestería que han sido poco estudiados, por lo que es necesario realizar investigación para definir esos atributos y la relación de los agricultores con ellas. El presente estudio tuvo como objetivos describir el conocimiento local de las tres especies arbóreas multipropósito, el valor cultural que tienen y la disposición de los agricultores para adoptar cada una de ellas e incluirlas en sistemas agroforestales.

## **2.2. Materiales y Métodos**

### **2.2.1. Área de estudio**

El presente estudio se realizó de Enero a Marzo del 2015, en Bandera de Juárez, Paso Panal y Patancán, localidades del municipio de Paso de Ovejas en el centro del estado de Veracruz, México. Geográficamente se localizan entre las coordenadas 19°11'58.27'' y 19°12'54.18'' Lat N y 96°25'25.28'' y 96°30'46.29'' Long O, a una altura promedio de 269 msnm. El clima es del tipo Aw''<sub>0</sub>(w)(i)g, que es el más seco de los cálidos subhúmedos, donde la precipitación <1000 mm anuales (INEGI, 2009), con lluvias en verano, presencia de sequía intraestival y temperatura media anual de 24°C (García, 1973). El tipo de vegetación que podemos encontrar en esta zona geográfica es selva baja caducifolia, importante por su estructura y diversidad florística, su endemismo de flora vascular y el número de especies en peligro (Castillo-Campos, 2005; Castillo-Campos, 2007). La actividad agropecuaria representa la principal fuente de ingresos (maíz, bovinos, ovinos, agave, limón, calabaza, tamarindo y monte) para las familias de esta zona (Candelaria, 2011).

### **2.2.2. Metodología de la encuesta**

Se realizó un estudio de tipo descriptivo y explicativo para investigar: 1) el conocimiento local, 2) valor de uso, 3) importancia cultural, 4) adoptabilidad y 5) probabilidad de adopción de *C. schiedeana*, *L. acapulcense* y *T. crhysantha*. Se eligieron estas tres especies leñosas porque son de las más importantes en la región por su utilidad en la vida cotidiana de las personas, en la actualidad son escasas en el paisaje y también por su importancia para la vida silvestre. Estos criterios las hacen especies con posibilidad de ser incluidas en proyectos agroforestales o de reforestación (Suárez *et. al.*, 2012).

Para las primeras tres partes anteriores se diseñó un cuestionario, mientras que para la parte de adoptabilidad y probabilidad de adopción se realizaron charlas en los hogares de los productores y otras se realizaron a pie de la parcela o potrero; utilizando cuestionarios semiestructurados (Anexo D.). Se tomó como referencia de evaluación el 10% del total de ejidatarios registrados por localidad, evaluándose un total de 28 productores de ambos sexos (únicamente una mujer) con edades entre 40 y 80 años. En la zona de estudio la mayoría de ejidatarios son hombres y son los que trabajan en las parcelas y pastizales, el 78% de ellos tienen escolaridad de primaria y solo el 21% secundaria.

### **2.2.3. Conocimiento local**

La evaluación del conocimiento local incluyó el conocimiento que los productores tienen de la ecología de las especies de árbol utilizando: 1) Índice de conocimiento ecológico local por productor y el Índice de conocimiento ecológico general (por todos los productores) así como el conocimiento sobre el manejo que dan a las especies, de acuerdo a: 2) Índice de manejo por productor y el Índice de manejo total, calculado en base a todos los productores. Se tomó en

cuenta nueve indicadores para obtener el conocimiento ecológico local: a) los suelos donde se reproducen, b) el lugar donde se encuentran, c) la asociación con otras especies, d) si hay crecimiento de sotobosque, e) las plagas y enfermedades que enfrentan, f) su resistencia a sequías, g) fenología, h) morfología, y i) la forma de reproducción. En el conocimiento de manejo local se tomaron como indicadores a) el control de malezas, b) desrames, c) manejo de fertilidad, d) manejo del fuego y e) protección contra ganado.

1) *Índice de conocimiento ecológico por productor e índice de conocimiento ecológico general*

El índice de conocimiento ecológico por productor ( $ICp$ ) y el índice de conocimiento ecológico general ( $ICg$ ) de las especies se obtuvieron utilizando los índices aplicados por Cervantes (2015). El  $ICp$  es la sumatoria del valor de los indicadores ( $i = 1$ ) del conocimiento en el productor  $X_i$ , entre el número total de indicadores ( $n = 9$ ):

$$ICp = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (1)$$

El  $ICg$  es el promedio de la sumatoria del conocimiento ecológico de cada productor entre el número total de productores ( $K = 28$ ) evaluados:

$$ICg = \frac{\sum_{i=1}^n ICp}{K} \quad (2)$$

2) *Índice de conocimiento de manejo por productor e índice de manejo total*

Se utilizó el índice de manejo para cada especie por separado, estimado por cada productor ( $IMp$ ) y el índice de manejo total ( $IMt$ ) de todos los productores de las tres comunidades; utilizándose las fórmulas aplicadas por Cervantes (2015).

El  $IMp$  es la sumatoria del valor de los indicadores  $i$  para el productor  $X$  entre el número total de indicadores  $n$  ( $n = 5$ ) de manejo.

$$IMp = \frac{\sum_{i=1}^n Xi}{n} \quad (3)$$

El  $IMt$  es la sumatoria de los índices de manejo por cada productor ( $IMp$ ) entre el número total de productores  $K$  ( $K = 28$ ).

$$IMt = \frac{\sum_{i=1}^n IMp}{K} \quad (4)$$

#### 2.2.4. Valor de uso

El valor de uso ( $Vu$ ) de la especie  $z$  (*C. schiedeana*, *L. acapulcense* ó *T. chrysantha*) se obtuvo utilizando el índice propuesto por López y Valdez (2011), que refleja el porcentaje del número de menciones para un uso  $u_x$  (artesanías, barrera viva, comestible, construcción, forraje, herramienta, leña, poste ó sombra) de la especie  $z$  (1, 2 ó 3) por todos los informantes, entre el número total de menciones para un uso  $x$ , para todas las especies y por todos los informantes.

$$Vu_x = \frac{u_{zx}}{u_x} * 100 \quad (5)$$

En cada localidad se calculó el índice para cada especie por separado, pero en relación a los usos de las tres especies juntas.

#### 2.2.5. Importancia cultural

La importancia cultural de las especies también se obtuvo a partir del IIC propuesto por López y Valdez (2011) que está compuesto por tres subíndices: 1) Intensidad de uso relativa de las especies ( $Iur$ ), 2) Frecuencia de mención relativa ( $Fmr$ ) y 3) Valor de uso total relativo ( $Vu_{tzr}$ ), integrándose en la siguiente fórmula:

$$IIC = \frac{Iur+Fmr+Vu_{tz}r}{3} \quad (5)$$

Dónde:

*Iur* es la Intensidad de uso relativa expresada como el porcentaje de la intensidad usos *Iu* que se le dan a una especie *z* (1...3) para todos los informantes, entre el número total de usos (*u<sub>t</sub>*) para todas las especies y todos los informantes de todas las comunidades evaluadas.

$$Iur = \frac{Iu}{u_t} * 100 \quad (5.1)$$

*Iu* es la intensidad de uso expresada en porcentaje del número de usos de la especie *z* para todos los informantes entre el número total de usos *u* (1...9) mencionados.

$$Iu = \frac{u_z}{u} * 100 \quad (5.2)$$

*Fmr* es la frecuencia de mención relativa, representa la sumatoria de las frecuencias de menciones (*Fm*) de todos los usos mencionados por todos los informantes para una especie, entre la frecuencia total de menciones (*Fm<sub>t</sub>*) para todas las especies, todos los usos y todos los informantes, expresado en porcentaje.

$$Fmr = \frac{Fm}{Fm_t} * 100 \quad (5.3)$$

El término mención se refiere a la acción de nombrar los usos que hacen los productores de las especies.

*Fm* es la frecuencia de mención y representa la sumatoria del número de menciones (*m*) de todos los usos, por todos los informantes, para una especie *z* dada.

$$Fm = \sum mx \quad (5.4)$$

*Vu<sub>tz</sub>r* es el valor de uso total relativo que representa al valor de uso total de la especie *z* (*C. schiedeana*, *L. acapulcense* o *T. chrysantha*) entre el número total de usos mencionados (*u* = 9).

$$Vu_{tz}r = \frac{Vu_{tz}}{u} \quad (5.5)$$

$Vu_{tz}$  es el valor de uso total de la especie que consiste en la sumatoria de todos los valores de usos que tiene una especie  $z$  (1 a 3)

$$Vu_{tZ} = \sum Vu_z \quad (5.6)$$

### **2.2.6. Adoptabilidad de las especies por los productores**

Para valorar la adoptabilidad de las especies por los productores se realizaron 28 entrevistas en Bandera de Juárez, Paso Panal y Patancán, focalizadas a productores con disposición a este ejercicio. Las entrevistas tomaron en cuenta ¿cuál sería la especie de preferencia por productor?, el ¿por qué del gusto por una especie en particular?, si ¿establecerían las especies con apoyo económico?, ¿cuál sería su lugar de preferencia de establecimiento de las especies?, ¿qué diseño adoptarían al establecer las especies?, ¿a qué se debió su decisión?, ¿cuál sería el número de árboles que establecerían?, ¿qué los limitaría a no establecer los árboles?, y si no otorgaran apoyo económico ¿aún plantarían los árboles?

Se empleó el índice de adoptabilidad para las especies arbóreas, tomando en cuenta el método propuesto por Somarriba (2009), consistiendo en que el productor dio una calificación del 1 (mínimo) al 5 (máximo) a cinco atributos de la implementación de las especies; los atributos que se evaluaron fueron: 1) superioridad: se refirió a la comparación de la recomendación agroforestal sobre la situación presente del productor, 2) compatibilidad de la recomendación con las características y necesidades del productor, 3) simplicidad de lo recomendado, 4) factibilidad de implementar o experimentar la recomendación y 5) observabilidad del resultado de su experimento. Se asignaron “pesos” a los atributos, en una escala de 0 y 1 y cada asignación fue independiente de los demás atributos. Es así que cada productor asignó calificaciones y pesos para poder calcular el Índice de Adoptabilidad de las especies; en el que  $W_i$  son los pesos (en

escala 0-1) asignados por los productores al atributo y  $C_i$  es la calificación de los productores al atributo “i”. Así cada productor asignó calificaciones y pesos a cada atributo de la recomendación de las especies, y finalmente se llegó por consenso a un peso y calificación para cada atributo de la recomendación.

$$IAD = W_1 C_1 + W_2 C_2 + W_3 C_3 + W_4 C_4 + W_5 C_5 \quad (6)$$

Se debe tener muy en cuenta que el  $0 \leq IAD \leq 25$ , donde el valor máximo 25 se obtiene cuando todos los atributos son igualmente importantes, calificándose con un valor máximo de 5 a cada atributo; un valor cercano a cero se obtiene si todas las calificaciones de atributos son 1 y los pesos son ceros o muy cercanos a cero.

### **2.2.7. Probabilidad de adopción**

La estimación porcentual de la probabilidad de adopción de la recomendación se obtiene dividiendo el IAD entre el valor máximo.

$$PAD = \frac{IAD}{25} * 100 \quad (7)$$

### **2.2.8. Análisis de los datos**

Las variables siguieron distribución normal (Proc univariate), para determinar diferencias entre especies y entre comunidades se efectuaron análisis de varianza para el índice de conocimiento ecológico local, el índice de manejo, así como el índice de importancia cultural y sus subíndices (valor de uso total relativo, intensidad de uso, intensidad de uso relativo, frecuencia de mención relativo y número de usos) y se hicieron comparaciones de medias con prueba de Tukey cuando hubo diferencias significativas ( $P < 0.05$ ). El índice de adopción y la probabilidad de adopción se analizaron con el procedimiento GLM y pruebas LSMeans ajustadas a Tukey. Los análisis se



obtuvieron a partir del paquete estadístico Statistical Analysis System versión 4.3.0 (SAS Institute Inc., 2010).

## 2.3. Resultados

### 2.3.1. Conocimiento local

#### *Índice de conocimiento ecológico e índice de conocimiento de manejo*

Los productores de las comunidades manifestaron distinto índice de conocimiento ecológico ( $P = 0.0002$ ,  $F = 9.36$ ,  $gl = 2$ ); a pesar de que todos los índices son altos ( $IC_p > 0.90$ ), en Bandera de Juárez y Patancán hay un mayor conocimiento de los aspectos ecológicos de los árboles que en Paso Panal, en tanto que el conocimiento que los productores tuvieron por cada especie fue igual ( $P = 0.943$ ). Por otro lado, se encontró que en todas las comunidades se hace la misma intensidad de manejo a las especies de árboles ( $P > 0.194$ ,  $F = 1.67$ ,  $gl = 2$ ) y también un manejo igual por cada especie ( $P > 0.910$ ,  $F = 0.09$ ,  $gl = 2$ ) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Índices de conocimiento ecológico y de manejo de las especies arbóreas *Calypttranthes schiedeana*, *Lysiloma acapulcense* y *Tabebuia chrysantha*, en tres localidades de Paso de Ovejas, Veracruz.

Índices	Comunidades		
	Bandera de Juárez	Paso Panal	Patancán
Conocimiento por productor	$0.985 \pm 0.04^a$	$0.938 \pm 0.06^b$	$0.987 \pm 0.04^a$
Manejo por productor	$0.113 \pm 0.15^a$	$0.105 \pm 0.13^a$	$0.177 \pm 0.14^a$

Medias aritméticas  $\pm$  desviación estándar. Literales diferentes del superíndice en el renglón indican diferencias estadísticas con la prueba de Tukey,  $\alpha = 0.05$ .

### 2.3.2. Importancia cultural

La importancia cultural que cada especie tenía al momento del estudio fue distinta de las demás ( $P < 0.0001$ ,  $F = 21.60$ ,  $gl = 2$ ); siendo *L. acapulcense* la que tuvo un mayor índice de

importancia cultural por encima de *C. schiedeana* y *T. chrysantha*. Aunado a esto, la Intensidad de uso difirió en las tres especies ( $P < 0.0001$ ,  $F = 16.82$ ,  $gl = 2$ ) siendo también mayor en *L. acapulcense*. Al igual que la variable anterior la intensidad de uso relativo que se dio a las especies no fue la misma ( $P < 0.0001$ ,  $F = 27.48$ ,  $gl = 2$ ) sobresaliendo *L. acapulcense* con una mayor intensidad de uso relativo que las otras, también las especies arbóreas presentaron un valor de uso total relativo variable ( $P < 0.0001$ ,  $F = 16.01$ ,  $gl = 2$ ) destacándose de nuevo con mayor valor de uso *L. acapulcense*, y no mostraron similitud en la frecuencia de mención relativa ( $P < 0.0001$ ,  $F = 27.48$ ,  $gl = 2$ ) de cada especie, mencionándose principalmente a *L. acapulcense* (Cuadro 6).

Cuadro 6. Índice de importancia cultural, intensidad de uso, intensidad de uso relativo, valor de uso total relativo, frecuencia de mención relativo y usos de las especies arbóreas *Calypttranthes schiedeana*, *Lysiloma acapulcense* y *Tabebuia chrysantha*, en tres localidades de Paso de Ovejas, Veracruz.

Índices	<i>Lysiloma acapulcense</i>	<i>Tabebuia chrysantha</i>	<i>Calyptranthes schiedeana</i>
Importancia cultural	41.283 ± 9.07 <sup>a</sup>	29.641 ± 7.61 <sup>b</sup>	29.063 ± 6.68 <sup>b</sup>
Intensidad de uso	0.735 ± 0.11 <sup>a</sup>	0.567 ± 0.17 <sup>b</sup>	0.514 ± 0.16 <sup>b</sup>
Intensidad de uso relativo	40.986 ± 7.69 <sup>a</sup>	31.064 ± 6.80 <sup>b</sup>	27.964 ± 6.01 <sup>b</sup>
Valor de uso total relativo	41.911 ± 12.22 <sup>a</sup>	26.807 ± 9.47 <sup>b</sup>	31.275 ± 8.76 <sup>b</sup>
Frecuencia de mención relativo	40.986 ± 7.68 <sup>a</sup>	31.064 ± 6.80 <sup>b</sup>	27.964 ± 6.01 <sup>b</sup>
Número de usos	3.750 ± 1.04 <sup>a</sup>	2.857 ± 0.890 <sup>b</sup>	2.571 ± 0.84 <sup>b</sup>

Medias aritméticas ± desviación estándar. Literales diferentes del superíndice en el renglón indican diferencias estadísticas con la prueba de Tukey,  $\alpha = 0.05$ .

### 2.3.3. Adoptabilidad y probabilidad de adopción de las especies arbóreas

Se encontró que la adoptabilidad ( $P < 0.0001$ ,  $F = 22.69$ ,  $gl = 2$ ) y la probabilidad de adopción de las especies ( $P < 0.0001$ ,  $F = 22.70$ ,  $gl = 2$ ) difirieron entre comunidades, siendo en Bandera de Juárez y Patancán ( $P < 0.05$ ) donde los productores tuvieron mayor interés en los árboles (Cuadro 7).

Cuadro 7. Índice de adoptabilidad y probabilidad de adopción de las especies arbóreas *Calyptanthes schiedeana*, *Lysiloma acapulcense* y *Tabebuia chrysantha*, en tres localidades de Paso de Ovejas, Veracruz.

Índices	Comunidades		
	Bandera de Juárez	Paso Panal	Patancán
Índice de adoptabilidad	19.38 ± 2.93 <sup>a</sup>	10.71 ± 2.46 <sup>b</sup>	17.09 ± 1.50 <sup>a</sup>
Probabilidad de adopción	77.52 ± 11.75 <sup>a</sup>	42.86 ± 9.86 <sup>b</sup>	68.35 ± 6.02 <sup>a</sup>

Medias aritméticas ± desviación estándar. Literales diferentes del superíndice en el renglón indican diferencias estadísticas con la prueba de Tukey,  $\alpha = 0.05$ .

Los productores mencionaron que su preferencia es establecer en sus parcelas o potreros árboles de *L. acapulcense* seguido de *T. chrysantha* en tanto que *C. schiedeana* no fue favorito. Algunos de sus argumentos por la preferencia de *L. acapulcense* fueron: porque “da buena sombra y su madera es buena” “se ve más bonito el árbol”, “la madera es más fina”, “dan buena estantería”, es decir postes rollizos o escuadrados, “son benéficos y útiles”. Los productores consideraron que el establecimiento de las especies sería en los linderos tanto internos como en los linderos que limitan el predio preferentemente en los potreros que en las parcelas. La plantación de las especies dentro de los potreros tanto en líneas como espaciados no fue muy valorada por los productores, sus argumentos más frecuentes fueron: “debe estar limpio para que no estorben los palos”, “para que le den más fuerza a la cerca, adentro no porque los maltratarían los animales”, “porque si chapea uno se mueren o queman”.

Al parecer los productores no se ven tan influenciados por el apoyo económico de las dependencias de gobierno y no gubernamentales, ya que la mayoría adoptaría los árboles aún sin apoyo económico; no obstante el número de árboles mencionados que están realmente dispuestos a cuidar en sus tierras van de los 30 a los 1000 árboles, lo que dependió de lo consciente que fuese el productor por reforestar, por el tiempo que le dedicarían a cuidarlos. Por otro lado, las limitantes por la cual los productores no establecerían los árboles se deben a daño por el ganado, la restricción de agua para regarlos en la época seca y terreno, que la gente los “moche” (corte las yemas apicales y ramas) y la necesidad de alambre de púas para proteger a los arbolitos del ramoneo y pisoteo por el ganado.

#### **2.4. Discusión**

Puede interpretarse que en la zona de estudio si existe conocimiento sobre los árboles incluidos en la investigación y un valor cultural, aceptándose así la hipótesis dos de dicho estudio. Se detectaron diferencias respecto al conocimiento ecológico de las especies y su disponibilidad para adoptar las especies en sus agroecosistemas, entre las comunidades de Bandera de Juárez y Patancán con respecto a Paso Panal. Esto puede deberse a diferencias en la naturaleza de los procesos culturales de adquisición y transferencia de conocimiento, así como las características locales de la flora y el ambiente circundante (Albuquerque *et al.*, 2005; Lucena *et al.*, 2007). Una especie llega a tener mayor importancia cultural, en este caso *L. acapulcense*, debido al mayor número de usos relevantes que tiene (como estantería y madera) (Turner, 1988) y a la percepción del productor (Camou-Guerrero *et al.*, 2008). Los usos de las especies arbóreas están influidos por factores como la edad, el idioma, las actividades económicas, la migración, el género entre otros, permitiendo la explicación más precisa de las causas de la variación intracultural en la valoración de las especies de árboles (Camou-Guerrero *et al.*, 2008).

*Lysiloma acapulcense* mostró los valores más altos en todos los índices debido a que pues los pobladores la mencionaron con mayor frecuencia. En un estudio previo, Suárez *et al.* (2012) observó un índice de importancia cultural alto (4.4) para esta especie, dado su alta utilidad y servicios, en el mismo estudio, *Tabebuia chrysantha* mostró una gran importancia cultural (3.8) y mayor a *Calypttranthes schiedeana* (2.2), sobresaliendo como especie importante para la fauna silvestre.

Podemos decir que se acepta la hipótesis tres ya que si existe una disposición de los productores para integrar las especies arbóreas en sus agroecosistemas; siendo que los productores agropecuarios de las comunidades de Bandera de Juárez y Patancán mostraron mayor disposición a adoptar prácticas agroforestales y donde principalmente optan por incluir estas especies en cercos vivos y en linderos maderables, que en términos económicos, las cercas vivas presentan un menor costo de establecimiento y mantenimiento que las cercas muertas y representan un ahorro para el productor por su larga vida útil (Villanueva *et al.*, 2005), y que a nivel ecológico, con la implementación de cercas vivas existe la posibilidad de reducir la presión sobre el bosque debido al aumento de la oferta de productos maderables y no maderables, y la conservación de la biodiversidad (Villanueva *et al.*, 2008). La disposición de los productores por adoptar las especies en los linderos y como cercos vivos puede estar relacionada a que las especies arbóreas forman parte de las comunidades de plantas presentes en sus agroecosistemas, y en términos generales hay apertura en continuar manejándolas. Unos grupos de personas pueden estar en mayor disposición por influencia de algunos factores locales que afectan positiva o negativamente. Algunos de estos pueden ser la disponibilidad de capital y de mano de obra, y la necesidad de productos maderables, la funcionalidad del árbol y tamaño de copa de los árboles. El conocimiento de actividades de programas de extensión forestal también influyen

positivamente en situaciones como esta (Villanueva *et al.* 2003; Salam *et al.*, 2000). En este estudio, los productores no mostraron que la falta de dinero fuera una limitante para la adopción de las especies ya que mostraron interés en adoptar las especies aún sin apoyo económico de las instituciones gubernamentales, sin embargo, en otros estudios si se ha considerado que puede limitar la adopción de árboles en familias de escasos recursos, así como el desconocimiento del agricultor sobre el establecimiento de árboles útiles en sus sistemas de cultivo (Vega, 2005).

De esta manera el diseño de recomendaciones agroforestales se fundamenta en el análisis de las oportunidades de la parcela o potrero y las condiciones socioeconómicas del productor para saber dónde y cómo el árbol puede ayudar (Geilfus, 1994) siendo así que la rentabilidad y la adopción de las especies dependen de las condiciones biofísicas y socioeconómicas propias de cada comunidad (Current, 1997).

No obstante, la adopción agroforestal puede ser lenta debido a que los agricultores son cautelosos al evaluar las nuevas especies, prácticas y mercado. La extensión directa es importante en la agroforestería para incrementar el ritmo de adopción y difusión, uniendo a técnicos expertos con las redes de promotores locales. El uso de incentivos materiales puede ser usado en las primeras etapas para compensar los riesgos asociados a las prácticas desconocidas (Shin *et al.*, 2001). El cultivo de árboles implica una inversión de largo plazo y una estrategia propuesta sería orientar los esfuerzos hacia los agricultores socioeconómicos más altos que funcionan como líderes de opinión, para así iniciar un efecto de goteo con los agricultores de escasos recursos (Alavapati *et al.*, 1995) y también la construcción de un sistema de intercambio de información de agricultor a agricultor a través de enfoques participativos ayudará a desarrollar la confianza de los agricultores a adoptar una innovación (Mekoya *et al.*, 2008).

## 2.5. Conclusiones

*Lysiloma acapulcense* y *Tabebuia chrysantha* son especies con gran importancia cultural por lo que fueron preferidas por los productores de las tres comunidades, con probabilidad de ser plantadas en sus parcelas y potreros. El potencial de adoptabilidad de los diseños agroforestales propuestos permite suponer que las recomendaciones pueden ser implementadas incluso sin apoyo institucional además de poder proponer estrategias que sean fácilmente adoptadas dentro de la toma de decisiones de los productores.

## 2.6. Literatura citada

- Adesina, A.A. and J. Baidu-Forson. 1995. Farmer's perceptions and adoption of new agricultural technology: evidence from analysis in Burkina Faso and Guinea, West Africa. *Agricultural Economics* 13: 1-9.
- Agrawal, A. 1995. Indigenous and scientific knowledge: some critical comments. *Indigenous Knowledge and Development Monitor* 3(3): 3-6.
- Alavalapati, J. R. R., M. K. Luckert and D. S. Gill. 1995. Adoption of agroforestry practices: a case study from Andhra Pradesh, India. *Agroforestry Systems* 32:1-14.
- Albuquerque, U. P., L. H. Cavalcanti. A., and A. C. Oliveira S. 2005. Use of plant resources in a seasonal dry forest (Northeastern Brazil). *Acta botanica Brasilica* 19(1): 27-38.
- Albuquerque, U.P., T.A.S. Araujo, M. A. Ramos, V. T. Nascimento, R.F.P. Lucena, J.M. Monteiro, N.L. Alencar y E.L. Araujo. 2009. How ethnobotany can aid biodiversity conservation: reflections on investigations in the semiarid región of NE Brazil. *Biodiversity Conservation* 18: 127-150.
- Arnold, M. 1997. Framing the issues. *In*: Arnold J.E.M. and P.A. Dewees (eds.). *Farms, trees, and farmers: response to agricultural intensification*. Earthscan Publications Ltd, London. pp 3-17.
- Arnold, M. and P. Dewees. 1998. Rethinking approaches to tree management by farmers. *Natural Resource Perspectives* 26: 1-10.
- Bannister, M. E. y P. K. R. Nair. 2003. Agroforestry adoption in Haiti: the importance of household and farm characteristics. *Agroforestry Systems* 57: 149-157.

- Barrera, A. 1979. La Etnobotánica. *In*: Barrera A. (ed.). La Etnobotánica: tres puntos de vista y una perspectiva. Programa Nacional de Etnobotánica. Universidad Autónoma Chapingo. pp. 9-12.
- Camou-Guerrero, A., V. Reyes-García, M. Martínez-Ramos y A. Casas. 2008. Knowledge and use value of plant species in a Rarámuri community: a gender perspective for conservation. *Human Ecology* 36: 259-272.
- Candelaria, M. B. 2011. Diseño participativo para mejorar la sustentabilidad de los Agroecosistemas de la microcuenca Paso de Ovejas en el Estado de Veracruz, México. Tesis de Doctorado. Programa en Agroecosistemas Tropicales. 135 p.
- Cárdenas, D., C. Marín, S. Suárez, C. Guerrero and P. Nofuya. 2002. Plantas útiles en dos comunidades del departamento del Putumayo. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas. Sinchi, Bogotá. 148 p.
- Castillo-Campos, G. 2005. Contribución al conocimiento del endemismo de la flora vascular en Veracruz, México. *Acta Botánica Mexicana* 57(73): 19–57.
- Castillo-Campos, G. 2007. La selva baja caducifolia en una corriente de lava volcánica en el centro de Veracruz: lista florística de la flora vascular. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 80: 77–104.
- Cervantes, M. A. 2015. Potencial de uso de seis especies de árboles con frutos forrajeros de la selva baja caducifolia. Tesis de Maestría. Programa en Agroecosistemas Tropicales. Colegio de Postgraduados. Veracruz, México. 82 p.
- Cotton, C. M. 1996. *Ethnobotany. Principles and Applications*. John Wiley and Sons. Chichester, West Sussex, England. 424 p.
- Current, D. 1997. ¿Los sistemas agroforestales generan beneficios para las comunidades rurales? Resultados de una investigación en América Central y el Caribe. *Agroforestería en las Américas* 4:8-14.
- Enyong, L. A., S. K. Debrah, and A. Bationo. 1999. Farmer's perceptions and attitudes towards introduced soil-fertility enhancing technologies in Western Africa. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 53: 177–87.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen. Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 5ª Edición. Instituto de Geografía UNAM, México. 90 p.
- Geilfus, F. 1994. El Árbol al servicio del agricultor. Manual de agroforestería para el desarrollo rural. Volumen 1: Principios y Técnicas. Turrialba, Costa Rica. pp. 249-261.



- Grenier, L. 1998. Working with indigenous knowledge. A guide for researchers. International Development Research Centre, Ottawa. pp. 1-5.
- Houehanou, T. D., A. E. Assogbadjo, R. G. Kakaï, M. Houinato, B. Sinsin. 2011. Valuation of local preferred uses and traditional ecological knowledge in relation to three multipurpose tree species in Benin (West Africa). *Forest Policy and Economics* 13: 554-562.
- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Paso de Ovejas, Veracruz de Ignacio de la Llave. Clave geoestadística30126.<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datosgeograficos/30/30126.pdf> (día: 05.04.2016).
- Ingold, T. 2000. The perception of the environment: Essays on livelihood, dwelling and skill. Routledge, London, UK. 465 p.
- Linkimer, M. 2001. Árboles nativos para diversificar cafetales en la zona atlántica de Costa Rica. Tesis de Maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. 117 p.
- López, T. J. F. y J.I. Valdez H. 2011. Uso de especies arbóreas en una comunidad de la reserva de la biósfera la sepultura, estado de Chiapas. *In*: Endara A., A. R., A. M. Santacruz y J. I. Valdez H. (eds.). Bosques y árboles del trópico Mexicano: estructura, crecimiento y usos. Prometeo Editores. Guadalajara, Jalisco, México. pp. 57-72.
- Lucena, R. F. P., E. L. Araújo and U. P. Albuquerque. 2007. Does the local availability of woody Caatinga plants (Northeastern Brazil) explain their use value? *Economic Botany* 61(4):347–361.
- Marín, C., D. Cárdenas y S. Suárez. 2005. Utilidad del valor de uso en etnobotánica. Estudio en el departamento de Putumayo (Colombia). *Caldasia* 27(1): 89–101.
- Mekoya, A., S. J. Oosting, S. Fernandez-Rivera, and A. J. Van der Zijpp. 2008. Farmer's perceptions about exotic multipurpose fodder trees and constraints to their adoption. *Agroforestry Systems* 73: 141–53.
- Morris, B. 2010. Indigenous knowledge. *The Society of Malawi Journal* 63(1): 1-9.
- Olsson, P., C. Folke and F. Berkes. 2004. Adaptive comanagement for building resilience in social ecological systems. *Environmental Management* 34(1): 75–90.
- Posey, D. A. 1985. Indigenous management of tropical forest ecosystems: The case of the Kayapo indians of the Brazilian Amazon. *Agroforestry Systems* 3: 139–58.
- Reyes-García, V. y N. M. Sanz. 2007. Etnoecología : punto de encuentro entre naturaleza y cultura. *Ecosistemas* 16(3): 46–55.

- Salam, M. A., T. Noguchi, and M. Koike. 2000. Understanding why farmers plant trees in the homestead agroforestry in Bangladesh. *Agroforestry Systems* 50: 77–93.
- Shin, J., A. Schlönvoigt, D. Kass, and K. Prins. 2001. Validación de tecnologías agroforestales en Río Guayabo, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 8(30): 40-43.
- Sirrine, D. y C. Shennan and J.R. Sirrine. 2010. Comparing agroforestry systems ex ante adoption potential and ex post adoption: on-farm participatory research from southern Malawi. *Agroforestry Systems* 79: 253-266.
- Somarriba, E. 2009. Planificación agroforestal de fincas. Materiales de Enseñanza No. 49. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. Turrialba, Costa Rica. 102 p.
- Suárez, A., G. Williams-Linera, C. Trejo, J. I. Valdez-Hernández, V. M. Cetina-Alcalá and H. Vibrans. 2012. Local knowledge helps select species for forest restoration in a tropical dry forest of central Veracruz, México. *Agroforestry Systems* 85: 35-55.
- Turner, N. J. 1988. The importance of a rose: evaluating the cultural significance of plants in Thompson and Lillooet interior Salish. *American Anthropologist, New Series* 90(2): 272-290.
- Vega J., M. M. 2005. Planificación agroforestal participativa para el enriquecimiento de fincas cacaoteras orgánicas con especies leñosas perennes útiles, Alto Beni, Bolivia. Tesis de Maestría. Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 123 p.
- Villanueva, C., M. Ibrahim, C. A. Harvey, F. L. Sinclair y D. Muñoz. 2003. Decisiones claves que influyen sobre la cobertura arbórea en fincas ganaderas de Cañas, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10: 39-40.
- Villanueva, C., M. Ibrahim y F. Casasola. 2005. Las cercas vivas en las fincas ganaderas. Proyecto Enfoques Silvopastoriles Integrados para el manejo de Ecosistemas. INPASA. Managua, Nicaragua. 20 p.
- Villanueva, C., M. Ibrahim y F. Casasola. 2008. Valor económico y ecológico de las cercas vivas en fincas y paisajes ganaderos. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 36 p.
- Wood, P. J. y J. Burley. 1995. Un árbol para todo propósito. Introducción y evaluación de árboles de uso múltiple para agroforestería. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 180 p.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

Las tres especies arbóreas, *Calyptanthes schiedeana*, *Lysiloma acapulcense* y *Tabebuia chrysantha* mostraron patrones fenológicos particulares de especies de selva baja caducifolia y subcaducifolia, y una arquitectura arbórea ideal para asociarse con otros cultivos y así diseñar y establecer sistemas agroforestales. *Lysiloma acapulcense* sobresalió al mostrar la mayoría de atributos ideales para asociarse con pastizales y otros cultivos, una Fabacea, cuyas raíces se asocian con bacterias fijadoras de nitrógeno, enriqueciendo de esta manera el suelo; además, su arquitectura de copa (con ramas horizontales y hojas pequeñas) y su fenología (que no es una limitante ya que la mayor parte del tiempo presenta hojas), permiten que el paso de luz bajo su dosel sea suficiente para que los pastos forrajeros crezcan adecuadamente bajo su copa. Sin embargo en las otras especies la interferencia en el paso de luz sería mayor por lo cual se pueden plantar en lugares donde no interfieran tanto como en cercos vivos y linderos, siendo útiles para el productor en algún momento dado y sin perjudicarlo, también se puede manejar por medio de podas el tamaño y distribución de las copas, para disminuir la interferencia de luz y mejorar la producción de madera de calidad para venta o autoconsumo por el productor.

En las comunidades de la parte alta de Paso de Ovejas existe un conocimiento local de las especies de árboles estudiadas que podría ser útil en programas de reforestación y manejo en sistemas agroforestales, por sus múltiples beneficios económicos y ecológicos (productos y servicios), también tienen una importancia cultural para los dueños de la tierra, no sólo en las comunidades estudiadas, sino en toda la parte alta del Municipio (como lo han determinado otros autores) y en todo el territorio de otros municipios que comparten el mismo paisaje. Esta apreciación favorece a estas especies dentro de las tres comunidades de estudio, para preferirlas

sobre especies introducidas en programas de reconversión del uso del suelo, ya que, estas son recursos con utilidad en la vida diaria de los agricultores. Un aspecto sobresaliente a tomar en cuenta es la disposición que los productores mostraron para integrarlas en sus sistemas de producción, aunque hayan mostrado preferencia por *L. acapulcense* y *T. chrysantha*, sobre *C. schiedeana*.

Con base en los atributos fenológicos, su arquitectura de copa y las preferencias de los agricultores, se recomiendan las tres especies para establecerse en sistemas agroforestales con el siguiente orden: *L. acapulcense* al ser de las especies más preferidas y que bajo su dosel se ha observado un buen crecimiento de gramíneas; *T. chrysantha* podría incluirse dentro de potreros como árboles dispersos y en plantaciones en hileras, también se recomienda su establecimiento en cercos vivos; *C. schiedeana*, por su copa estrecha y al no ser muy preferida por los productores, deberá establecerse como cercos vivos en los linderos internos y externos que limitan el predio.

Es importante destacar que los programas de reforestación y cambios de usos del suelo que promueven instituciones como la Comisión Nacional Forestal y organizaciones no gubernamentales deberán promover el uso de árboles nativos de cada región e involucren a los agricultores en todo el proceso de producción y plantación de los árboles. Para implementar este enfoque, es necesario realizar estudios formales y sistemáticos sobre las especies nativas en los distintos ecosistemas, sobre todo de los ecosistemas de selva baja caducifolia y subcaducifolia.

Además, es necesaria la reestructuración de las normas de las dependencias gubernamentales y afines al proveer el recurso árbol, es recomendable dejar a un lado el paternalismo en el que se proveen los árboles para reforestación al productor sin involucrarlos desde el desarrollo de la

planta y sin conocer los gustos las preferencias en las especies arbóreas locales. Hay que tener en cuenta que al hacer partícipes a los agricultores en la toma de decisiones desde que se selecciona el árbol ideal progenitor hasta el establecimiento en viveros, las personas se empoderen del trabajo y hay un aprecio al esfuerzo que les ha llevado.

Así, nuestro estudio etnobotánico permitió conocer la preferencia de los productores por las especies, lo cual es necesario para la elección de árboles en programas de reforestación y para la integración en sistemas agroforestales, ya que el éxito de estos programas dependen mucho del tipo de recursos disponibles, de las necesidades locales, y de los gustos o preferencias de los interesados, para establecer cualquier especie arbórea. Es importante recordar que lo más económico es utilizar lo que ya se tiene y en este caso es el uso de lo local.

Anexo A. Descripción de los sitios en los que se evaluó la fenología y la arquitectura arbórea de las especies *Calypttranthes schiedeana*, *Lysiloma acapulcense* y *Tabebuia chrysantha* en tres localidades de Paso de Ovejas, Veracruz.

Superficie, ha	Localidad	Orientación	Topografía	Uso del suelo	Ubicación de árboles	Vegetación	Manejo
..... <i>Calypttranthes schiedeana</i> .....							
4	Bandera	Sureste	Pendiente	Pastizal	Aglomerados	<i>Gliricidia sepium</i> , <i>Tabebuia chrysantha</i> , <i>Maclura tinctoria</i> , <i>Mangifera indica</i> y gramíneas.	Quema
0.5	Patancán	Este	Loma	Maíz	Dispersos	<i>Zea mays</i>	Quema
8	Paso panal	Suroeste	Pendiente	Pastizal y selva baja	Aglomerados	<i>Acacia cochliacantha</i> , <i>Lysiloma acapulcense</i> , <i>Ipomoea wolcottiana</i> , <i>Leucaena lanceolata</i> , <i>Maclura tinctoria</i> y gramíneas	Quema
5	Paso panal	Cenit	Plan	Pastizal	Dispersos	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> , <i>Lysiloma acapulcense</i> , <i>Leucaena lanceolata</i> , <i>Cordia alliodora</i> , <i>Diphysa carthagenensis</i> , <i>Acacia cochliacantha</i> , <i>Caesalpinia cacalaco</i> .	Quema
..... <i>Lysiloma acapulcense</i> .....							
1	Patancán	Cenit	Plan	Maíz	Aglomerados	<i>Zea mays</i>	Quema
3	Patancán	Cenit	Plan	Maíz	Dispersos	<i>Zea mays</i>	Quema
8	Paso panal	Suroeste	Pendiente	Pastizal y selva	Dispersos y aglomerados	<i>Acacia cochliacantha</i> , <i>Lysiloma acapulcense</i> , <i>Ipomoea wolcottiana</i> , <i>Leucaena lanceolata</i> , <i>Maclura tinctoria</i> y gramíneas	Quema
9	Paso panal	Norte	Plan	Pastizal	Dispersos	<i>Cordia alliodora</i> , <i>Leucaena lanceolata</i> , <i>Calypttranthes schiedeana</i> y gramíneas	Quema
10	Patancán	Este	Loma	Pastizal	Dispersos	Gramíneas	Quema
11	Patancán	Noroeste	Loma	Pastizal	Dispersos y aglomerados	Gramíneas	Quema

Superficie, ha	Localidad	Orientación	Topografía	Uso del suelo	Ubicación de árboles	Vegetación	Manejo
..... <i>Tabebuia chrysantha</i> .....							
10	Bandera	Este	Plano y loma	Pastizal	Aglomerados	<i>Enterolobium cyclocarpum, Guazuma ulmifolia, Cordia alliodora, Diphysa carthagenensis, Gliricidia sepium, Acacia cochliacantha</i> y gramíneas.	Quema
4	Bandera	Noreste	Plano y pendiente	Pastizal	Dispersos	<i>Acacia cochliacantha, Leucaena lanceolata</i> y gramíneas.	Quema
1	Patancán	Oeste	Loma	Pastizal	Aglomerados	<i>Acacia cochliacantha</i> y gramíneas	Quema
8	Paso Panal	Suroeste	Ladera	Pastizal y selva	Dispersos y aglomerados	<i>Acacia cochliacantha, Lysiloma acapulcense, Ipomoea wolcottiana, Leucaena lanceolata, Maclura tinctoria</i> y gramíneas	Quema
30	Paso Panal	Oeste	Ladera	Pastizal	Dispersos	<i>Maclura tinctoria</i> y gramíneas	Quema
5	Patancán	Cenit	Plan	Pastizal	Dispersos	Gramíneas	Quema

Anexo B. Medidas dasométricas en fustales de *Calypttranthes schiedeana*, *Lysiloma acapulcense* y *Tabebuia chrysantha* para la evaluación de arquitectura arbórea.

Variable	<i>Calypttranthes schiedeana</i>	<i>Lysiloma acapulcense</i>	<i>Tabebuia chrysantha</i>
Diámetro de la base, cm	23.5 ± 10.1	63.2 ± 18.5	36.4 ± 12.4
Circunferencia de la base, cm	73.8 ± 31.7	198.6 ± 58.1	114.5 ± 38.8
Área de la base, cm <sup>2</sup>	509.6 ± 495.9	3395.3 ± 2256.9	1156.4 ± 810.0
Circunferencia de copa, m	15.8 ± 3.3	47.3 ± 9.1	27.6 ± 5.5
Área de copa, m <sup>2</sup>	20.4 ± 8.9	183.9 ± 68.6	62.4 ± 25.1
Altura total, m	5.8 ± 1.1	9.9 ± 2.1	7.5 ± 1.9
Altura de fuste a la primera rama, m	2.0 ± 0.5	2.5 ± 0.9	2.4 ± 0.5
Altura de copa, m	3.8 ± 1.1	7.3 ± 1.6	5.1 ± 1.8



Anexo C. Tipología de copa y definición de cada criterio para evaluar la arquitectura arbórea de *Calyptranthes schiedeana*, *Lysiloma acapulcense* y *Tabebuia chrysantha* (Fuente: Trichon, 2001)

Clases	Subclases	Definición
Contorno de copa	<ul style="list-style-type: none"> <li>cilíndrica</li> <li>cónica</li> <li>cónica-invertida</li> <li>esférica-ovoide</li> <li>aparasolada</li> </ul>	
Arquitectura de copa	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plana</li> <li>Redondeada</li> <li>Ondulada</li> <li>Copetuda</li> <li>Forma de estrella</li> <li>En capas</li> <li>o</li> <li>Segmentada</li> <li>No segmentada</li> <li>o</li> <li>Múltiple</li> <li>Sencilla</li> <li>o</li> <li>Poco profunda</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>superficie (o área) más o menos horizontal</li> <li>curvas definidas en la superficie de la copa</li> <li>área creciendo y avanzando en prominentes curvas evocando un cumulo de nube</li> <li>ramas individuales (hábito de ramas &gt; 45°) extendidas hacia arriba y hacia afuera</li> <li>ramas o hojas grandes compuestas dispuestas en verticilos o en espiral</li> <li>varios segmentos separados</li> <li>con copas individuales, separadas por más o menos fisuras prominentes</li> <li>la arquitectura no es como la anterior de arriba</li> <li>dos o más grandes divisiones dentro de la copa, cada componente pareciendo una copa individual</li> <li>copa con un centro definido, incluso en el caso de follaje discontinuo</li> <li>el follaje está concentrado en la parte alta de la copa del árbol</li> </ul>
Cobertura de follaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>Profunda</li> <li>Opaco</li> <li>Claro</li> <li>o</li> <li>Continuo</li> <li>Discontinuo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>el follaje está verticalmente distribuido, de la parte alta de la copa aproximadamente más de 1/3 de la altura total del árbol</li> <li>nada es visible a través del follaje</li> <li>ramas o algún otro elemento se distingue a través del follaje</li> <li>el follaje esta regularmente distribuido dentro de la copa</li> <li>el follaje está distribuido regularmente dentro de la copa en algunas partes de la copa el follaje es concentrado, mientras que en otras partes las ramas son visibles</li> </ul>

Anexo D. Estructura del cuestionario que se aplicó a los productores para realizar el estudio etnobotánico de *Calyptranthes schiedeana*, *Lysiloma acapulcense* y *Tabebuia chrysantha* y su adoptabilidad para sistemas agroforestales en el centro de Veracruz, México.

**ASPECTOS GENERALES**

Fecha: \_\_\_\_\_.

Municipio: \_\_\_\_\_ Localidad: \_\_\_\_\_.

Nombre del Productor: \_\_\_\_\_.

Sexo: F ( ) M ( ) Edad: \_\_\_\_\_ años.

Fuente de Ingresos: \_\_\_\_\_ Escolaridad: \_\_\_\_\_.

Años de experiencia trabajando en el campo: \_\_\_\_\_ años.

Extensión de tierra: \_\_\_\_\_

No. de árboles en potrero o en cultivos:

flor de día \_\_\_\_\_ guaje sabana \_\_\_\_\_ guayabillo \_\_\_\_\_

tamaño \_\_\_\_\_ tamaño \_\_\_\_\_ tamaño \_\_\_\_\_

**I. VALOR DE USO DE LAS ESPECIES ARBÓREAS MULTIPROPÓSITO  
*Calyptranthes schiedeana*, *Lysiloma acapulcense* y *Tabebuia chrysantha*.**

1. ¿Cuáles son los usos que le dan a los árboles guayabillo (*C. schiedeana*), guaje sabana (*L. acapulcense*) y flor de día (*Tabebuia chrysantha*)?

Usos	Flor de día	Guaje sabana	Guayabillo
a) Artesanías			
b) Cerco vivo			
c) Comestible			
d) Construcción			
e) Forraje			
f) Herramienta			
g) Leña			
h) Medicina			
i) Poste			
j) Sombra para el ganado			
k) Otros			

**II. CONOCIMIENTO LOCAL DE LA ECOLOGÍA DE LAS ESPECIES ARBÓREAS MULTIPROPÓSITO *Calyptanthes schiedeana*, *Lysiloma acapulcense* y *Tabebuia chrysantha*.**

2. ¿En qué lugares ha visto que crezcan estos árboles?

	<b>Plan</b>	<b>Laderas</b>	<b>Margen de arroyos</b>
<b>Flor de día</b>			
<b>Guaje sabana</b>			
<b>Guayabillo</b>			

3. ¿En qué tipo de suelos se encuentran éstos árboles?

<b>Tipo de suelo</b>	<b>Barrial (Negro)</b>	<b>Amarillo</b>	<b>Cascajilludo</b>
<b>Flor de día</b>			
<b>Guaje sabana</b>			
<b>Guayabillo</b>			

4. ¿Cómo se encuentran estos árboles, asociados o aislados?

	<b>Asociados</b>	<b>Aislados</b>
<b>Flor de día</b>		
<b>Guaje sabana</b>		
<b>Guayabillo</b>		

5. ¿Ha observado si bajo estos árboles crecen pastos o hierbas?

<b>Especie</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>
<b>Flor de día</b>		
<b>Guaje sabana</b>		
<b>Guayabillo</b>		

6. ¿Qué plagas o enfermedades ha visto que presenten estos árboles en sus hojas, flores, y frutos?

<b>Flor de día</b>	
<b>Guaje sabana</b>	
<b>Guayabillo</b>	

7. ¿Ha observado si estos árboles resisten la sequía de pequeños? ¿Cuál resiste más la sequía?

	Sí	No	Mayor resistencia a sequía
<b>Flor de día</b>			
<b>Guaje sabana</b>			
<b>Guayabillo</b>			

8. ¿Qué meses ha visto que florecen los árboles?

<b>Flor de día</b>	
<b>Guaje sabana</b>	
<b>Guayabillo</b>	

9. ¿Qué meses ha observado que den fruto éstos árboles?

<b>Flor de día</b>	
<b>Guaje sabana</b>	
<b>Guayabillo</b>	

10. ¿Qué meses ha observado que tiren sus hojas?

<b>Flor de día</b>	
<b>Guaje sabana</b>	
<b>Guayabillo</b>	

11. ¿Qué meses comienzan a tener hojas estos árboles?

<b>Flor de día</b>	
<b>Guaje sabana</b>	
<b>Guayabillo</b>	

12. ¿Qué meses comienzan a dispersar sus semillas?

<b>Flor de día</b>	
<b>Guaje sabana</b>	
<b>Guayabillo</b>	

**III. PERCEPCIÓN LOCAL DE LAS CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DE LAS ESPECIES ARBÓREAS MULTIPROPÓSITO *Calyptranthes schiedeana*, *Lysiloma acapulcense* y *Tabebuia chrysantha*.**

13. ¿Qué altura de estos árboles ha visto que llegan a tener?

Altura	>5m	5-10m	10 en adelante
Flor de día			
Guaje sabana			
Guayabillo			

14. ¿Cómo considera que sea el tamaño y forma de la copa?

Tamaño	Pequeña (<10m)	Mediana (10m>L<15m)	Grande L>15m
Flor de día			
Guaje sabana			
Guayabillo			

Forma de copa	Cilíndrica	Esférica ovoide	Aparasolada
Flor de día			
Guaje sabana			
Guayabillo			

**IV. PERCEPCIÓN LOCAL DEL MANEJO DE LAS ESPECIES ARBÓREAS MULTIPROPÓSITO *Calyptranthes schiedeana*, *Lysiloma acapulcense* y *Tabebuia chrysantha*.**

15. Realiza alguna poda, desrame, fertilización, quema, chapeo o los protege de los animales cuando éstos árboles se encuentran en sus potreros o cultivos

	Poda	Desrame	Fertilización	Quema	Chapeo	Protege de animales
Flor de día						
Guaje sabana						
Guayabillo						

16. Ha observado cómo se reproducen los árboles.

Especies	Estaca	Semilla
Flor de día		
Guaje sabana		
Guayabillo		

V. **ADOPCIÓN DE LAS ESPECIES ARBÓREAS MULTIPROPÓSITO *Calyptanthus schiedeana*, *Lysiloma acapulcense* y *Tabebuia chrysantha* POR LOS PRODUCTORES PARA IMPLEMENTARSE EN SISTEMAS AGROFORESTALES.**

17. ¿Cuál de estos árboles prefiere?

Especie de preferencia		
Flor de día	Guaje sabana	Guayabillo

18. ¿Por qué?

---



---

19. Si una Institución viniera y los capacitara para establecer Flor de día, Guaje sabana o Guayabillo en vivero y en campo, en ¿dónde lo establecería? Y ¿cuál diseño preferiría?

Lugar		Dentro		En los linderos	
Potrero	Parcela de maíz	En líneas (9x3 m)	Espaciados agrupados (3m)	Internos (3m)	Delimitación del predio (3m)

20. ¿Por qué decidió dicha recomendación?

---



---

a) **Superioridad:**

Peso: ¿Qué tan importante es este atributo del 0 al 100%? \_\_\_\_\_

Calificación: (1) (2) (3) (4) (5)

b) **Compatibilidad:**

Peso: ¿Qué tan importante es este atributo del 0 al 100%? \_\_\_\_\_

b. 1) ¿Tiene espacio para plantar en su lindero o dentro de su potrero el árbol?

Calificación: (1) (2) (3) (4) (5)

---

---

b.2) ¿Cómo sería su tiempo para cuidarlos y sembrarlos?

Calificación: (1) (2) (3) (4) (5)

---

---

b.3) ¿El acceso y falta de agua es una limitante para plantar el árbol en sus potreros?

Calificación: (1) (2) (3) (4) (5)

---

---

b.4) Hay árboles de donde pueda juntar la semilla (disponibilidad de semilla)

Calificación: (1) (2) (3) (4) (5)

---

---

b.5) Si el árbol es de lento crecimiento

Calificación: (1) (2) (3) (4) (5)

---

---

**c) Simplicidad:**

Peso: ¿Qué tan importante es este atributo del 0 al 100%? \_\_\_\_\_

c.1) Qué tan fácil se le hace:

\*Recolectar la semilla: (1) (2) (3) (4) (5)

\*Hacer un vivero: (1) (2) (3) (4) (5)

\*Plantarla en campo: (1) (2) (3) (4) (5)

\*Cuidarla en campo: (1) (2) (3) (4) (5)

**d) Factibilidad:**

Peso: ¿Qué tan importante es este atributo del 0 al 100%? \_\_\_\_\_

d.1) ¿Qué tanto estaría dispuesto para sembrar y plantar unos arbolitos?

Calificación: (1) (2) (3) (4) (5)

d.2) ¿Cuántos árboles está dispuesto a plantar?

\_\_\_\_\_ Árboles.

d.3) ¿Qué tan barato sería el proceso de establecimiento de los árboles?

Calificación:

1. Muy caro ( )

2. Caro ( )

3. Moderadamente caro ( )

4. Barato ( )

5. Muy barato ( )

d.4) ¿Qué tanto usted arriesga al plantar estos árboles?

Calificación:

1. Mucho ( )

2. Algo ( )

3. Moderadamente ( )

4. Poco ( )

5. Nada ( )

**e) Observabilidad de los resultados:**

Peso: ¿Qué tan importante es este atributo del 0 al 100%? \_\_\_\_\_

e.1) Será muy tardado disfrutar del servicio que ofrecen los árboles

Calificación: (1) (2) (3) (4) (5)

**21. ¿Cuál sería una limitante por los que no establecería los árboles?**

Limitantes	Flor de día	Guaje sabana	Guayabillo
Pequeña extensión de tierra			
Escaso financiamiento de recursos			
Restricciones de suelo y agua.			
Invertir trabajo en el cuidado			
No pienso en plantar			
Daño por el ganado			
Falta de miembros familiares para plantar y cuidarlos.			
Lento crecimiento			



