



El Colegio de la Frontera Sur

**Diseño de sistemas agroforestales con base en las  
condiciones ecológicas y productivas de comunidades  
campesinas de la Península de Yucatán**

**TESIS**

Presentada como requisito parcial para optar al grado de  
Doctor en Ciencias en Ecología y Desarrollo Sustentable

por

**Benito Bernardo Dzib Castillo**

2016

## Tabla de contenido

Resumen .....	5
Capítulo 1 .....	7
Introducción .....	7
La agroforestería y la ecología del paisaje.....	15
Diseño agroforestal .....	17
Sistemas agroforestales de la Península de Yucatán .....	19
Justificación.....	22
Objetivos .....	23
Área de estudio .....	24
Materiales y métodos .....	26
Bibliografía .....	27
Capítulo 2 .....	36
Estructura y composición en dos comunidades arbóreas de la selva baja caducifolia y mediana subcaducifolia en Campeche, México .....	36
Resumen.....	36
Introducción.....	38
Materiales y métodos .....	40
Resultados .....	43
Discusión .....	47
Agradecimientos .....	54
Literatura citada .....	55
Capítulo 3 .....	61
Emergencia de plántulas de especies maderables nativas de la Península de Yucatán .....	61
Resumen.....	61
Introducción.....	62
Materiales y Métodos .....	64
Resultados .....	67
Discusión .....	70
Conclusiones.....	72
Referencias.....	73
Capítulo 4 .....	78

Caracterización de los sistemas de producción y vegetación natural como base para el diseño de sistemas agroforestales.....	78
Resumen.....	79
Introducción.....	80
Objetivo .....	82
Metodología .....	82
Resultados .....	84
Discusión .....	92
Conclusiones.....	99
Referencias.....	101
Capítulo 5 .....	105
Diseño de sistemas agroforestales con base en los sistemas de producción y la vegetación natural en una comunidad de campeche, méxico .....	105
Resumen.....	105
Introducción.....	106
Materiales y métodos .....	109
Resultados .....	110
Discusión .....	118
Conclusiones.....	124
Referencias .....	125
Capítulo 6 .....	132
Discusión y conclusiones.....	132

### **Dedicatoria**

**A mi esposa Cristina Isabel Chanatásig Vaca, a mis padres, y hermanos.**

### **Agradecimientos**

**A mi esposa Cristina por todo el apoyo y ayuda que me brindo para lograr este trabajo.**

**A mis padres Estela Castillo Nieves y Benito Dzib Aké por todo su apoyo incondicional.**

**A mis hermanos Guadalupe del Jesús Dzib Castillo y Samuel Santiago Dzib Castillo hermanos por todo su apoyo.**

**A mi tutor Dr. Johannes Cornelius van Der Wal y asesores Dr. Pedro Antonio Macario Mendoza, Dr. Juan Manuel Pat Fernández, y Dra. Virginia Cervantes Gutiérrez por su paciencia y consejos.**

**A los alumnos del Instituto Tecnológico de Chiná que apoyaron en la realización de este trabajo.**

**A los amigos que siempre animaban para no tirar la toalla.**

**Al personal administrativo y la biblioteca del Colegio de la Frontera Sur unidad Campeche.**

## **Resumen**

Uno de los principales retos de la agroforestería es el diseño de sistemas adecuados a las condiciones ecológicas-productivas regionales. En el presente trabajo se buscaron los elementos que permitieran un diseño agroforestal acorde a las características y los recursos locales. Para esto se seleccionaron dos comunidades de la Península de Yucatán, dentro del Estado de Campeche, México. En cada comunidad se realizaron trabajos para identificar elementos para el diseño de sistemas agroforestales, para lo cual se caracterizaron tanto los sistemas de producción como la vegetación natural aledaña, de igual manera se llevaron a cabo experimentos de germinación de semillas de especies nativas de importancia económica con la finalidad de conocer el potencial de propagación de estas especies que viabilice su introducción en los sistemas productivos.

En la caracterización de los sistemas de producción, en el ejido de Pomuch se identificaron los siguientes sistemas de producción: plantaciones forestales y frutícolas, ganadería, agricultura (mecanizada, semi-mecanizada y de roza, tumba y quema), y huertos familiares, predominando el cultivo de maíz. En el ejido de San José Carpizo I predominó el sistema de producción agrícola mecanizado con el cultivo de caña de azúcar, así como el sistema de producción pecuario con árboles al interior. En ambos ejidos se identificó la presencia de huertos caseros como sistemas agroforestales.

En el muestreo de vegetación natural, se identificó que el ejido de San José Carpizo I tuvo la mayor riqueza de especies (69) a diferencia del de Pomuch (45), donde las principales especies que coincidieron en ambos ejidos fueron *Lysiloma latisiliquum*, *Bursera simaruba* y *Piscidia piscipula*.

En el experimento de siembra de semillas en campo se identificaron diferencias estadísticas en la emergencia de plántulas en *P. piscipula* ( $p=0.005$ ), donde la mayor emergencia se presentó en la posición baja de los lomeríos, y en *Caesalpinia mollis* ( $p=0.015$ ) en la posición alta. En vivero se observó que *C. mollis* fue la única especie que presentó diferencias estadísticas ( $p = 0.006$ ) entre tratamientos, obteniendo la mayor emergencia en luminosidad elevada (0 y 35% de sombra).

Considerando las características de los sistemas de producción y la riqueza de especies arbóreas se establecen propuestas para introducir el componente arbóreo, utilizando especies nativas provenientes de las áreas con vegetación natural remanente, dentro de los sistemas de producción agropecuarios, buscando diversificar la producción sin afectar la productividad del cultivo principal, y generar sistemas agroforestales a nivel de paisaje.

## Capítulo 1.

### Introducción

En la última década a nivel mundial han desaparecido 130 millones de hectáreas de bosques (FAO, 2011), con una tasa continua de 13 millones de hectáreas deforestadas por año (FAO, 2006). En la mayoría de economías en desarrollo, la pérdida del bosque se debe principalmente a la expansión agrícola para la producción de cultivos (FAO, 2003; Barbier, 2004) y la demanda de leña y madera para cubrir las necesidades de la población (Alcántara-Ayala y Dykes, 2010). En México la tala de bosques se asocia principalmente con la conversión a la agricultura o la ganadería comercial (Cairns *et al.*, 2000; Torres-Rojo y Flores-Xolocotzi, 2001). En la Península de Yucatán, la eliminación casi completa de los bosques había ocurrido hasta el colapso de la civilización Maya en torno al año 900, pero en el siguiente milenio los bosques naturales volvieron a reestablecerse; sin embargo, en el siglo XIX, como respuesta a las iniciativas del gobierno, comenzó la explotación comercial selectiva de la madera y otros productos forestales, mientras que en la década de 1960 la política de promoción de la colonización de esta región también promovió la deforestación (Cortina-Villar *et al.*, 1999; Vance y Geoghegan, 2002; Chowdhury, 2006).

La conversión de los bosques tropicales es la principal causa de pérdida de biodiversidad y constituye una amenaza para el funcionamiento del ecosistema, el uso sostenible de la tierra y las economías locales que dependen de los recursos naturales (Chapin III *et al.*, 2000; Hoekstra *et al.*, 2005).

Los sistemas agrícolas de bajos insumos externos, que implican la integración de árboles han sido diseñados y gestionados por siglos por los campesinos pobres en todo el mundo, y son aún visibles en los trópicos. Durante el siglo pasado, el uso del suelo, la intensificación, la simplificación del agroecosistema y otros cambios

sociales han socavado la funcionalidad de muchos de estos sistemas de bajos insumos (Nair, 1998; García-Barrios y García-Barrios, 1992; García-Barrios, 2003).

Para conciliar las necesidades humanas con la integridad de nuestro medio ambiente es necesario generar estrategias nacionales o regionales que promuevan el desarrollo económico y la protección del medio ambiente, con base en una cuidadosa ponderación de los beneficios que ofrecen las opciones alternativas de uso del suelo (Luck *et al.*, 2004; Alcántara-Ayala y Dykes, 2010).

Una opción son los sistemas agroforestales (SAF), los cuales se basan en la premisa de que los sistemas de uso del suelo que son estructural y funcionalmente más complejos, son más eficientes en el uso de los recursos (nutrientes, luz, y agua), comparados con cultivos agrícolas o de árboles en monocultivos (Nair, 2007).

La agroforestería como parte multifuncional del paisaje es vista como proveedora de servicios ecosistémicos, ambientales y económicos (Jose *et al.*, 2009). Suministran alimentos, energía y forrajes; regulan la presencia de plagas, modifican el microclima, controlan la erosión, mitigan la desertificación, aportan en la captura de carbono, mejoran la fertilidad del suelo, la conservación de la biodiversidad, y la polinización (Sileshi *et al.*, 2007).

Los SAF basados en los árboles nativos han jugado un papel fundamental en el mantenimiento de los medios de vida rurales a través de múltiples productos y servicios (World Agroforestry Centre, 2009). Sin embargo, el potencial de las especies nativas para proporcionar un flujo sostenido de diversos productos a largo plazo, prestar servicios que mantengan la productividad de los sistemas de producción agrícola y reducir la dependencia de insumos externos, es a menudo ignorado (McGinty, 2012).



La introducción de sistemas agroforestales en el paisaje implica el diseño de estos. Raintree (1987) propuso una metodología denominada “Diagnóstico y Diseño” (D&D), en ésta se identifican las opciones agroforestales a diferentes escalas, donde a nivel macro se visualizan las opciones de investigación a nivel nacional e internacional, en la meso-escala se identifican oportunidades de agroforestería a partir del análisis espacial y funcional de ecosistemas, mientras que a la escala micro se analizan las actividades que realizan los productores en sus parcelas.

## **Revisión de literatura**

### **Conceptos de Sistemas agroforestales**

La agroforestería ha sido una propuesta que busca integrar árboles al paisaje agropecuario, con la finalidad de mitigar el impacto causado por la deforestación, la cual ha llevado a la eliminación a largo plazo o permanentemente de la cubierta forestal, convirtiendo el suelo a un uso no forestal; además de esta pérdida de la cobertura forestal, los remanentes de vegetación han sido degradados, lo que implica cambios dentro del bosque que afectan negativamente su estructura y función, lo que reduce la capacidad de suministrar productos y/o servicios (Puustjärvi y Markku, 2002). En Latinoamérica y el Caribe, las áreas forestales se han reducido de 923 897 000 de hectáreas en 1990 a 859 925 00 hectáreas (FAO, 2009).

El concepto de sistemas agroforestales propuesto a partir de 1980 no es nuevo, sino más bien un término nuevo empleado para designar un conjunto de prácticas y sistemas de uso de la tierra tradicionales o modernas (Montagnini *et al.*, 1992). Así como lo mencionan Lundgren y Raintree (1983) quienes definen la agroforestería como “un nombre colectivo para sistemas de uso de la tierra y tecnologías donde perennes leñosos (árboles, arbustos, palmas, bambús, etc.) son utilizados intencionalmente en la misma unidad de manejo de la tierra con cultivos agrícolas

y/o animales, bajo alguna forma de arreglo espacial o secuencia temporal. En sistemas agroforestales se presentan tanto interacciones ecológicas como interacciones económicas entre los distintos componentes”.

Somarriba (1992) define a la agroforestería como una forma de uso de la tierra donde árboles perennes interactúan biológica y/o económicamente en la misma área con cultivos y/o animales.

Similares términos son utilizados en la siguiente definición “La agroforestería es un sistema de uso de la tierra que implica una integración aceptable, en términos sociales y ecológicos, de árboles con cultivos y/o animales, simultáneamente o secuencialmente, de tal manera que se incrementa la productividad total de plantas y animales de una forma sustancial por unidad de producción o finca, especialmente bajo condiciones de bajos niveles de insumos tecnológicos y en tierras marginales” (Nair, 1998).

Para Krishnamurthy y Ávila (1999), el concepto de sistemas agroforestales se refiere a una amplia variedad de sistemas de uso de la tierra donde los árboles y arbustos se cultivan en una combinación interactiva con cultivos y/o animales para múltiples propósitos.

Lo anterior muestra que existen diferentes conceptos de sistemas agroforestales, algunos autores los consideran como un conjunto de prácticas de cultivo, otros como sistemas de uso de la tierra (land use systems) o sistemas de producción (farming systems) integrales. El término de “sistema de uso” o “sistema de producción” (farming system) es utilizado en el sentido de un modelo que representa un grupo de unidades de producción que son lo suficientemente similares entre sí para ser considerados en conjunto (Sinclair, 1999). Lo que se denomina en este lenguaje una “práctica agroforestal”, es una parte del sistema de uso, por ejemplo: el manejo agroforestal de un área particular dentro del área controlada por la unidad de

producción; donde frecuentemente las prácticas agroforestales únicamente forman una parte del sistema general de uso. Entonces, un sistema agroforestal es un sistema de uso de la tierra, o bien un conjunto de prácticas, que cumple con el requisito de integración de agricultura y forestería (Sinclair, 1999).

El ICRAF (2005) menciona que “la agroforestería es un sistema dinámico, con bases ecológicas, de manejo de los recursos naturales, que a través de la integración de los árboles en las fincas y en el paisaje agrícola, diversifica y sostiene la producción de pequeños productores para incrementar los beneficios sociales, económicos y ambientales”. En resumen, se puede definir agroforestería como la práctica de integrar árboles en el paisaje agrícola productivo.

Considerando las definiciones de agroforestería propuestas, es evidente que la interacción ecológica de especies perennes (arbustos y árboles) con cultivos anuales y animales busca generar un beneficio económico para los dueños de las tierras, minimizando el impacto ambiental de los monocultivos manejados de forma intensiva con productos agroquímicos.

Sin embargo, alcanzar el equilibrio entre productividad y un bajo impacto ambiental ha llevado a la búsqueda de diseños agroforestales que puedan lograr este equilibrio. De esta forma en los años 80's se impulsaron sistemas agroforestales simplificados, donde se combinaban un número reducido de especies en un arreglo geométrico definido y fijo (Sinclair, 1999). Por ejemplo, Kang *et al.* (1999) reportan como alternaron hileras de *Leucaena leucocephala* con franjas de cultivos anuales. El objetivo primordial era que *L. leucocephala*, perteneciente a la familia de las fabáceas, aportará nitrógeno al cultivo anual a través de la simbiosis de la especie con *Rhizobium spp.* En función de este objetivo se realizaron un sinnúmero de experimentos con fabáceas leñosas para evaluar los rendimientos obtenidos con distintos arreglos espaciales y las ventajas y desventajas económicas de la combinación.

En los 90's, se implementó el sistema agroforestal de "enrichment planting", en entornos de alta presión sobre los bosques y con objetivos dirigidos a la conservación (Schultz *et al.*, 1995). En este sistema, se plantan especies maderables o de otro uso (resina, fibra) en bosques secundarios, con la finalidad de conferirles un valor económico y así evitar su deterioro o tala para uso agrícola, en una fase temprana de desarrollo. Se considera "enrichment planting" como una práctica agroforestal, dado que combina la agricultura con la regeneración del bosque secundario. Esto deriva en beneficios ecológicos al inducir un mayor tiempo de regeneración y mayor fertilidad de los suelos, a la par de los beneficios económicos que se pueden obtener por la venta de las especies plantadas una vez que hayan llegado a su tamaño deseado.

Atangana *et al.* (2014) menciona que la agroforestería es una estrategia de uso de la tierra que es un sistema dinámico en el que algunas especies de plantas con altos valores nutrimentales, medicinales, económicos y ecológicos son utilizadas por la población local para su bienestar, a través de la integración de árboles y/o animales en sus parcelas agropecuarias. El papel de los sistemas de uso del suelo como la agroforestería ha adquirido gran importancia como estrategia de mitigación y adaptación ante el cambio climático, debido a la capacidad de estos sistemas para capturar CO<sub>2</sub> atmosférico y almacenar carbono en partes de la planta y del suelo (Nair, 2010).

Al final de todas las definiciones y conceptos expuestos por varios autores a lo largo del tiempo, la agroforestería debe ser considerada como una opción productiva que busca establecer un vínculo equilibrado entre los recursos forestales y los sistemas de producción agropecuarios, donde los árboles maderables nativos y los monocultivos interactúen para generar beneficios a los productores, minimizando la fragmentación del paisaje al crear corredores de árboles dentro de las áreas cultivadas que unan remanentes de vegetación natural.

## **Clasificación de los sistemas agroforestales**

Debido a la diversidad de los sistemas agroforestales, se han realizado intentos por elaborar una clasificación que pueda englobar estos sistemas. Ruthenberg (1976), en su clasificación de sistemas de producción, no menciona sistemas agroforestales como tales. El componente agro-forestal está implícito en varios de los sistemas que distingue este autor. Tal es el caso de los sistemas de la agricultura de roza, tumba y quema, de descanso, de cultivos perennes y sistemas de pastoreo.

Por otro lado, Huxley (1983) emplea el concepto de formas de uso de la tierra y propone desarrollar una terminología estándar que abarque todas las formas de uso de la tierra, incluyendo los agroforestales. Según Huxley, “existen clasificaciones de uso agrícola de la tierra como sistemas, que son inadecuadas para la agroforestería porque no abarcan la mayor dimensión de espacio y tiempo necesarios para describir el uso en comparación con los sistemas de producción de anuales, de los cuales se ocupa la agricultura primordialmente. Al mismo tiempo, las clasificaciones de sistemas forestales no ofrecen la suficiente “complejidad”. El autor propone iniciar la clasificación jerárquica a partir de un protosistema abstracto e imaginario, consistiendo de un perenne leñoso, una especie cultivada (leñosa, herbácea o pasto) y el hombre. Tal como es el enfoque que da el ICRAF en el D&D (Diagnosis and Design) (Raintree, 1987), donde los diseños se enfocan a sistemas de producción con un arreglo definido a nivel de parcela.

Nair (1993), elaboró una clasificación basada en un inventario de sistemas agroforestales en países en desarrollo, realizado por el ICRAF. En esta clasificación distingue tres divisiones, sistemas agrosilviculturales, en los cuales se involucran cultivos, incluyendo arbustos/lianas/cultivos arbóreos y árboles; sistemas silvopastoriles en donde se incluyen árboles más pastura y/o animales; y sistemas agrosilvopastoriles en donde se incluyen árboles, cultivos y pastos/animales. Esta

clasificación ha sido criticada por Sinclair (1999) por no ser consistente con la teoría general de sistemas formulada por Bertalanffy (1950).

Fresco (1988) propone una clasificación jerárquica de sistemas de producción en general, que, aunque no se enfoca a lo agroforestal, es interesante porque parte de sistemas geográficos mayores, que son desmenuzados paulatinamente hasta el nivel de un cultivo (crop system). Parra *et al.* (1983) proponen una jerarquía similar, que abarca desde el sistema territorial, como conjunto de sistemas de producción; sistema de producción; y sistema de cultivo. Sin embargo, el criterio espacial empleado en los niveles superiores no se mantiene a través de toda la jerarquía en ambas clasificaciones. Cambia el significado de “sistema” entre los niveles, entre espacial concreto (village), abstracto (sistema de uso) y aún económico (algunos de los componentes del sistema regional). El cambio de significado les resta contundencia a estas clasificaciones.

Sinclair (1999) clasifica las prácticas agroforestales en dos fases. En la primera fase identifica clases mayores de prácticas agroforestales, basadas en los componentes que predominan en el uso de la tierra, como árboles y cultivos (silvopastoril/agrosilvopastoril), árboles y pasturas (silvopastoril), árboles y animales sin pasto, uso de los bosques naturales (árboles y gente) árboles y agricultura perenne (árboles cultivados). En la segunda fase identifica los componentes que están dentro de cada clase mayor, donde se observan variantes basadas sobre los arreglos, densidad y diversidad de los árboles. Por ejemplo: árboles dispersos de forma regular o irregular; árboles en zonas como en límites, en contorno, en caminos, agrupados ó en bloques. Aquí, la clasificación permite delimitar los sistemas de acuerdo a sus componentes, sin encajonarlos. De tal forma que un sistema puede variar de acuerdo a los componentes que existan dentro de éste, tal como se puede leer en el ejemplo anterior. Esto hace más flexible la forma de clasificar, adaptándose a las características de cada sistema.

## La agroforestería y la ecología del paisaje

Las plantaciones de cultivos comerciales han sido el motor fundamental del cambio del uso del suelo en muchos países alrededor del mundo (Gibreel *et al.*, 2014), esto aporta beneficios para los agricultores locales y fortalece la estabilidad de las finanzas regionales (Zhang *et al.*, 2014), sin embargo, la expansión de cultivos comerciales modifica en gran medida los patrones del paisaje tradicional (Godone *et al.*, 2014), afectando los servicios de los ecosistemas y el bienestar humano (Yi *et al.*, 2014). Por ejemplo, la fragmentación del paisaje puede afectar sustancialmente la biodiversidad, las reservas de carbono, y la circulación hidrológica (Uuemaa *et al.*, 2013). Por lo tanto, debe buscarse un equilibrio entre la agricultura comercial y la fragmentación del paisaje forestal.

La ecología de paisajes es una forma de categorizar el paisaje y sus elementos modificados por la fragmentación, definida por Forman y Godron (1986) como el estudio de la estructura, función y cambio en un área de tierra heterogénea, el cual contiene ecosistemas interactuando. Forman (1995) describe el paisaje como un mosaico de varios kilómetros cuadrados de extensión, sobre el cual recurren ecosistemas locales. Los ecosistemas locales, por ejemplo: una cerca viva, son los elementos del paisaje. Los elementos pertenecen a tres tipos básicos: parche, corredor y matriz. Un parche es una superficie no lineal diferente en apariencia de sus alrededores; el corredor es una franja angosta que difiere de las áreas adyacentes en ambos lados; y la matriz es el elemento más extenso, englobante y conectado, el cual juega el rol dominante en el funcionamiento del paisaje. Las regiones, a su vez, son mosaicos de paisajes con una cohesión dada por aspectos culturales y económicos.

La ecología del paisaje provee métodos para analizar los patrones generales que caracterizan el entorno y puede ser utilizada para analizar sistemas agro-forestales. Por ejemplo: la parcela con todos sus elementos, puede considerarse como la escala de mayor detalle; las áreas de planicies y lomeríos, predominantes en la

topografía de la Península de Yucatán, pueden identificarse como la escala de paisaje, en donde las parcelas establecidas en estas dos situaciones geográficas, en conjunto conforman un sistema agroforestal a nivel de paisaje (Forman, 1995; Hansson *et al.*, 1995; Bastian, 2000; Lütz y Bastian, 2002). En comparación con la visión de sistemas agroforestales como sistemas de uso, además de fijarse en otros aspectos, la ecología del paisaje aumenta la precisión: unidades de producción similares (que pertenecen a un sistema de uso) no necesariamente se presentan en forma contigua, en tal situación, la ecología del paisaje permite caracterizar espacialmente la distribución de los diferentes sistemas de producción dentro de un área determinada.

De este modo, la ecología del paisaje utiliza un criterio de estructura a través de su jerarquía de clasificación del ecosistema (Figura 1). Así mismo, en esta escuela los conceptos de cada nivel jerárquico son geográficamente explícitos, i.e. se les puede asignar coordenadas geográficas, superficies y espacios. Esta última propiedad es particularmente deseable para el diseño de sistemas agro-forestales, en el sentido de ecosistemas y en el sentido de los conjuntos coherentes de actividades que resulten en ellos.



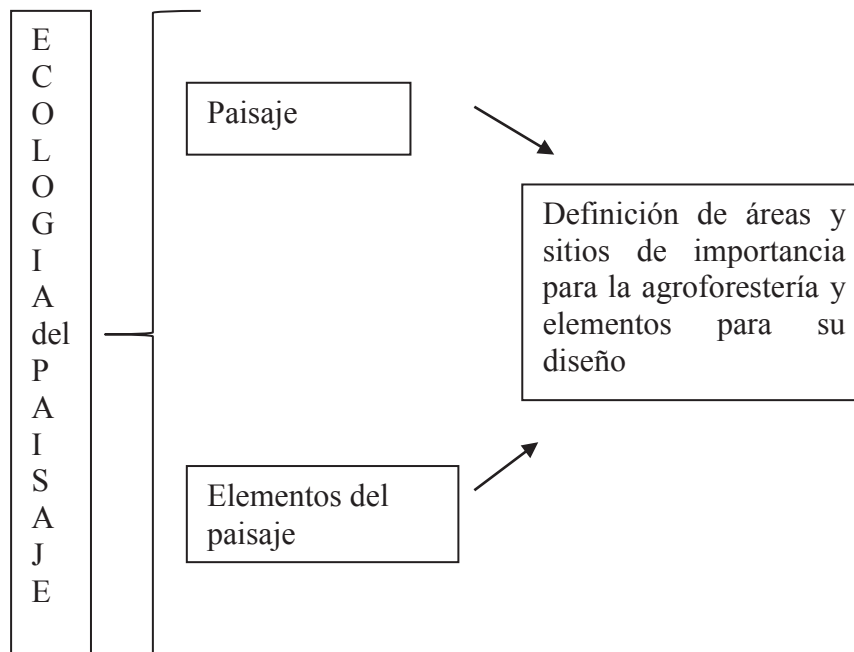


Figura 1. Escalas del paisaje para el diseño agroforestal, basado en la ecología del paisaje.

### **Diseño agroforestal**

A mediados de los 70's el ICRAF (Centro Internacional para la Investigación en Agroforestería) publicó un conjunto de procedimientos metodológicos que comprenden distintos temas relacionados al diseño de sistemas agroforestales, titulado "Diagnóstico y Diseño para el desarrollo de tecnología" (D&D) (Raintree, 1987). Este conjunto de procedimientos aborda tres escalas: el nivel macro, dentro del cual se consideran región, país, o eco-zona; el nivel meso, el cual comprende una comunidad local o micro-cuenca; y el nivel micro, el cual se enfoca en el manejo de las parcelas por los productores (Raintree, 1987).

A la escala macro se han desarrollado métodos que faciliten el diseño agroforestal y la aplicación de principios del D&D, buscando abarcar grandes áreas. La visión a

esta escala permite la integración de estructuras de investigación donde colaboren instituciones nacionales e internacionales (Raintree, 1987).

Al nivel de meso-escala se identifican oportunidades de agroforestería a partir del análisis espacial y funcional de ecosistemas. Se examinan diferentes sistemas de uso de la tierra dentro del paisaje, y se determina si existen posibilidades de complementar los sistemas de producción, buscando aumentar la productividad. Por otro lado, se describen procedimientos grupales para la organización de actividades agroforestales con la participación local. La participación local permite la integración de conocimientos locales (Raintree, 1987).

En la escala micro se proveen herramientas para analizar las actividades productivas que realizan los productores en sus parcelas. Algunas de estas herramientas son: trazo del mapa de la finca, transectos de perfiles, calendario empresarial, calendario de la disponibilidad de alimentos, diagrama de la división de las actividades, diagrama de los sistemas de producción, y diagrama de causa y efecto (Beniest *et al.*, 1994).

Teniendo en cuenta que los problemas que existen a nivel de la finca individual no siempre pueden ser resueltos por la acción individual en una finca, y que los intereses dentro de los grupos de productores no son siempre homogéneos (Raintree, 1987), es necesario que un diseño individual para cada productor se complemente, conectando adecuadamente cada parcela, tomando elementos de los ecosistemas a la meso-escala (paisaje).

Aproximadamente, en las dos primeras décadas de investigación agroforestal ésta se centraba en la producción agrícola, lo cual no ha perdido relevancia. En la pasada década, científicos han empezado a interesarse en los servicios ambientales que las prácticas agroforestales podrían proveer a la sociedad, local y global, para mantener funciones de las cuencas, retener carbono en el sistema suelo-planta, y más

recientemente, para conservar la biodiversidad (McNeely y Scherr, 2003; Schroth *et al.*, 2004).

Mientras que en la época inicial las investigaciones agroforestales se enfocaban más al diseño de arreglos de árboles y cultivos agrícolas en la escala de una parcela individual, recientemente se ha dado mayor importancia a las prácticas de manejo al nivel de paisajes y el lugar de los árboles en los usos tradicionales de la tierra en áreas de cultivos agrícolas (Michon y de Foresta, 1999), áreas de sabanas con árboles (Boffa, 1999), el manejo extractivo de bosques, y el enriquecimiento de bosques y vegetación en áreas en descanso (barbechos). Los científicos agroforestales han diversificado las escalas de análisis e incluyen desde la parcela hasta el paisaje, donde parches de árboles y cultivos conforman un mosaico dinámico (Leakey, 1996). Dada esta ampliación de temas y escalas, el diseño agroforestal debe hacer un uso cada vez más efectivo de los conocimientos disponibles entre los distintos actores (Dixon *et al.*, 2001).

### **Sistemas agroforestales de la Península de Yucatán**

En la Península de Yucatán se han realizado varios trabajos de diseño agroforestal. En Calakmul, Campeche, y en la zona maya de Quintana Roo, se analizaron los sistemas productivos, la economía familiar, y la estrategia de sobrevivencia de la población rural. Asimismo, se determinó el interés de los productores por sembrar árboles, se identificaron las especies arbóreas que consideraban prioritarias y los lugares preferidos para plantarlos. También se estudiaron los éxitos y problemas percibidos por los productores vinculados a los sistemas agroforestales ya establecidos (Snook, 2004).

Los productores preferían el cedro (*Cedrela odorata* L.) y la caoba (*Swietenia macrophylla* King) como maderables, mientras que los cítricos fueron preferidos como especies frutales. Sin embargo, los productores también se mostraban abiertos a incluir otras especies, buscando tener una diversidad alta de especies en sus

parcelas. Respecto a donde sembrar, en la zona maya los productores prefirieron sembrar árboles maderables en asociación con cultivos en sus milpas. En Calakmul, la mayoría prefirió concentrar los árboles maderables en algún lugar de su parcela, mientras que otros especificaron que preferían plantarlos dentro de su milpa asociados con cultivos (Snook, 2004).

En otro trabajo en la misma región, se observó que los productores aceptaban las diferentes opciones agroforestales, seleccionando diferentes cultivos para integrar en sus parcelas, entre especies forestales como cedro, caoba, y ciricote (*Cordia dodecandra* D.C.); frutales (guanábana (*Annona muricata* L.), mamey (*Pouteria sapota* (jacq.) H.E. Moore & Stearn), mango (*Mangifera indica* L., entre otros), cultivos anuales como frijoles (*Phaseolus vulgaris* L.), maíz (*Zea mays* L.) y la jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.). Esto muestra que los diseños agroforestales a nivel de parcela son aceptados, sin embargo, se deja de lado el diseño agroforestal a nivel de paisaje (Haggar *et al.*, 2001).

Issac-Márquez (2004) evaluó el sistema agroforestal multiestrato en la misma región de Calakmul, identificando que en este sistema se incluyen especies forestales, frutales y en algunos casos cultivos agrícolas. Se encontró que 40% de los productores convirtió su parcela agroforestal en una plantación forestal, mediante el manejo mínimo necesario para que los árboles se desarrollen, sin continuar intercalando cultivos anuales; 30% de los campesinos decidieron dejar en descanso sus parcelas debido a la baja fertilidad del suelo, y establecieron cultivos de cobertura de frijol terciopelo (*Mucuna* sp.) con el fin de obtener beneficios económicos de su cultivo mientras descansan. El 30% restante de los campesinos mantuvieron el sistema agroforestal multiestrato para diversificar su producción.

Los resultados muestran que la introducción de árboles, principalmente maderables, en el paisaje se da en las áreas poco aptas para la producción agrícola, considerando el poco requerimiento de mano de obra para el mantenimiento de las

plantas, de acuerdo a la visión de los propietarios de las tierras (Isaac-Márquez, 2004).

Un sistema agroforestal que ha sido ampliamente utilizado en la Península de Yucatán es el enriquecimiento de acahuales con especies maderables, realizando brechas dentro de la vegetación. Este sistema ha sido promovido por diversas instituciones, tanto federales como estatales. Sin embargo, los resultados han sido poco alentadores presentándose crecimientos pobres en los diferentes intentos de introducir especies maderables nativas (cedro, *C. odorata*; caoba, *S. macrophylla*) con valor comercial. Estos resultados se deben principalmente a que no se ha hecho un manejo adecuado de las brechas para asegurar suficiente luminosidad para las plantas (Van der Wal *et al.*, 2011).

Por ejemplo, en la selva mediana subperennifolia de Quintana Roo los mayores crecimientos de caoba se presentaron en brechas en acahuales con alturas de dosel menores a cuatro metros (cuatro años de edad), mientras que los crecimientos menores se dieron en acahuales donde el dosel tuvo alturas mayores a 11 m (más de 50 años de edad) (Macario, 2003).

Otra forma de insertar especies maderables nativas en el paisaje son las plantaciones forestales en monocultivos, las cuales, insertadas en áreas con cultivos, conforman un sistema agroforestal visto a la escala del paisaje. Sin embargo, la principal limitante con las especies nativas como *C. odorata* y *S. macrophylla* en plantaciones monoespecíficas ha sido la alta incidencia del barrenador del cogollo (*Hypsipyla grandella* Zeller) (Van der Wal *et al.*, 2011).

Una opción para la introducción de especies maderables comerciales es la mencionada por Rebollar *et al.* (2002), quienes dentro del Plan Piloto Forestal en Quintana Roo, y como parte de la reforestación, siembran semillas de especies arbóreas en caminos de arrastre, en bacadillas (áreas de acumulación de trocería) y

en sitios de derribos de árboles, donde se crean claros por el aprovechamiento de árboles maderables. La semilla es sembrada con macana de forma directa al suelo, ya que la siembra al voleo propicia que la semilla sea devorada por diferentes animales. Este trabajo presentó buenos resultados en las áreas de bacadillas por la existencia de materia orgánica removida por la maquinaria.

En el diseño agroforestal en La Península de Yucatán, si bien se han considerado experiencias internacionales, la conservación de los recursos locales es todavía un área de oportunidad. Asimismo, hace falta realizar investigación sobre las condiciones tan específicas de los suelos de La Península y sus implicaciones para la agroforestería. Desafortunadamente, pocos trabajos hacen referencia a la aptitud de distintos sitios en el paisaje para la siembra de especies de la región (Mercer *et al.*, 2005).

## **Justificación**

A nivel global muchos sistemas agroforestales se desarrollaron con la finalidad de incrementar la producción, mediante la adición de nuevas plantas y animales a los sistemas existentes o nuevos (Rocheleau *et al.*, 1988). Sin embargo, no se ha llegado a la integración en las escalas que propone el diagnóstico y diseño agroforestal (D&D), que considera las escalas macro, meso y micro. Los esfuerzos se han enfocado en el diseño agroforestal a la escala micro y dirigidos a los sistemas de producción a nivel de parcela, sin abundar sobre la relación entre sistemas agroforestales, conservación de biodiversidad y paisaje.

En La Península de Yucatán no se ha considerado de manera sistemática la meso-escala, únicamente se ha considerado la escala micro (Haggar *et al.*, 2001; Macario, 2003; Mercer *et al.*, 2005). Por lo tanto, es necesario dirigir la mirada hacia los ecosistemas para el rediseño agroforestal. Esto implica la integración de especies locales dentro de los sistemas agroforestales como parte fundamental de su diseño.

Este tipo de especies, principalmente maderables, se tienen como un recurso en las áreas remanentes de vegetación no utilizadas para la agricultura, convirtiéndose en elementos ecológicamente importantes conjuntamente con las áreas de uso agrícola, las cuales conforman un sistema agroforestal a la meso-escala.

En el presente estudio se propone el rediseño de sistemas agroforestales en dos ejidos de La Península de Yucatán. El rediseño se refiere a identificar los sistemas de producción existentes, sus características, así como los recursos forestales presentes en las áreas remanentes con vegetación natural y rediseñar los sistemas, buscando la conectividad a la meso escala. El término hace referencia a que ya existen bases agroforestales y se busca fortalecer lo existente, por lo cual es algo distinto al diseño. En este trabajo se proponen diseños agroforestales a nivel documental basado en la información obtenida en campo.

## **Objetivos**

### **General**

- Contribuir al rediseño agroforestal con base en información obtenida en experimentos puntuales con semillas de especies maderables nativas, las características productivas y los recursos forestales presentes en los ejidos de Pomuch y San José Carpizo 1, Campeche, Península de Yucatán, México.

### **Específicos**

- Caracterizar la estructura y composición de la vegetación natural presente en la zona de estudio.
- Identificar el potencial del establecimiento de plántulas de especies maderables nativas de la Península de Yucatán a partir de la siembra de semillas en viveros y acahuales.

- Caracterizar los sistemas de producción en el ejido de Pomuch, Hecelchakán, Campeche, y San José Carpizo 1, Champotón en la Península de Yucatán, México.

### **Área de estudio**

El estudio se realizó en ejidos del centro-norte del Estado de Campeche, en La Península de Yucatán, México (Figura 2). En esta área confluyen climas secos con climas más húmedos (Balan Kú *et al.*, 1999). Los tipos de vegetación más importantes en el área son la selva baja caducifolia, selva baja inundable, selva mediana sub-caducifolia, manglares en la franja costera y sabanas (Olmsted *et al.*, 1999).

Considerando aspectos culturales, geomorfológicos y de vegetación, se seleccionaron los ejidos de Pomuch y San José Carpizo 1, representativos del centro-norte del Estado de Campeche. El primero ubicado en el Camino Real y el segundo en la región del Valle de Edzná; su elección ofrece una diversidad social y productiva.

Pomuch es un ejido con población de origen Maya, ubicado en el municipio de Hecelchakán, Estado de Campeche, en La Península de Yucatán, México. Asentado en terrenos anteriormente dedicados al cultivo de henequén. Tuvo su dotación ejidal en los años 40's. Se compone de una planicie estructural costera de suelos someros con selva baja caducifolia; de un área de lomeríos con selva mediana subcaducifolia; y de planicies pequeñas, originalmente cubiertas de selva baja inundable entre los lomeríos. Los ejidatarios activos se dedican a la agricultura mecanizada en las planicies pequeñas, a través de grupos de trabajo que comparten maquinaria. Combinan la agricultura mecanizada con agricultura de macana en el área de suelos someros. El tipo de tenencia de la tierra en este ejido es comunal, donde el uso de la tierra se basa en acuerdos de la asamblea ejidal.



Este ejido está comprendido dentro de la subregión fisiográfica planicie litoral de Yucatán, la cual está conformada por rocas sedimentarias de tipo calizas y materiales detríticos en su mayoría. La temperatura media anual está entre 25.4 y 25.5 °C. La precipitación media anual es de 1200 mm (Orellana, 1999). La altitud va de 0 a 10 msnm. De acuerdo a la FAO/UNESCO, los suelos que predominan son: Regosol eútrico, Rendzinas, Gleysol eútrico, Luvisol crómico y Vertisol pélico. Los tipos de vegetación presentes son: Manglar, Popal, Selva baja subperennifolia, Selva baja caducifolia, Selva mediana subperennifolia, y Selva mediana caducifolia (Cuanalo *et al.*, 1989).

San José Carpizo 1 es un ejido creado en los años 80's, con una población de inmigrantes, principalmente del Estado de Guerrero. Cada uno de ellos dispone de una parcela de 40 hectáreas aproximadamente. La geomorfología es de lomeríos con pequeñas planicies intermedias. Se encuentra inmerso dentro de la subregión fisiográfica planicie de Campeche, en la cual existen rocas sedimentarias de los tipos calizas, calizas dolomizadas y silicificadas principalmente, además de materiales detríticos. La altitud va desde los 35 hasta los 250 msnm. La temperatura promedio es de 25.5 a 26.4°C. La precipitación media anual es de 1250 mm (Orellana, 1999). Los suelos dominantes son: Rendzina, Nitosol eútrico, Vertisol pélico, Gleysol eútrico, y Litosol. Los tipos de vegetación existentes son: Selva mediana subperennifolia, Selva mediana caducifolia, Selva baja caducifolia, Selva baja subperennifolia, Selva alta perennifolia, y Sabana en una proporción mínima, 1% (Cuanalo *et al.*, 1989).

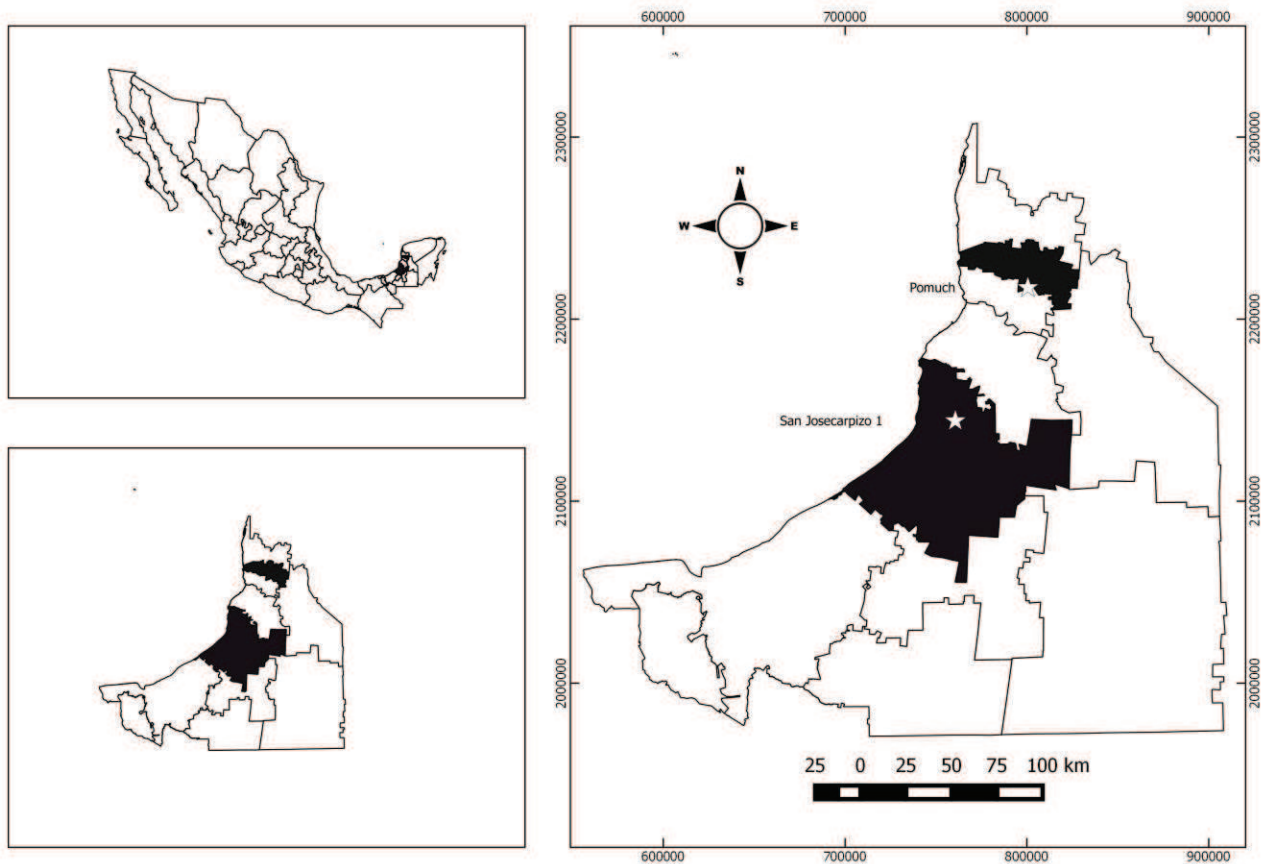


Figura 2. Ejidos seleccionados para el estudio.

## Materiales y métodos

Para rediseñar los sistemas agroforestales, primeramente, es necesario identificar la existencia de estos dentro de un entorno productivo agropecuario; para esto se realizaron visitas a las parcelas en compañía de los propietarios para caracterizar los sistemas de producción existentes y el manejo que realizan los productores, con la finalidad de reconocer si el componente arbóreo era un elemento importante dentro de estos sistemas de producción, conformando un sistema agroforestal. Aunado a lo anterior se realizó un muestreo de la vegetación natural remanente con la finalidad

de conocer la diversidad de especies arbóreas existentes, considerando estos recursos como una oportunidad para integrar árboles maderables de especies nativas dentro del paisaje agropecuario, apoyando la conservación de la diversidad genética con que cuentan estas comunidades. Sin embargo, para poder establecer plantas de especies maderables nativas en un paisaje agropecuario es necesario tener conocimientos sobre la reproducción de estas especies, para lo cual se realizaron experimentos con semillas de varias especies maderables, considerando condiciones de campo como en vivero.

Dentro de cada uno de los capítulos generados en esta investigación se describe la metodología de cada uno los trabajos realizados.

## **Bibliografía**

Alcántara-Ayala, I., Dykes, A. P. 2010. Introduction – Land use change in the tropics: Causes, consequences and monitoring in Mexico. *Singapore Journal of Tropical Geography* 31: 143–151

Balam Ku., M., Bañuelos, I. R., García E., González-Iturbide J. A.; Herrera F. C., Orellana R. L., Vidal, L. J. 1999. Evaluación climática. En: Anónimo, 1999. pp: 163-182.

Barbier, E. B. 2004. Explaining agricultural Land Expansion and deforestation in developing countries. *Amer. J. Agri. Econ* 86 (5): 1347-1353.

Barrera, A., Gómez-Pompa, A., Vazquez-Yanes. 1977. El manejo de las selvas por los Mayas: sus implicaciones silvícolas y agrícolas. *Biotica* 2(2): 47-61.

Bastian, O. 2000. Landscape classification in Saxony (Germany)-a tool for holistic regional planning. *Landscape and Urban Planning* 50: 145-155.

- Beniest, J., Coe, R., Cooper, P., O'Neill, M., Franzel, S. 1994. "Diagnosis & Design" exercise book. ICRAF, Ebu-Kenia. 40 p.
- Bertalanffy, L. 1950. The theory of open systems in physics and biology. *Science*, 111(2872), 23-29.
- Boffa, J. M. 1999. *Agroforestry parklands in sub-Saharan Africa* (No. 34). Food & Agriculture Org.
- Brokensha, D. W; Warren D. M; Werner, O. 1980. *Indigenous Knowledge Systems and Development*, Lanham. MD: University Press of America. 466 pp.
- Cairns, M. A., Haggerty, P. K., Alvarez, R., de Jong, B. H. J., Olmsted, I. 2000 Tropical Mexico's recent land-use change: a region's contribution to the global carbon cycle. *Ecological Applications* 10, 1426–41.
- Chapin III, F. S., Zavaleta, E. S., Eviner, V. T., Naylor R. L., Vitousek, P. M., Reynolds, H. L., Hooper, D. U., Lavorel, S., Sala, O. E., Hobbie, S. E., Mack, M. C. Díaz, S. 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature* 405, 234-242
- Cuanalo, H., Ojeda, T., Santo, O., Ortiz, S. 1989. *Provincias, regiones y subregiones terrestres de México*. Colegio de postgraduados, Centro de Edafología, Chapingo, México. 624 p.
- Cortina-Villar, S., Macario-Mendoza P. A., Ogneva-Himmelberger, Y. 1999. Cambios en el uso del suelo y deforestación en el sur de los estados de Campeche y Quintana Roo, México. *Boletín del Instituto de Geografía de la UNAM. Investigaciones Geográficas* 38: 41-56
- Dixon, H. J., Doores, J. W., Joshi, L., Sinclair, F. L. 2001. *Agroecological knowledge toolkit for windows: methodological guidelines, computer software and manual for akt5*. School of agricultural and forest Sciences, University of Wales, Bangor. 171 p.
- FAO. 2003. *State of the world's forests 2003*. Roma, Italia.

FAO. 2006. Forestry paper, Vol. 147, FAO, Roma, Italia.

FAO. 2009. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0350e/i0350e01a.pdf>. Accessed 17 Jan 2012

FAO. 2011. Los bosques del mundo en cifras: América Latina y el Caribe, región rica en material forestal. Revista especializada de la industria maderera en Colombia.

Fresco, L.O., Westphal, E. 1988. A hierarchical classification of farm systems. *Experimental agriculture* 24: 399 – 419.

Forman, R. T. T., Godron, M. 1986. *Landscape ecology*. Wiley Nueva Cork

Forman, R. T. T. 1995. *Land mosaics: The ecology of landscape and regions*. Cambridge University, Great Britain. 632 p.

García-Barrios, L. 2003. Plant-plant interactions in tropical agriculture. pp. 1–58. In: Vandermeer, J. (ed.), *Tropical Agroecosystems*. CRC Press, NewYork, USA.

García-Barrios, L., García-Barrios R. 1992. La modernización de la pobreza: dinámicas de cambio técnico entre los campesinos temporaleros de México. *Revista de Estudios Sociológicos (El Colegio de México)* 10(29): 263–288.

Gibreel, T. M., Herrmann, S., Berkhoff, K., Nuppenau, E., Rinn, A. 2014. Farm types as an interface between an agroeconomical model and vCLUE-Naban land change model: application for scenario modeling. *Ecological Indicators*, 36, 766-778.

Godone, D., Garbarino, M., Sibona, E., Garnero, G., Godone, F. 2014. Progressive fragmentation of a traditional Mediterranean landscape by hazelnut plantations: the impact of CAP over time in the Langheregion (NW Italy). *Land Use Policy*, 36: 259-266.

Haggar, J., Ayala, A., Díaz, B., Uc, R. C. 2001. Participatory design of agroforestry

systems: developing farmer participatory research methods in Mexico. *Development in Practice*, Vol 11, No. 4, p 417-424.

Hansson, Lennart; Lenore Fahrig; Gray Merriam (eds). 1995. *Mosaic landscapes and ecological processes. Le Studies in landscape ecology 2*. Chapman & Hall, London.

Hoekstra, J. M., Boucher, T. M., Ricketts, T. H., Roberts C. 2005. Confronting a biome crisis: global disparities of habitat loss and protection. *Ecology Letters* 8:23–29.

Huxley, P. A. 1983. The tree-crop interface approach. Section A. Part 4D In: Huxley P. A., ed, *Methodology for the Exploration and Assessment of Multipurpose Trees*. ICRAF, Nairobi, Kenya.

ICRAF 2005.  
[http://worldagroforestry.org/units/Library/Books/Book%2032/an%20introduction%20to%20agroforestry/html/2\\_definition\\_and\\_concepts.htm?n=6](http://worldagroforestry.org/units/Library/Books/Book%2032/an%20introduction%20to%20agroforestry/html/2_definition_and_concepts.htm?n=6)

INEGI, 1984. Carta edafológica Campeche E13-3, escala 1:250000.

Isaac-Márquez, R., García-Mata, R., García, G. 2004. El efecto de las importaciones de carne bovina en el mercado interno mexicano, 1991, 2001. *Agrociencia*, 38, 121-130.

Jose, S., Holzmueller, E. J., Gillespie A. R. 2009. Tree-crop interactions in temperate agroforestry. *In North American Agroforestry: An Integrated Science and Practice*. 2nd ed., ed. H.E. Garrett, 57-73. Madison, WI: American Society of Agronomy, Inc.

Kang, B. T., Caveness, F. E., Tian, G., Kolawole, G. O. 1999. Longterm alley cropping with four hedgerow species on an Alfisol in southwestern Nigeria – effect on crop performance, soil chemical properties and nematode population. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 54: 145–155.

- Krishnamurthy, L., Ávila, M. 1999. Agroforestería básica. Programa de las naciones unidas para el medio ambiente. Serie textos básicos para la formación ambiental N° 3. 340 p.
- Lungren, B. Raintre, J. B. 1983. Sustained agroforestry. In: B. Nestel, ed. Agricultural research for development: potentials and challenges in Asia. The Hague, ISNAR.
- Leakey, R. R. B. 1996. Definition of agroforestry. *Agroforestry Today* 8: 5-7
- Luck, G. W., Ricketts, T. H., Daily G. C., Imhoff, M. 2004. Alleviating spatial conflict between people and biodiversity *Proc Natl Acad Sci USA* 101:182–186.
- Lütz, M., Bastian, O. 2002. Implementation of landscape planning and nature conservation in the agricultural landscape – a case study from Saxony. *Agriculture, ecosystems and environment*. 92(2 – 3) p 159 – 170.
- Macario, M. P. A. 2003. Efecto del cambio en el uso del suelo sobre la selva y estrategias para el manejo sostenible de la vegetación secundaria en Quintana Roo. Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida Yucatán, México. 183 p.
- Mercer, D. E., Haggar, J., Snook, A., Sosa, M. 2005. Agroforestry Adoption in the Calakmul Biosphere Reserve, Campeche, Mexico. *Small-scale Forest Economics, Management and Policy*, 4(2): 163-184
- McGinty, M. M. 2012. Native forest tree conservation in tropical agroforests: case study of cacao farms of Atlantic forest of southern Bahia, Brazil [PhD thesis]. New York (NY). Columbia University.
- McNeely, J. A., Scherr, S. J. 2003. *Ecoagriculture: strategies to feed the world and save wild biodiversity*. Island Press.
- Michón, G., de Foresta, H. 1999. Agro-forests: Incorporating a forest vision in agroforestry. Pages 381–406. In: L. Buck., Lassoie, J., Fernandez, E. eds. *Agroforestry in sustainable agricultural systems*. CRC Press, New York.

Montagnini, F. et al. 1992. Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos, 2ª edición. Organización para estudios tropicales (OET). San José, Costa Rica. 622 p.

McGinty, M. M. 2012. Native forest tree conservation in tropical agroforests: case study of cacao farms of Atlantic forest of southern Bahia, Brazil [PhD thesis]. New York (NY). Columbia University.

Nair, P. K. R. 1993. Introduction to Agroforestry. Kluwer, Amsterdam, The Netherlands.

Nair, P. K. R., Buresh, R. J., Mugendi, D. N., Latt, C. R. 1999. Nutrient cycling in tropical agroforestry systems: myths and science. *Agro Forestry in Sustainable Agricultural Systems*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.

Nair P.K. R.1998. Directions in tropical agroforestry research: past, present and future. *Agroforest Syst* 38: 223–245.

Nair, R. P. K. 2007. Agroforestry for Sustainability of Lower-Input Land-Use Systems, *Journal of Crop Improvement*, 19:1-2, 25-47

Orellana, R. 1999. Evaluación climática. En: Atlas de procesos territoriales de Yucatán. UADY

Parra, V. M. R., Perales, R. M., Inzunza, M. F., Solano, S. C., Hernández, X. E., Santos, O. A. 1983. La regionalización socioeconómica. *Revista de Geografía agrícola, análisis regional de la agricultura*. Nos. 5-6, julio de 1983-enero 1984. p 24-34.

Perfecto, I., Vandermeer, J., Mas, A. A., Soto-Pinto, L. 2005. Biodiversity, yield, and shade coffee certification. *Ecological Economics* 54: 435 – 446.



Puustjärvi, E., Markku, S. 2002. Development of common framework for forest-related definitions. Consultado el 3 de mayo de 2015 en:  
<http://www.fao.org/docrep/005/Y4171E/Y4171E06.htm#TopOfPage>.

Raintree, J. B. 1987. The state of the art of agroforestry diagnosis and design. *Agroforestry Systems*, 5: 219-250.

Rebollar, S. D., Santos-Jiménez, V. J., Sánchez-Aguilar, R. L. 2002. Estrategias de recuperación de selvas en dos ejidos de Quintana Roo, México. *Madera y Bosques* 8(1):19-38.

Rico-Gray, V; Gómez-Pompa, A; Chan, C. 1985. Las selvas manejadas por los Mayas de Yohaltún, Campeche, México. *Biotica* 10(4):321-327.

Rocheleau, D., Weber, F., Field-Juma, A. 1988. Agroforestry in dry land África. ICRAF.

Roy-Chowdhury, R. 2006. Landscape change in the Calakmul Biosphere Reserve, Mexico: modeling the driving forces of smallholder deforestation in land parcels. *Applied Geography* 26, 129–52.

Ruthenberg, H. 1976. *Farming Systems in the Tropics*. Second edition. Oxford University Press, Oxford, UK, 366 pp.

Schultz, R. C., Colletti, J. P., Faltonson, R. R. 1995. Agroforestry opportunities for the United States of America. *Agroforestry Systems*, 31(2), 117-132.

Schroth, G., da Fonseca, G. A. B., Harvey, C. A., Gascon, C., Vasconcelos, H. L., Izac, A. N. 2004. Conclusion: agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes. Pages 487–501. In: Schroth, G., da Fonseca, A. B., Harvey, C. A., Gascon, C., Vasconcelos, H. L., Izac, A. N. edis. *Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes*. Island Press, Washington, D.C., USA.

- Sinclair, F., L. 1999. A general classification of agroforestry practice. *Agroforestry Systems* 46: 161-180.
- Sileshi, G., Akinnifesi, F. K., Ajayi, O. C., Chakeredza, S., Kaonga, M., Matakala, P. W. 2007. Contributions of agroforestry to ecosystem services in the Miombo eco-region of eastern and southern Africa. *Afr J Environ Sci Technol.* 1:68–80.
- Snook, A. E. 2004. En busca de sistemas agroforestales viables: resultados y experiencias de Calakmul y la zona maya, en Armijo, N.; Llorens, C. *Uso, conservación y cambio en los bosques de Quintana Roo.* Universidad de Quintana Roo. P. 131-158.
- Somarriba, E. 1992. Revisiting the past: an essay on agroforestry definition. *Agroforestry Systems* 19:233-240
- Torres-Rojo, J. M., Flores-Xolocotzi, R. 2001. Deforestation and land use change in Mexico. *Journal of Sustainable Forestry* 12, 171–92.
- Uuemaa, E., Mander, U., Mander, R. 2013. Trends in the use of landscape spatialmetrics as landscape indicators: a review. *Ecological Indicators*, 28: 100-106.
- Van der-Wal, H., Chanatasig-Vaca, C., Dzib-Castillo, B., Espinoza-López, R. 2011. Crecimiento de *Cedrela odorata* L y afectación por *Hypsipyla grandella* (Zeller) en plantaciones bajo dosel y a cielo abierto en Campeche. En: Equihua-Martínez A., Estrada-Venegas E., Acuña-Soto J.A., Cháirez-Grijalva M.P. (Eds.). *Memoria del XV Simposio Nacional de Parasitología Forestal.* pp. 132-135. (Memoria en extenso).<http://www.ecosur.mx/component/academicpages/?id=366&Itemid=1487#sthash.Xhgg5Wgc.dpuf>
- Vance, C., Geohegan, J. 2002. Temporal and spatial modelling of tropical deforestation: a survival analysis linking satellite and household survey data. *Agricultural Economics* 27, 317–32.

World Agroforestry Centre. 2009. Creating an evergreen agriculture in Africa for food security and environmental resilience. Nairobi (Kenya): 24 p.  
<http://www.worldagroforestry.org/downloads/publications/PDFs/B09008.PDF>

Yi, Z., Cannon, C. H., Chen, J., Ye, C., Swetnam, R. D. 2014. Developing indicators of economic value and biodiversity loss for rubber plantations in Xishuangbanna, southwest China: a case study from Menglun township. *Ecological Indicators*, 36: 788-797.

Zhang, L., Kono, Y., Kobayashi, S. 2014. The process of expansion in commercial banana cropping in tropical China: a case study at a Dai village, Mengla County. *Agricultural Systems*, 124, 32-38.

## Capítulo 2

### **Estructura y composición en dos comunidades arbóreas de la selva baja caducifolia y mediana subcaducifolia en Campeche, México** **Structure and composition of two tree communities of tropical deciduous and subdeciduous forests in Campeche, Mexico**

Benito Dzib-Castillo, Cristina Chanatásig-Vaca y Noel A. González-Valdivia

Artículo publicado en la Revista Mexicana de Biodiversidad 85: 167-178, 2014

#### **Resumen**

Se describe y compara la estructura y composición de la selva baja caducifolia (SBC) y la selva mediana subcaducifolia (SMS) en 2 localidades en Campeche, México. Se comparó la riqueza de especies, abundancia y distribución de los árboles, así como sus características dasométricas dentro de cada comunidad vegetal; establecimos 27 parcelas de 500 m<sup>2</sup> y se contaron todos los individuos  $\geq 3$  cm de diámetro a la altura del pecho. Se registraron 3 162 individuos, pertenecientes a 83 especies y 30 familias. La riqueza de especies de árboles fue mayor en el SMS; 70 especies en 30 familias, 13 especies promedio por parcela; que en SBC fueron 50 especies en 21 familias y se registraron 11 especies por parcela. La diversidad de árboles en la SBC fue de 1.91 ( $\pm 0.34$ ) frente a 2.10 ( $\pm 0.32$ ) en la SMS. En consecuencia, las comunidades no se distribuyen uniformemente, tanto en SMS ( $J = 0.65 \pm 0.12$ ) como en SBC ( $J = 0.63 \pm 0.12$ ). La composición de especies fue estadísticamente diferente entre las comunidades de plantas (ANOSIM,  $R = 0.19$ ,  $p = 0.01$ ). El índice de diversidad beta de Sorensen confirma lo anterior, con 46 especies (55%) no compartidas, 13 registradas sólo para la SBC y 33 sólo en la SMS, mientras que 37 especies (45%) son comunes en ambos ecosistemas. El análisis SIMPER, indica que las especies características de la SMS son: *Coccoloba barbadensis*, *Croton*

*reflexifolius*, *Diospyros albens*, *Swartzia cubensis* y *Tecoma stans*, y de la SBC son: *Diospyros tetrasperma*, *Gymnopodium floribundum*, *Mimosa bahamensis*, *Randia aculeata* y *Sideroxylon americanum*. En ambas selvas se presentaron de forma dominante *Lonchocarpus xuul*, *Lysiloma latisiliquum*, *Piscidia piscipula*, *Bursera simaruba* y *Vitex gaumeri*.

Palabras clave: diversidad arbórea, ecosistemas tropicales, península de Yucatán.

Abstract. Structure and composition of tropical dry forest (SBC) and tropical semideciduous forest (SMS) were described in 2 locations at Campeche, Mexico. We compare the species richness, abundance and distribution of trees as well as their dasometric characteristics within each plant communities. We established 27 plots (500 m<sup>2</sup>) where all individuals  $\geq 3$  cm of diameter at the breast height were counted and measured. We counted 3 162 individuals belonging to 83 species and 30 families. Tree species richness was higher in the SMS (70 species in 30 families; 13 species average per plot) than in SBC, where 50 species in 21 families and 11 species per plot were recorded. Tree diversity in SBC was 1.91 ( $\pm 0.34$ ) versus 2.10 ( $\pm 0.32$ ) in SMS. Consequently, communities are not equitably distributed both in SMS ( $J = 0.65 \pm 0.12$ ) and SBC ( $J = 0.63 \pm 0.12$ ). Species composition was statistically different between plant communities (ANOSIM,  $R = 0.19$ ,  $p = 0.01$ ). Beta diversity, estimated using the Sorensen index, confirms this, with 46 species non-shared (13 registered only for SBC and 33 only in SMS; while 37 species (45%) were common to both plant communities. Some species are considered as indicators of the SMS while others are for SBC as shown by SIMPER analysis; representative species of SMS were *Cocoloba barbadensis*, *Croton reflexifolius*, *Diospyros albens*, *Swartzia cubensis* and *Tecoma stans*. In SBC forests highlighted *Diospyros tetrasperma*, *Gymnopodium floribundum*, *Mimosa bahamensis*, *Randia aculeata* and *Sideroxylon americanum*. Conspicuous and dominant species present in both vegetation types were *Lonchocarpus xuul*, *Lysiloma latisiliquum*, *Piscidia piscipula*, *Bursera simaruba* and *Vitex gaumeri*.

Key words: tree diversity, tropical ecosystems, Yucatán Peninsula.

## Introducción

Explicar la alta diversidad de especies en las selvas tropicales se ha convertido en un reto persistente en ecología, que inicia por conocer la alta y compleja composición de especies en muchas de estas comunidades forestales (Chesson, 2000; Wright, 2002). Los patrones de variación o distribución de la diversidad tropical han sido objeto de hipótesis que intentan explicarlos (Janzen, 1970; Connell, 1978). Existen diversos estudios que han explicado la coexistencia local de especies en ecosistemas forestales lluviosos húmedos (Hubbell et al., 1999; Chave et al., 2002; Volkov et al., 2005). Se ha puesto menos énfasis en estudiar patrones de diversidad entre las distintas selvas caducifolias (Trejo y Dirzo, 2002) y, menos aún, de ésta en función de gradientes climáticos locales o regionales (Chave, 2008).

La diversidad arbórea está influenciada por varios factores, tales como el clima, el suelo, la topografía y limitaciones en la dispersión de las especies (Nekola y White, 1999; Bell, 2001; Condit et al., 2002; Tuomisto et al., 2003). En las regiones tropicales, la precipitación anual y la estacionalidad han sido consideradas como determinantes en los patrones de distribución de la diversidad y de la riqueza arbórea (Gentry, 1988; Clinebell *et al.*, 1995; Givnish, 1999; Leigh, 1999; Leigh *et al.*, 2004). Esto se observa con la restricción que impone la baja precipitación en la estación seca al establecimiento de muchas plantas (Wright, 1992; Condit *et al.*, 1995; Engelbrecht y Kursar, 2003), o con la disminución de la diversidad arbórea en selvas lluviosas debida al incremento en la estacionalidad mediante un gradiente latitudinal (Davidar et al., 2005). La Influencia de las condiciones climáticas sobre la diversidad en bosques neotropicales indican que la diversidad puede incrementarse a lo largo de gradientes ambientales claros como la precipitación, pero no en otros

ambientes de la Amazonía (Condit et al., 2002). De manera similar, Trejo y Dirzo (2002) no encuentran relación entre precipitación y diversidad de especies arbóreas entre selvas secas con diferentes regímenes pluviales. Aunque Gentry (1995) afirmaba que los bosques tropicales secos resultaban florísticamente menos diversos que los lluviosos, este patrón requiere de mayor verificación.

Los ecosistemas forestales estacionales representan hasta el 42% del total de los ecosistemas forestales tropicales y subtropicales del planeta (Holdridge, 1967). Estos ecosistemas se ubican en regiones con precipitación pluvial anual < 1 800 mm y más de 5 meses con menos de 100 mm de lluvia mensual (Gentry, 1995; Pennington et al., 2009). Entre las selvas tropicales estacionales en México se encuentran las selvas bajas caducifolias (SBC) y las selvas medianas subcaducifolias (SMS).

Se supone que la cantidad de precipitación pluvial y su distribución anual proveen un criterio para clasificar estos ecosistemas (Beard, 1944; Holdridge, 1967; Dupuy et al., 2012). La SBC se distribuye generalmente por debajo de los 1 700 m de altitud, en zonas con temperaturas que en promedio se ubican en los 24° C, precipitación promedio de 800 mm (máxima 1 200 mm) y una temporada seca entre 7 y 8 meses (Challenger y Soberón, 2008). La mayoría de los árboles pierden el follaje durante la estación seca, causando un contraste respecto a la temporada de lluvias (Trejo y Dirzo, 2002; Pennington y Sarukhán, 2005). La SMS se distribuye en condiciones térmicas semejantes a las selvas altas o medianas subperennifolias, pero con precipitación anual entre 1 000 y 1 200 mm, con una temporada seca muy bien definida y prolongada, que corresponde a climas cálidos subhúmedos con lluvias estacionales (Trejo, 1996). Los árboles pierden su follaje en la estación seca en una proporción entre el 50 al 75% del arbolado (Miranda y Hernández-X, 1963; Pennington y Sarukhán, 2005).

En la península de Yucatán se encuentran comunidades tanto de la SBC y SMS. Frecuentemente ambos tipos de vegetación se encuentran contiguos, y sus diferencias estructurales y de composición de especies pueden dificultar su reconocimiento con precisión. El reconocimiento de sus semejanzas y diferencias florísticas, especialmente en relación con sus límites hídricos y térmicos, proporcionan mayores elementos de juicio para dar mayor certidumbre a la distinción entre ambos tipos de vegetación en esta región.

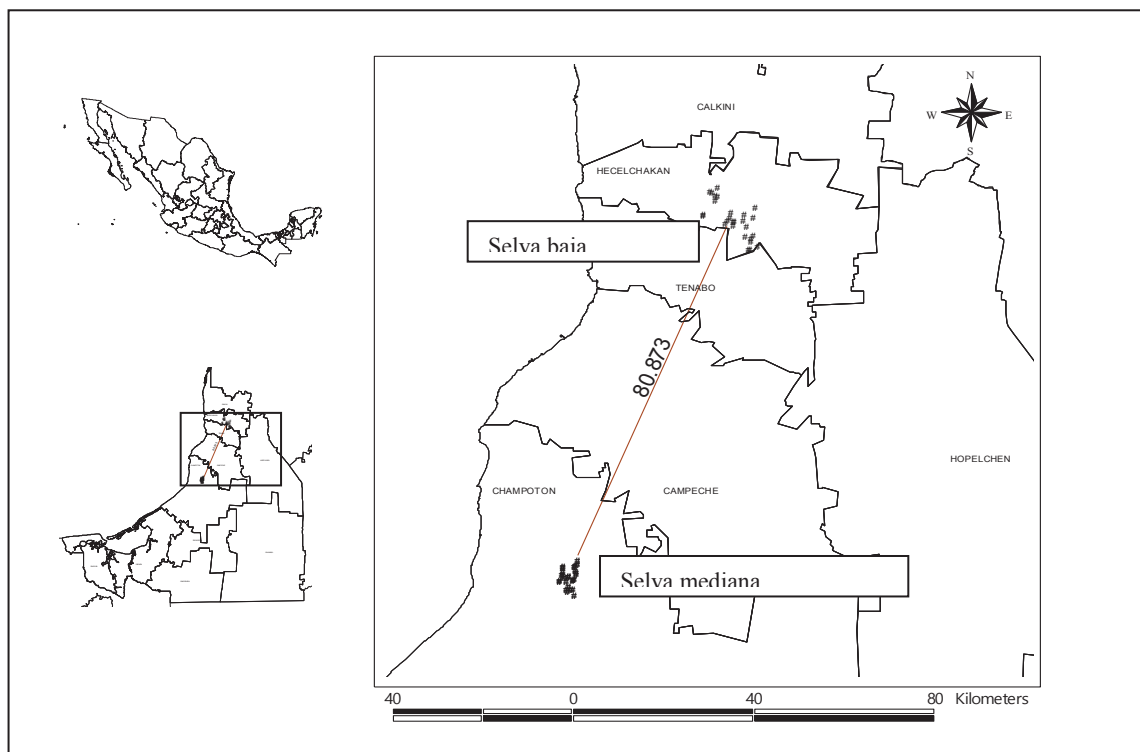
Se han realizado estudios que describen la composición y estructura de la vegetación en la península de Yucatán, entre ellos los de Rico-Gray (1982); Flores (1983); Espejel (1984, 1986); Durán-García (1987, 1995); Olmsted y Durán-García (1986); Rico-Gray et al. (1988, 1991); Mizrahi et al. (1997); Díaz-Gallegos et al. (2002); González-Iturbe et al. (2002) y Martínez y Galindo-Leal (2002). No obstante, faltan estudios que comparen estos ecosistemas y den información sobre la modificación de la composición de especies arbóreas en los límites de su separación climática dentro de una misma región geográfica. En el presente estudio se compara la composición de la SBC y SMS en condiciones similares de topografía, laderas y lomas; tipo de suelos, leptosoles); de temperatura, 1° C de diferencia con base en registro histórico de temperatura anual, y de precipitación, 50 mm de diferencia en precipitación anual. Se pretende determinar si ambos tipos de vegetación difieren significativamente en la diversidad, composición y estructura de sus respectivas comunidades arbóreas, en esta estrecha distinción hídrica y térmica.

## **Materiales y métodos**

*Área de estudio.* El estudio se realizó en una comunidad de selva baja caducifolia y otra en selva mediana subcaducifolia, ubicadas en los ejidos de Pomuch y San José Carpizo 1, respectivamente, separados entre sí 80 km y localizados en el norte-centro del estado de Campeche, México (Fig. 1). El ejido de San José Carpizo 1, localizado en la planicie de Campeche, se ubica sobre material sedimentario con



rocas calizas dolomitizadas, silicificadas y detríticas. La SMS se presenta en suelos de tipo leptosol, en laderas y lomas, rodeadas de tierras agrícolas con suelos tipos gleysol y rendzina (Cuanalo-De la Cerda et al., 1989). La altitud varía entre 35 y 250 m, con temperatura media anual de 26° C y una precipitación media anual de 1 250 mm (Orellana-Lanza et al., 1999). El ejido de Pomuch se ubica en la planicie litoral de Yucatán, conformada por rocas sedimentarias calizas y materiales detríticos. Las altitudes varían de 0 a 50 m. La selva se distribuye en las lomas y laderas que presentan suelos de tipo leptosol, rodeadas de valles agrícolas donde dominan los suelos de texturas medias a someras, de los tipos regosol, rendzinas, gleysol, luvisol y vertisol (Cuanalo-De la Cerda et al., 1989). La temperatura media anual es 25° C y la precipitación media anual alcanza 1 200 mm (Orellana-Lanza et al., 1999).



**Figura 1.** Localización de las zonas de estudio en Campeche, dentro de la península de Yucatán, México.

*Método de muestreo.* Todos los árboles con diámetros del tallo  $\geq 3$  cm a 1.3 m de altura fueron contabilizados e identificados hasta especie, estimando, además, la altura total del árbol (m), dentro de 27 parcelas circulares de 500 m<sup>2</sup>, establecidas en cada tipo de vegetación. Las parcelas de muestreo se distribuyeron sistemáticamente separadas al menos por 200 m entre sí. El material botánico colectado se identificó preliminarmente en campo con la ayuda de los listados de especies y guías florísticas existentes para la región (Martínez et al., 2001; Martínez y Galindo-Leal, 2002; Carnevali-Fernández-Concha et al., 2010). La determinación final se realizó mediante cotejo con especímenes en la colección de referencia del Herbario de la Universidad Autónoma de Campeche.

*Análisis.* Se determinó la representatividad del muestreo de especies arbóreas, considerado como el porcentaje de detección de las mismas respecto a la cantidad esperada de especies en cada selva. Como el número esperado de especies se consideró al máximo valor del índice de Chao1 en cada ecosistema estudiado (Escalante-Espinosa, 2003). Estos valores se compararon mediante curvas de acumulación de especies trazadas con los valores de rarefacción de Coleman, para ambas selvas. Para estos cálculos se utilizó el programa EstimateS, versión 8 (Colwell, 2006).

Se estimaron los índices ecológicos de diversidad alfa, de uniformidad (Shannon-Wiener), de dominancia (Simpson), así como el índice de diversidad beta de Sorensen (Magurran, 1987). Para estos análisis se utilizó el programa PAST 2.16 (Hammer et al., 2001). Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para comparar la diversidad entre ambos tipos de vegetación mediante el programa InfoStat (Di Rienzo et al., 2009).

El análisis de la estructura de la vegetación arbórea para cada uno de los sitios de muestreo se basó en el cálculo de la densidad de individuos por hectárea, el área

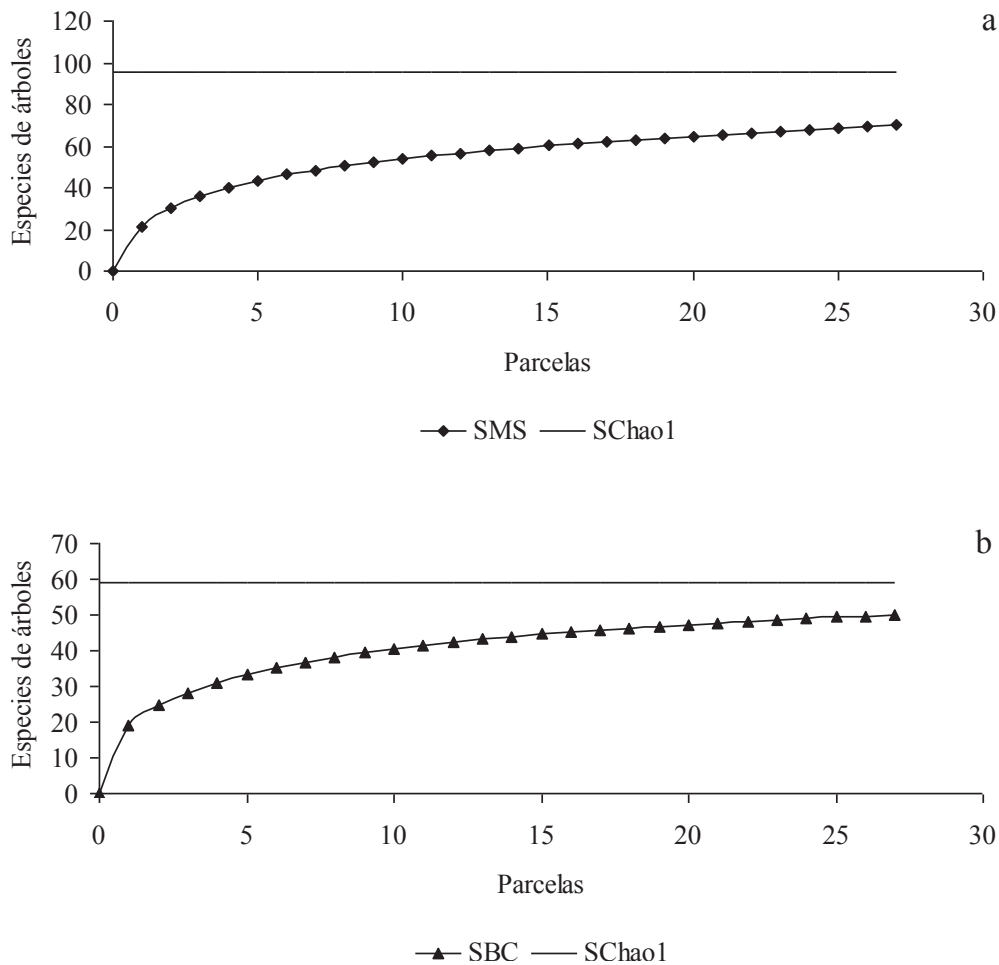
basal y la frecuencia. A partir de estos datos, se obtuvieron los respectivos valores de importancia relativa (VIR) por especie en cada sitio (Mueller-Dombois y Elleberg, 2002). De esta forma se identificaron las especies dominantes en cada uno de los tipos de vegetación. Fue analizada la distribución de frecuencias del área basal y de la misma forma se analizó la estructura vertical (alturas) de cada uno de los sitios. El análisis de similitud (ANOSIM), dentro del programa Primer 6.0 (Clarke y Gorley, 2006), se utilizó para determinar si hay diferencias significativas en la composición de especies entre ambos ecosistemas selváticos. El análisis de similitudes porcentuales (SIMPER) fue realizado para determinar si algunas especies de árboles caracterizan y distinguen una selva de la otra.

## Resultados

*Riqueza y diversidad.* El total de individuos contabilizados en los 2 tipos de vegetación fueron 3 162 individuos, que corresponden a 83 especies arbóreas distribuidas en 30 familias botánicas. En la SMS se contabilizaron un total de 1 522 individuos ubicados en 30 familias, 62 géneros y 69 especies (74% de las 90 esperadas). La familia Fabaceae es la más diversa (14 géneros, 17 especies), seguido de Sapotaceae (4 géneros, 6 especies) y Malvaceae (4 géneros, 5 especies). En la SBC se contabilizaron 1 640 individuos, pertenecientes a 21 familias, 48 géneros y 51 especies (85% de las 60 esperadas; Fig. 2). También, en este caso, Fabaceae es la familia con mayor número de géneros (16 géneros, 21 especies), seguido de Rubiaceae con 5 géneros y especies (Cuadro 1). El registro promedio y desviación estándar por parcela de muestreo es de 13 ( $\pm 3$ ) especies en SMS y de 11 ( $\pm 3$ ) especies en SBC. Ambos tipos de vegetación comparten 37 especies (45% del total). Dentro de estas especies compartidas, las 5 especies que presentaron el mayor número de individuos en ambas selvas fueron: *L. xuul*, *L. latisiliquum*, *P. piscipula* (Fabaceae), *B. simaruba* (Burseraceae) y *V. gaumeri* (Lamiaceae).

La diversidad más alta se observó en la SMS (Shannon-Wiener,  $H' = 2.77$ ), en comparación con la SBC ( $H' = 2.31$ ). De igual manera, el índice de diversidad Shannon-Wiener en promedio para la SMS fue mayor que en la SBC (Cuadro 2). El ANDEVA mostró diferencias significativas ( $p = 0.04$ ) entre la diversidad de los 2 tipos de vegetación (Cuadro 2). Este resultado se confirmó con el índice de similitud de Sorensen, el cual indicó diferencias entre ambas comunidades de especies arbóreas que comparten una similitud de 40%. Tanto en la SMS como en la SBC el mayor registro para el índice de uniformidad fue 0.84. Los valores más bajos para cada uno de los tipos de vegetación resultan también bastante próximos (0.37 para SMS y 0.40 para SBC). En promedio, el índice de uniformidad para cada tipo de vegetación fue igualmente muy similar, 0.65 y 0.63, respectivamente (Cuadro 2).

*Estructura de la vegetación.* Respecto a las familias encontradas, la mayor cantidad de individuos registrados pertenecen a la familia Fabaceae, con un total de 727 individuos en la SMS y 851 individuos en la SBC. Las familias con menor número de individuos fueron las familias Rubiaceae (32) en SMS y Euphorbiaceae (18) en SBC, respectivamente. La familia Ebenaceae presentó la segunda menor cantidad de individuos en ambos casos (Fig. 3).



**Figura 2.** Curvas de acumulación del número de especies arbóreas de acuerdo con el número de parcelas de muestreo en: a, selva mediana subcaducifolia y b, selva baja caducifolia, en Campeche, México. SChao1 representa al máximo número esperado de especies según el índice de Chao1.

La altura promedio de los árboles (8.3 m) y el diámetro del tallo (11.2 cm) fueron mayores en SMS que aquellos obtenidos en SBC, donde los valores promedio fueron 6.3 m en altura y 6.9 cm en diámetro a la altura de pecho (DAP). Esto corresponde con los resultados en el área basal promedio que para SMS fue de 19.26 m<sup>2</sup>/ha, mientras que para SBC alcanzó 10.48 m<sup>2</sup>/ha. Sin embargo, en el caso de la densidad de individuos, éste fue mayor en SBC, teniendo en promedio 1 215

individuos por hectárea, mientras que en SMS se observaron en promedio 1 127 individuos por hectárea (Fig. 4).

Las abundancias de las 5 especies arbóreas con mayor número de individuos en la SMS fueron: *L. xuul* (279), *L. latisiliquum* (268), *B. simaruba* (124), *P. piscipula* (107), y *C. barbadensis* (81). Mientras que en la SBC, las especies con mayor abundancia fueron: *L. latisiliquum* (345), *B. simaruba* (229), *L. xuul* (192), *P. piscipula* (117) y *G. floribundum* (81). Por otro lado, en SMS se presentaron 18 especies con un solo individuo, mientras que en SBC, solamente se presentaron 9 especies con un solo individuo. Las especies con los mayores valores de importancia relativa (VIR) en la SMS fueron: *L. latisiliquum* (60.3), *L. xuul* (35.9), *P. piscipula* (21.4) y *V. gaumeri* (10.3). Mientras que para el caso de la SBC las especies arbóreas con mayor VIR fueron: *L. latisiliquum* (71.1), *B. simaruba* (45.6), *P. piscipula* (23.6), *L. xuul* (19.3), *G. floribundum* (12.2) (Cuadro 1).

*Especies características:* Una de las diferencias entre la composición de la SBC y la SMS se detectó en la distinción de especies de árboles que caracterizan entre los 2 tipos de vegetación (ANOSIM,  $R= 0.19$ ,  $p= 0.01$ ). En la SMS se reconocieron 11 especies que en conjunto contribuyen con el 90% de la distinción de esta comunidad, y de éstas las más destacadas son: *C. barbadensis*, *C. reflexifolius*, *D. albens*, *S. cubensis* y *T. stans*.

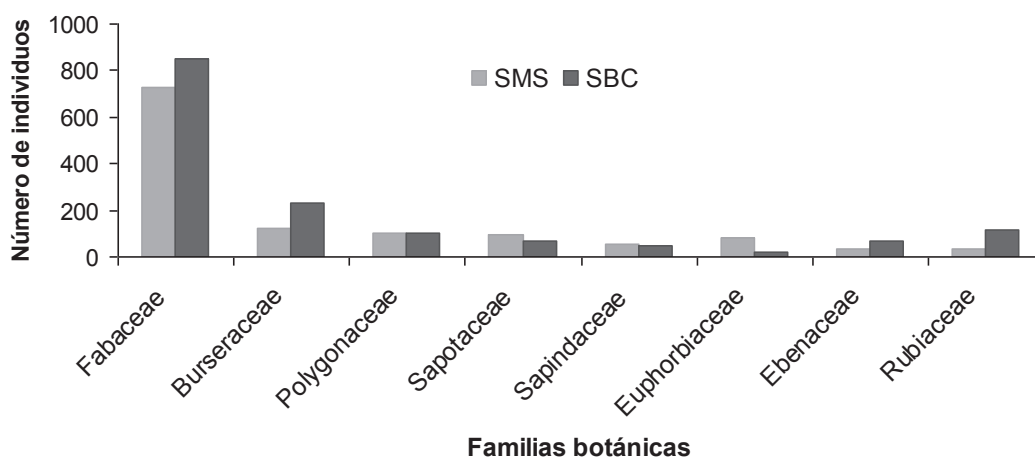
La SBC está caracterizada por *D. tetrasperma*, *G. floribundum*, *M. bahamensis*, *R. aculeata* y *S. americanum*. Otro grupo de especies arbóreas que está presente de manera dominante y presentes en ambos tipos de vegetación fueron: *L. xuul*, *L. latisiliquum*, *P. piscipula*, *B. simaruba* y *V. gaumeri*. En ambos ecosistemas, las especies características no siempre presentan valores de importancia relativa elevados, sino que incluso, en algunos éstos resultan bajos (Cuadro 1).

## Discusión

*Riqueza, diversidad y estructura de la selva mediana subcaducifolia.* La riqueza de especies registrada en la SMS está dentro del ámbito documentado en diferentes localidades de la península de Yucatán (Zamora-Crescencio, 2003, 2008; Gutiérrez-Báez et al., 2011, 2012a, 2012b), mientras su composición, dominada por especies pertenecientes de la familia Fabaceae, coinciden con la de otros estudios realizados en la península de Yucatán (Flores, 1987; Barber et al., 1999; Zamora-Crescencio et al., 2008, 2011).

La diversidad de la SMS estudiada es baja y, además, presenta más especies dominantes que la selva estudiada en Tekax, Yucatán por Gutiérrez-Báez et al. (2011), al compararse ambas mediante el índice de uniformidad. Por otro lado, los resultados muestran que la SMS en San José Carpizo 1, alcanzó menos altura que la mencionada para la condición forestal de selva baja subcaducifolia por Palacio-Aponte et al. (2002) quienes describen alturas de 12 a 20 m en el estrato arbóreo, 4 a 12 m más altas que en el caso de estudio en Campeche.

*Riqueza, diversidad y estructura de la selva baja caducifolia.* Respecto a la SBC la cantidad de información disponible para la península de Yucatán es aún incompleta (Cuadro 3). El número de especies arbóreas en la SBC es consistente con los valores hallados en otros estudios (Ceccon et al., 2002; Zamora-Crescencio, 2003; Zamora-Crescencio et al., 2011).



**Figura 3.** Individuos por familia botánica para especies arbóreas en la selva mediana subcaducifolia (SMS) y la selva baja caducifolia (SBC) en Campeche, México.

**Cuadro 1.** Relación del número de especies arbóreas, densidad (ind/ha) y valor de importancia relativo (VIR) en la selva mediana subcaducifolia (SMS) y la selva baja caducifolia (SBC) en Campeche

Familia	Especie	SMS		SBC	
		Densidad	VIR	Densidad	VIR
Acanthaceae	<i>Aphelandra scabra</i> (Vahl) Sm.	1	0.80	0	0.00
Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	2	1.37	2	0.53
	<i>Metopium brownei</i> (Jacq.) Urb.	13	4.28	0	0.00
	<i>Spondias mombin</i> L.	6	2.42	0	0.00
	<i>Spondias purpurea</i> L.	1	0.35	1	0.8
Annonaceae	<i>Annona glabra</i> L.	1	0.36	0	0.00
	<i>Mosannonna depressa</i> (Baill.) Chatrou	1	0.70	0	0.00
Apocynaceae	<i>Cascabela gaumeri</i> (Hemsl.) Lippold	2	0.88	0	0.00
	<i>Plumeria obtusa</i> L.	1	0.37	3	1.31
Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. y Planch.	2	0.78	1	0.49
Arecaceae	<i>Sabal mexicana</i> Mart.	12	4.71	0	0.00
Bignoniaceae	<i>Tabebuia chrysantha</i> (Jacq.) Nicholson	1	0.38	0	0.00
	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	19	6.15	1	0.41
Bixaceae	<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	1	0.40	4	2.32
Boraginaceae	<i>Bouyeria pulchra</i> (Millsp.) Millsp.	16	4.01	22	5.61
	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz y Pav.) Oken	3	1.03	0	0.00
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	92	23.9	170	45.14
Capparaceae	<i>Capparis frondosa</i> Jacq.	2	1.06	0	0.00
Combretaceae	<i>Terminalia buceras</i> (L.) C. Wright	7	3.57	0	0.00
Ebenaceae	<i>Diospyros albens</i> C. Presl	27	6.26	0	0.00
	<i>Diospyros tetrasperma</i> Sw.	0	0.00	52	11.22



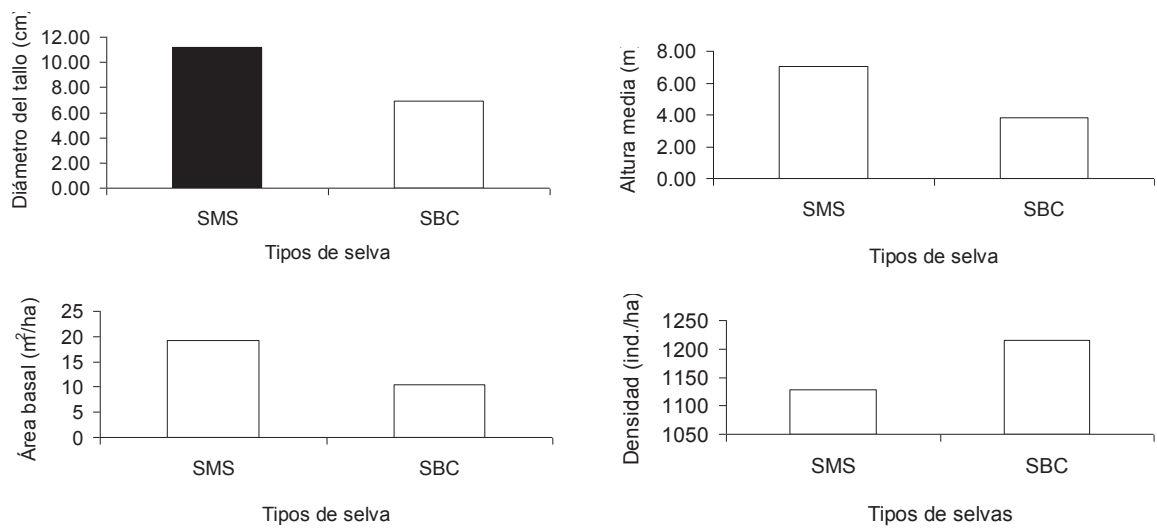
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum confusum</i> Britton	7	1.57	2	0.56
Euphorbiaceae	<i>Cnidoscolus aconitifolius</i> (Mill.) I. M. Johnston	0	0.00	1	0.39
	<i>Croton reflexifolius</i> Kunth	57	8.65	10	3.08
	<i>Jatropha gaumeri</i> Greenm.	2	0.78	3	0.62
Fabaceae	<i>Acacia pennatula</i> (Schltdl. y Cham.) Benth.	0	0.00	2	0.95
	<i>Apoplanesia paniculata</i> C. Presl	0	0.00	1	0.57
	<i>Bauhinia divaricata</i> L.	0	0.00	4	0.68
	<i>Bauhinia jenningsii</i> Paul G. Wilson	4	1.55	3	0.98
	<i>Caesalpinia gaumeri</i> Greenm	0	0.00	39	8.37
	<i>Caesalpinia pulcherrima</i> (L.) Sw.	1	0.35	0	0.00
	<i>Caesalpinia vesicaria</i> L.	1	0.35	2	0.88
	<i>Caesalpinia violacea</i> (Mill.) Standl.	2	0.95	2	0.77
	<i>Caesalpinia yucatanensis</i> Grenm	1	0.39	0	0.00
	<i>Diphysa carthagenensis</i> Jacq.	1	0.38	1	0.40
	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth	4	1.72	4	1.41
	<i>Haematoxylum campechianum</i> L.	1	0.71	0	0.00
	<i>Havardia albicans</i> (Kunth) Britton y Rose	0	0.00	23	7.35
	<i>Inga vera</i> Willd.	1	0.35	0	0.00
	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	1	0.40	0	0.00
	<i>Lonchocarpus rugosus</i> Benth	4	1.87	6	1.25

Cuadro 1. Continúa

Familia	Especie	SMS		SBC	
		Densidad	VIR	Densidad	VIR
	<i>Lonchocarpus xuul</i> Lundell	207	33.64	142	19.33
	<i>Lysiloma latisiliquum</i> (L.) Benth	199	72.90	256	71.15
	<i>Mariosousa dolichostachya</i> (S. F. Blake) Seigler y Ebinger	8	1.99	0	0.00
	<i>Mimosa bahamensis</i> Benth	0	0.00	43	10.03
	<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg.	79	19.75	87	23.60
	<i>Platymiscium yucatanum</i> Standl.	7	3.27	9	1.90
	<i>Senegalia gaumeri</i> (S. F. Blake) Britton y Rose	0	0.00	4	2.62
	<i>Senegalia riparia</i> (Kunth) Britton y Rose	1	0.41	1	0.47
	<i>Senna atomaria</i> (L.) H. S. Irwin y Barneby	0	0.00	1	0.40
	<i>Swartzia cubensis</i> (Britton y P. Wilson) Standl.	18	5.77	1	0.45
Lamiaceae	<i>Vitex gaumerii</i> Greenm.	30	9.63	39	12.13
Malpighiaceae	<i>Bunchosia swartziana</i> Griseb.	18	4.50	4	1.43
Malvaceae	<i>Ceiba aesculifolia</i> (Kunth) Britt. y Baker.	1	0.35	0	0.00
	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	1	0.70	0	0.00
	<i>Hampea trilobata</i> Standl.	7	1.91	2	1.21
	<i>Luehea speciosa</i> Willd.	3	0.66	0	0.00
	<i>Sida sharpiana</i> Miranda	1	0.91	0	0.00
Meliaceae	<i>Trichilia minutiflora</i> Standl.	1	0.35	0	0.00
Menispermaceae	<i>Hyperbaena winzerlingii</i> Standl.	13	2.68	1	0.41
Moraceae	<i>Trophis racemosa</i> (L.) Urb.	3	0.87	0	0.00
Myrtaceae	<i>Eugenia karwinskyana</i> O. Berg	1	0.73	10	2.23
	<i>Psidium sartorianum</i> (O. Berg) Nied.	1	0.35	12	2.20
Polygonaceae	<i>Coccoloba barbadensis</i> Jacq.	60	9.51	7	2.20
	<i>Gymnopodium floribundum</i> Rolfe	17	4.15	60	12.19
	<i>Neomillspaughia emarginata</i> (H. Gross) S.F.Blake	0	0.00	6	2.52
Rubiaceae	<i>Exostema caribaeum</i> (Jacq.) Roem. y Schult.	13	2.08	17	5.27
	<i>Guettarda elliptica</i> Sw.	9	1.69	30	6.73
	<i>Hintonia octomera</i> (Hemsl.) Bullock	0	0.00	1	0.40
	<i>Randia aculeata</i> L.	0	0.00	36	7.29
	<i>Simira salvadorensis</i> (Standl.) Steyerm.	1	0.70	1	0.42
Salicaceae	<i>Casearia corymbosa</i> Kunth	1	0.38	0	0.00
	<i>Zuelania guidonia</i> (Sw.) Britton y Millsp.	3	1.33	3	1.01
Sapindaceae	<i>Melicoccus oliviformis</i> Kunth	3	1.48	0	0.00
	<i>Thouinia paucidentata</i> Radlk.	36	8.97	36	7.84
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum mexicanum</i> Brandegees ex Standl.	14	3.30	0	0.00
	<i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen	18	3.51	0	0.00
	<i>Pouteria campechiana</i> (Kunth) Baehni	11	2.87	0	0.00
	<i>Pouteria reticulata</i> (Engl.) Eyma	17	5.74	0	0.00
	<i>Sideroxylon americanum</i> (Mill.) T.D.Penn.	7	1.58	50	8.47
	<i>Sideroxylon foetidissimum</i> Jacq.	6	1.75	0	0.00
Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i> Aubl.	16	5.21	0	0.00
Urticaceae	<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	2	0.57	0	0.00

**Cuadro 2.** Índices ecológicos para la selva mediana subcaducifolia (SMS) y la selva baja caducifolia (SBC). Parcela: de 500 m<sup>2</sup>, H: Índice de Shannon-Wiener, E: Índice de uniformidad (evenness), D: Índice de Simpson y R: Riqueza de especies por parcela. Al final de cada columna se presenta el promedio ( $\pm 1$  d. e) para cada variable

<i>Parcela</i>	<i>SBC</i>				<i>SMS</i>			
	<i>H</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>R</i>	<i>H</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>R</i>
1	2.17	0.58	0.17	15	1.73	0.52	0.29	11
2	2.25	0.79	0.12	12	2.18	0.81	0.13	11
3	0.94	0.43	0.56	6	2.29	0.76	0.12	13
4	1.82	0.56	0.24	11	2.08	0.73	0.16	11
5	2.31	0.72	0.12	14	1.62	0.56	0.29	9
6	1.99	0.61	0.18	12	2.35	0.75	0.12	14
7	1.94	0.7	0.17	10	2.37	0.57	0.13	19
8	2.11	0.55	0.18	15	2.34	0.65	0.14	16
9	2.22	0.66	0.13	14	2	0.53	0.2	14
10	2.12	0.64	0.15	13	2.35	0.81	0.12	13
11	2.15	0.61	0.17	14	1.7	0.37	0.31	15
12	2.24	0.78	0.12	12	2.08	0.67	0.15	12
13	1.86	0.49	0.26	13	2.74	0.78	0.08	20
14	2.09	0.62	0.17	13	1.73	0.51	0.25	11
15	1.88	0.66	0.19	10	2.2	0.73	0.13	13
16	2.09	0.58	0.18	14	2.08	0.61	0.17	13
17	2.19	0.63	0.16	14	1.55	0.47	0.34	10
18	2.18	0.74	0.13	12	2.37	0.71	0.13	15
19	1.45	0.47	0.39	9	2.03	0.51	0.2	15
20	1.85	0.63	0.25	10	2.1	0.59	0.16	14
21	1.47	0.73	0.26	6	2.03	0.69	0.17	11
22	1.57	0.44	0.35	11	2.34	0.74	0.12	14
23	1.84	0.57	0.24	11	2.77	0.84	0.07	19
24	2.06	0.79	0.15	10	1.58	0.61	0.28	8
25	1.28	0.4	0.38	9	1.85	0.63	0.21	10
26	1.91	0.84	0.17	8	2.22	0.77	0.14	12
27	1.52	0.65	0.29	7	1.89	0.55	0.25	12
Promedio	1.91( $\pm 0.34$ )	0.63( $\pm 0.12$ )	0.22( $\pm 0.10$ )	11( $\pm 3$ )	2.10( $\pm 0.32$ )	0.65( $\pm 0.12$ )	0.18( $\pm 0.07$ )	13( $\pm 3$ )

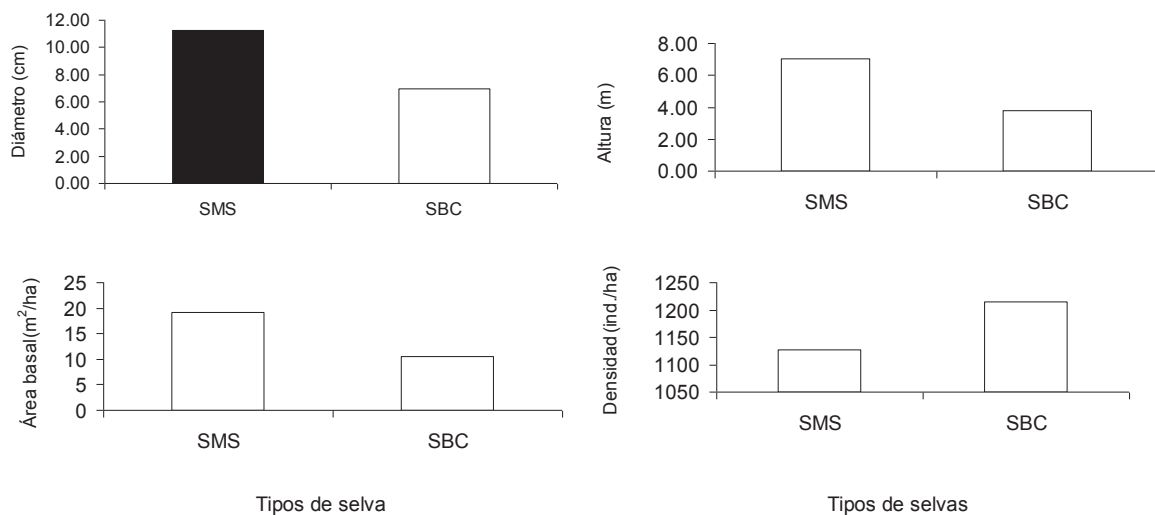


**Figura 4.** Promedios del diámetro de tallos, tomado a 1.30 m de las alturas totales de los árboles, del área basal y densidad de individuos por hectárea para las comunidades arbóreas en la selva mediana subcaducifolia (San José Carpizo 1) y la selva baja caducifolia (Pomuch) en Campeche, México.

La diversidad de Shannon-Wiener en la selva baja caducifolia en los sitios de estudio es relativamente baja ( $H' = 1.91$ ) en comparación con otros estudios; por ejemplo, en una selva baja caducifolia de Veracruz ( $H' = 2.78$ , Gallardo-Cruz et al., 2005), pero superan al de la vegetación secundaria en el norte de Campeche ( $H' = 1.59$ , Zamora-Crescencio et al., 2011). En 2 selvas caducifolias de Yucatán, Ceccon et al. (2002) estimaron valores de diversidad menores a los registrados en Pomuch, tanto en selva conservada como en regeneración después de cultivos agrícolas. Lo anterior es un fenómeno frecuente en la zona de estudio, que refleja cambios importantes en la diversidad de especies en las selvas debido a la agricultura. La posición intermedia de la diversidad en la SBC en Pomuch, puede representar un estadio intermedio, pero más cercano al de la condición de selva madura, en la sucesión en este ecosistema forestal.

El valor de la uniformidad en Pomuch es menor que en la SBC en Oaxaca (Gallardo-Cruz et al., 2005), lo que indica una mayor presencia de especies dominantes en Campeche. Lo anterior es confirmado por el índice de Simpson (Cuadro 2). Éste es

probablemente debido al predominio de especies leguminosas en la península de Yucatán. Asimismo, la altura promedio en nuestro estudio indica que el arbolado de la SBC es más bajo que el de otras regiones neotropicales (Martínez y Galindo-Leal, 2002; Zamora-Crescencio, 2003; Castillo-Campos et al., 2007; Gutiérrez-Báez et al., 2011). Una probable causa de esto puede encontrarse en la adaptación que estos ecosistemas presentan a la recurrente afectación por los huracanes, que pueden modificarlos en su estructura, composición y dominancia (Islebe et al., 2009; Sánchez-Sánchez e Islebe, 1999). En la SBC se obtuvieron valores superiores a 14 m<sup>2</sup> de área basal por hectárea, similares a otros en la región, tanto para ecosistema conservado como en sucesión temprana o intermedia (Ceccon et al., 2002; Castillo-Campos et al. 2008; Zamora-Crescencio et al., 2011).



**Figura 4.** Promedios del diámetro de tallos, tomado a 1.30 m de las alturas totales de los árboles, del área basaly densidad de individuos por hectárea para las comunidades arbóreas en la selva mediana subcaducifolia (San José Carpizo 1) y la selva baja caducifolia (Pomuch) en Campeche, México.

*Análisis comparativo entre las 2 selvas.* Los datos obtenidos en las selvas estudiadas en Campeche, coinciden con los de Zamora-Crescencio (2003); Zamora-Crescencio et al. (2011); Gutiérrez-Báez et al. (2011) y Dupuy et al. (2012) para estudios en la península de Yucatán y con los obtenidos en Oaxaca por Gallardo-

Cruz et al. (2005). En todos ellos, se manifiesta la predominancia de la familia Fabaceae dentro de las comunidades de ambos ecosistemas selváticos. La dominancia de especies de la familia Fabaceae influye en los valores de uniformidad, relativamente bajos, que se registran en las selvas estudiadas en Campeche. Por otro lado, el patrón de abundancias refleja la frecuente aparición de pocas especies muy abundantes y un gran número de especies poco abundantes o raras (Gutiérrez-Báez et al. 2011).

Se concluye que ambas selvas de Campeche comparten varias similitudes de composición y estructura; aunque hay algunas diferencias en la riqueza de especies, que es más alta en la SMS (menos seca) que en la SBC, se considera que es el resultado del efecto directo de la humedad y pluviometría diferencial entre ambos tipos de vegetación, tal y como fue propuesto por Gentry (1995). La altura, el diámetro y el área basal resultaron mayores en la SMS, mientras el número de individuos arbóreos registrados por hectárea resultó mayor en la SBC. Estos resultados conjuntamente con las diferencias en la riqueza entre ambos tipos de vegetación, evidencian que, aún con suelo, temperatura y relieve semejantes, hay diferencias mínimas en la pluviometría que afectan la diversidad arbórea, la composición forestal y la estructura de la vegetación. Aunque existen diferentes elementos florísticos compartidos, hay otros exclusivos a cada tipo de vegetación que conjuntamente promueven una alta diversidad regional.

## **Agradecimientos**

A los campesinos de las comunidades visitadas en Campeche por permitir el acceso a sus parcelas. Al Instituto Tecnológico de Chiná, Campeche por el apoyar los estudios doctorales del primer autor. Al Colegio de la Frontera Sur por las facilidades humanas, científicas, de infraestructura y logísticas. A Jorge Vargas, de la Universidad Autónoma de Campeche (UAC), por sus valiosos comentarios al documento. Al Dr. Neptalí Ramírez-Marcial y a 2 revisores anónimos que enriquecieron con su aporte este documento.

## Literatura citada

- Barber, A., J. Tun y M. B. Crespo. 1999. A new approach of the bioclimatology and potential vegetation of the Yucatán peninsula, Mexico. *Phytocoenologia* 31:1-31.
- Beard, J. S. 1944. Climax vegetation in tropical America. *Ecology* 25:127-158.
- Bell, G. H. 2001. Neutral macroecology. *Science* 293:2413-2417.
- Carnevali, Fernández-Concha, G., J. L. Tapia-Muñoz, R. Dunode Stefano e I. M. Ramírez-Morillo. 2010. Flora ilustrada de la península de Yucatán. Listado florístico. Centro de Investigación Científica de Yucatán A. C., Mérida, Yucatán. 328 p.
- Castillo-Campos, G., P. Dávila-Aranda y J. A. Zavala-Hurtado. 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.
- Castillo-Campos, G., G. Halffter y C. E. Moreno. 2008. Primary and secondary vegetation patches as contributors to floristic diversity in a tropical deciduous forest landscape. *Biodiversity and Conservation* 17:1701-1714.
- Ceccon, E., I. Olmsted, C. Vázquez-Yanes y J. Campo-Alves. 2002. Vegetation and soil properties in two tropical dry forest of differing regeneration status in Yucatán. *Agrociencia* 36:621-631.
- Challenger, A. y J. Soberón. 2008. Los ecosistemas terrestres en capital natural de México. Vol. I. Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, D. F. p. 87-108.
- Chave, J. 2008. Spatial variation in tree species composition across tropical forests: pattern and process. *In* Tropical forest community ecology, W. P. Carson y S. A. Schnitzer, (eds.). Oxford. p 11-30.
- Chave, J., H. C. Muller-Landau y S. A. Levin. 2002. Comparing classical community models: theoretical consequences for patterns of diversity. *American Naturalist* 159:1-22.
- Chesson, P. 2000. General theory of competitive coexistence in spatially varying environments. *Theoretical Population Biology* 58:211-237.
- Clarke, K. R. y R. N. Gorley. 2006. Primer, versión 6. User manual/tutorial. Plymouth routine in multivariate ecological research. Primer-e Ltd. Plymouth. 182 p. <http://www.primere.com>; última consulta: 18.IX.2012.

- Clinebell, R. R., O. L. Phillips, A. H. Gentry, N. Stark y H. Zuuring. 1995. Prediction of Neotropical tree and liana species richness from soil and climatic data. *Biodiversity and Conservation* 4:56-90.
- Colwell, R. K. 2006. EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples, versión 8. <http://www.purl.oclc.org/estimates>; última consulta: 15.IX.2012.
- Condit, R., N. Pitman, E. G. Leigh Jr., J. Chave, J. Terborgh, R. B. Foster, P. Núñez, S. Aguilar, R. Valencia, G. Villa, H. Muller-Landau, E. Losos y S. P. Hubbell. 2002. Betadiversity in tropical forest trees. *Science* 295:666-669.
- Condit, R., S. P. Hubbell y R. B. Foster. 1995. Mortality rates of 205 Neotropical tree and shrub species and the impact of severe drought. *Ecological Monographs* 65:419-439.
- Connell, J. H. 1978. Diversity in tropical rainforests and coral reefs. *Science* 199:1302-1310.
- Cuanalo-De la Cerda H., E. Ojeda-Trejo, A. Santos-Ocampo y C. A. Ortiz-Solario. 1989. Provincias, regiones y subregiones terrestres de México. Colegio de Postgraduados, Centro de Edafología, Chapingo 624 p.
- Davidar, P., J. P. Puyravaud y E. G. Leigh Jr. 2005. Changes in rain forest tree diversity, dominance and rarity across a seasonality gradient in the Western Ghats, India. *Journal of Biogeography* 32:493-501.
- Díaz-Gallegos, J. R., O. Castillo y G. García. 2002. Distribución espacial y estructura arbórea de la selva baja subperennifolia en un ejido de la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, México. *Universidad y Ciencia* 18:11-28.
- Di Rienzo, J. A., F. Casanoves, M. G. Balzarini, L. González, M. Tablada y C. W. Robledo. 2009. InfoStat, versión 2009. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba.
- Dupuy, J. M., J. L. Hernández-Stefanoni, R. A. Hernández-Juárez, E. Tetetla-Rangel, J. O. López-Martínez, E. Leyequién-Abarca, F. J. Tun-Dzul y F. May-Pat. 2012. Patterns and correlates of tropical dry forest structure and composition in a highly replicated chronosequence in Yucatán, Mexico. *Biotropica* 44:151-162.
- Durán-García, R. 1987. Descripción y análisis de la estructura y composición de la vegetación de Los Petenes del noroeste de Campeche, México. *Biótica* 12:181-198.
- Durán-García, R. 1995. Diversidad florística de Los Petenes de Campeche. *Acta Botanica Mexicana* 31:73-84.



- Engelbrecht, B. M. J. y Kursar, T. A. 2003. Comparative droughtresistance of seedlings of 28 species of co-occurring tropical woody plants. *Oecologia* 136:383-393.
- Escalante-Espinosa, T. 2003. ¿Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao. *Elementos* 52:53-56.
- Espejel, I. 1984. La vegetación de las dunas costeras de la península de Yucatán. I. Análisis florístico del estado de Yucatán. *Biótica* 9:183-210.
- Espejel, I. 1986. La vegetación de las dunas costeras de la península de Yucatán. II. Reserva de la Biosfera Sian ka'an, Quintana Roo. *Biótica* 11:7-24.
- Flores, J. S. 1983. Vegetación insular de la península de Yucatán. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 45:23-37.
- Flores, J. S. 1987. Yucatán: tierra de las leguminosas. *Revista de la Universidad Autónoma de Yucatán* 163:33-37.
- Gallardo-Cruz, J. A., J. A. Meave y E. A. Pérez-García. 2005. Estructura, composición y diversidad de la selva baja caducifolia del cerro Verde, Nizanda, Oaxaca, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 76:19-35.
- Gentry, A. H. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 75:1-34.
- Gentry, A. H. 1995. Diversity and floristic composition of neotropical dry forests. *In* Seasonally dry tropical forests, S. H. Bullock, H. A. Mooney y E. Medina (eds.). Cambridge University Press, Cambridge. p. 146-194.
- Givnish, T. J. 1999. On the causes of gradients in tropical tree diversity. *Journal of Ecology* 87:193-210.
- González-Iturbe, J. A., I. Olmsted y F. Tun-Dzul. 2002. Tropical dry forest recovery after long term Henequen (sisal, *Agave fourcroydes* Lem.) plantation in northern Yucatán, Mexico. *Forest Ecology y Management* 167:67-82.
- Gutiérrez-Báez, C., J. J. Ortiz-Díaz, J. S. Flores-Guido, P. Zamora-xxCrescencio, M. R. Domínguez-Carrasco y P. Villegas. 2011. Estructura y composición florística de la selva mediana subcaducifolia de Nohalal-Sudzal Chico, Tekax, Yucatán, México. *Foresta Veracruzana* 13:7-14.

- Gutiérrez-Báez, C., P. Zamora-Crescencio y S. C. Hernández-Mundo. 2012a. Estructura y composición florística de la selva mediana subcaducifolia de Mucuychacán, Campeche, México. *Foresta Veracruzana* 14:9-16.
- Gutiérrez-Báez, C., J. J. Ortiz-Díaz, J. S. Flores-Guido y P. Zamora-Crescencio. 2012b. Diversidad, estructura y composición de las especies leñosas de la selva mediana subcaducifolia del Punto de Unión Territorial (PUT) de Yucatán, México. *Polibotánica* 33:151-174.
- Hammer, Ø., D. Harper y P. Ryan. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontología Electrónica* 4:1-9.
- Holdridge, L. R. 1967. Life zone ecology. Tropical Science Center, San José. 206 p.
- Hubbell, S. P., R. B. Foster, S. O'Brien, B. Wechsler, R. Condit, K. Harms, S. J. Wright y S. Loo de Lau. 1999. Light gaps, recruitment limitation and tree diversity in a Neotropical forest. *Science* 283:554-557.
- Islebe, G. A., N. Torrescano-Valle, M. Valdez-Hernández, M. Tuz-Novelo y H. Weissemberger. 2009. Efectos del impacto del huracán Dean en la vegetación del sureste de Quintana Roo, México. *Foresta Veracruzana* 11:1-6.
- Janzen, D. H. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *American Naturalist* 104:501-528.
- Leigh Jr., E. G. 1999. Tropical forest ecology: a view from Barro Colorado Island. Oxford University Press, New York. 264 p.
- Leigh Jr., E. G., P. Davidar, C. W. Dick, J. P. Puyravaud, J. Terborgh, H. Ter Steege y S. J. Wright. 2004. Why do some tropical forests have so many species of trees? *Biotropica* 36:447-473.
- Magurran, A. 1987. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, Princeton, New Jersey. 177 p.
- Martínez, E., M. Sousa y C. H. Ramos-Álvarez. 2001. Región de Calakmul, Campeche. Capítulo XXII. *In* Listados florísticos de México, F. Chiang-Cabrera (ed.). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. p. 1-55.
- Martínez, E. y C. Galindo-Leal. 2002. La vegetación de Calakmul, México: clasificación, descripción y distribución. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 71:7-32.

- Miranda, F. y E. Hernández. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28:29-179.
- Mizrahi, A., J. M. Ramos-Prado y J. J. Jiménez-Osornio. 1997. Composition, structure and management potential of secondary dry tropical vegetation in two abandoned plantations of Yucatán, Mexico. *Forest Ecology y Management* 94:79-88.
- Mueller-Dombois, D. y H. Ellenberg. 2002. *Aims and methods of vegetation ecology*. The Blackburn Press, Caldwell, New Jersey. 547 p.
- Nekola, J. C. y P. S. White. 1999. The distance decay in similarity in biogeography and ecology. *Journal of Biogeography* 26:867-878.
- Olmsted, I. y R. Durán-García. 1986. Aspectos ecológicos de la selva baja inundable de la Reserva Sian Ka'an, Quintana Roo. *Biótica* 11:151-179.
- Orellana-Lanza, R., M. Balam, I. Bañuelos, E. García, J. González-Iturbe, F. Herrera y J. Vidal. 1999. Evaluación climática. *In Atlas de procesos territoriales de Yucatán*, P. A. Chico (coord.). Facultad de Arquitectura, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán. p. 163-182.
- Palacio-Aponte, A. G., R. Noriega-Trejo y P. Zamora-Crescencio. 2002. Caracterización físico - geográfica del paisaje conocido como "bajos inundables". El caso del área natural protegida de Balamkín, Campeche. *Investigaciones Geográficas* 49:57-73.
- Pennington, R. T., M. Lavin y A. Oliveira-Filho. 2009. Woody plant diversity, evolution, and ecology in the tropics: perspectives from seasonally dry tropical forests. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematic* 40:437-457.
- Pennington, T. D. y J. Sarukhán. 2005. *Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies*. Tercera edición. Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 523 p.
- Rico-Gray, V. 1982. Estudio de la vegetación de la zona costera inundable del noroeste del estado de Campeche, México: Los Petenes. *Biótica* 7:171-188.
- Rico-Gray, V., J. G. García-Franco, A. Puch y P. Simá. 1988. Composition and structure of a tropical dry forest in Yucatán, Mexico. *International Journal of Ecology and Environmental Science* 14:21-29.
- Rico-Gray, V. y G. García-Franco. 1991. The maya and the vegetation of the Yucatán peninsula. *Journal of Ethnobiology* 11:135-142.
- Sánchez-Sánchez, O. y G. A. Islebe. 1999. Hurricane Gilbert and structural changes in a tropical forest. *Global Ecology and Biogeography* 8:29-38.

- Trejo, I. 1996. Características del medio físico de la selva baja caducifolia en México. *Investigaciones Geográficas* 4:95-110.
- Trejo, I. y R. Dirzo. 2002. Floristic diversity of Mexican seasonally dry tropical forests. *Biodiversity and Conservation* 11:2063-2048.
- Tuomisto, H., K. Ruokolainen y M. Yli-Halla. 2003. Dispersal, environment and floristic variation of western Amazonian forests. *Science* 299:241-244.
- Van der Wal, H., R. Espinoza-López y B. Dzib-Castillo. 2011. Evaluación preliminar del desmonte selectivo para establecer potreros diversificados en San José Carpizo No. 1, Campeche, México. *Universidad y Ciencia* 27:219-226.
- Volkov, I, J. R. Banavar, F. He, S. P. Hubbell y A. Maritan. 2005. Density dependence explains tree species abundance and diversity in tropical forests. *Nature* 438:658-661.
- Wright, S. J. 1992. Seasonal drought, soil fertility and the species density of tropical forest plant communities. *Trends in Ecology and Evolution* 7:260-263.
- Wright, S. J. 2002. Plant diversity in tropical forests: a review of mechanisms of species coexistence. *Oecologia* 130:1-14.
- Zamora-Crescencio, P. 2003. Contribución al estudio florístico y descripción de la vegetación del municipio de Tenabo, Campeche, México. *Polibotánica* 15:1-40.
- Zamora-Crescencio, P., G. García-Gil, J. S. Flores-Guido y J. J. Ortiz. 2008. Estructura y composición florística de la selva mediana subcaducifolia en el sur del estado de Yucatán, México. *Polibotánica* 26:33-66.
- Zamora-Crescencio, P., M. R. Domínguez-Carrasco, P. Villegas, C. Gutiérrez-Báez, L. A. Manzanero-Acevedo, J. J. Ortega-Haas, S. Hernández-Mundo, E. C. Puc-Garrido y R. Puch-Chávez. 2011. Composición florística y composición de la vegetación secundaria en el norte de Campeche, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 89:27-35.

### Capítulo 3.

#### **Emergencia de plántulas de especies maderables nativas de la Península de Yucatán**

##### **Emergence of seedlings of native timber trees of Yucatan Peninsula**

Benito Bernardo Dzib-Castillo <sup>1</sup>, Hans van der Wal <sup>2</sup>, Cristina Isabel Chantásig-Vaca <sup>1</sup>, Pedro Antonio Macario Mendoza <sup>3</sup> y Juan Manuel Pat Fernández <sup>1</sup>

Artículo publicado en la Revista Mexicana de Ciencias Forestales Vol 2, No. 10, 2012 p. 77-87

#### Resumen

La biodiversidad regional en la Península de Yucatán registra especies arbóreas nativas con potencial para ser usadas en la reforestación; sin embargo, su aprovechamiento requiere el estudio de sus características ecológicas, de ahí que la presente investigación se enfoque en la emergencia de plántulas de taxa maderables procedentes de dicha zona en vivero y bajo diferentes grados de sombra (0, 35, 60 y 90%); así como a la emergencia y supervivencia a partir de la siembra directa de semillas en lomeríos de la misma región. Para ello, se realizó la evaluación del cedro (*Cedrela odorata*), chakté (*Caesalpinia mollis*), ciricote (*Cordia dodecandra*), ja'abín (*Piscidia piscipula*), tzalam (*Lysiloma latisiliquum*) y granadillo (*Platymiscium yucatanum*). En vivero, *C. mollis* mostró diferencias significativas ( $p = 0.006$ ), ya que obtuvo la mayor emergencia (53 y 49%) en los tratamientos de 0 y 35% de sombra; mientras que, en campo la consiguió en la posición alta de los lomeríos ( $p = 0.015$ , 1.9%); en contraste con *P. piscipula* ( $p = 0.005$ ) que se originó en la baja (14.3%). Por otra parte, altos niveles de sombra (60 y 90%) redujeron los días necesarios para alcanzar 95% de plántulas emergidas en *C. odorata*, la cual presentó una supervivencia más alta (73.5%) en la posición elevada ( $p = 0.001$ ) de los lomeríos, a diferencia de *C. dodecandra* (84.2%) que lo hizo en la inferior ( $p = 0.02$ ). Los resultados expresan que el porcentaje de sombra influye poco en el tiempo de emergencia total de las plántulas y que los taxa estudiados difieren en sus preferencias por las posiciones en el paisaje.

Palabras clave: *Caesalpinia mollis* (Kunth) Spreng., *Cedrela odorata* L., *Cordia dodecandra* A. DC., *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth., *Piscidia piscipula* (L.) Sarg., *Platymiscium yucatanum* Standley.

Fecha de recepción: 13 de enero de 2011

Fecha de aceptación: 26 de marzo de 2012

1 El Colegio de la Frontera Sur, Campeche. Correo-e: benitodzib@hotmail.com

2 El Colegio de la Frontera Sur, Tabasco

3 El Colegio de la Frontera Sur, Quintana Roo

Rev. Mex. Cien. For. Vol. 3 Núm. 75-87

## Introducción

La deforestación y la degradación del bosque disminuyen la cantidad y la calidad de los servicios ambientales de conservación de la biodiversidad (Fahrig, 2003), del balance hidrológico (Croke *et al.*, 2004) y de la captura de carbono (Bawa y Markham, 1995). Así mismo, afectan la provisión de productos forestales maderables y no maderables que satisfacen las necesidades primarias y constituyen medios de subsistencia para la población local de los países en desarrollo (Buschbacher, 1990; Lamb *et al.*, 2005).

En la Península de Yucatán, las actividades productivas regionales (agricultura, ganadería y extracción selectiva de madera) han afectado la extensión, estructura y composición de las comunidades forestales en diversos grados (Escamilla *et al.*, 2000; Martínez y Galindo-Leal, 2002). En Campeche, así como en el sureste de México, la deforestación ha sido consecuencia de esquemas de colonización auspiciadas por el gobierno (Remmers y Koeijer, 1992; Turner II *et al.*, 2001), situación que ha propiciado la disminución de las poblaciones de especies maderables preciosas como cedro (*Cedrela odorata* L.) y caoba (*Swietenia macrophylla* King.) y de otras como ciricote (*Cordia dodecandra* A. DC.), granadillo (*Platymiscium yucatanum* Standley.), chakté (*Caesalpinia mollis* (Kunth) Spreng.) y pucté (*Bucida buceras* L.).

Como resultado de ello se ha originado la activación de programas gubernamentales para recuperar o incrementar las poblaciones de las primeras dos especies, por su alto valor comercial, como son las plantaciones comerciales o de reforestación en bosque secundario realizadas en 103,795 ha entre 1993 y 2004 (CONAFOR, 2008). En México, las acciones para regenerar estas especies se han enfocado a incorporar plántulas bajo sombra en bosques recién aprovechados o alterados por corta selectiva; sin embargo, debido a la competencia por luz y nutrimentos con la vegetación asociada, así como a su manejo deficiente, es común que se caractericen por una supervivencia y un crecimiento reducidos. A nivel experimental se ha probado la siembra de semillas de *S. macrophylla* en claros dentro de bosques naturales, donde se observa que existe potencial en la emergencia de plántulas a partir de su siembra en campo (Gerhardt, 1993; Negreros-Castillo *et al.*, 2003).

Lo antes mencionado apoya el uso de semillas de árboles y arbustos nativos de México, los cuales son potencialmente valiosos para ser utilizados en programas de reforestación y restauración ecológica (Vázquez-Yanes *et al.*, 1999; Niembro, 2001). No obstante, para su aprovechamiento es necesario generar información sobre su fenología, morfología, estructura, latencia, viabilidad, germinación y desarrollo inicial de sus individuos jóvenes (Niembro, 2001), cuya emergencia y establecimiento en campo constituyen sus fases críticas en el ciclo de vida (Angevine y Chabot, 1979).

Un factor importante en el proceso de establecimiento es la luminosidad, pues influye en algunas semillas que necesitan luz para germinar (fotoblastismo positivo), a diferencia de otras que pueden hacerlo en la oscuridad (fotoblastismo negativo) (Grime *et al.*, 1981; Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1987; Shinomura, 1997; Fenner y Thompson, 2005). Este efecto sobre la emergencia de plántulas de especies arbóreas tropicales del sureste mexicano se ha estudiado en *S. macrophylla* (Morris *et al.*, 2000), *Cecropia obtusifolia* Bertol. y *Piper aurantium* Kunth (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1987).

Por otro lado, la topografía es una fuente de heterogeneidad en los bosques tropicales (Daws *et al.*, 2005), pues afecta la disponibilidad de agua para la planta (Whitmore and Burnham, 1984), la cantidad de hojarasca en el suelo (Becker *et al.*, 1988); así como el pH y la capacidad de intercambio catiónico (Silver *et al.*, 1994), lo que incide en la distribución de algunos taxa (Gibbons y Newbery, 2002). Para la

Península de Yucatán se han definido relaciones entre la topografía y la distribución de tipos (Miranda, 1978) y asociaciones de vegetación (Escamilla *et al.*, 2000); sin embargo, son escasos los datos publicados sobre las condiciones ecológicas más convenientes para las especies de mayor abundancia, situación que constituye una laguna en el conocimiento, dada la importancia de la variación edáfica y de humedad a lo largo de las toposecuencias en el ambiente kárstico de esa zona (Hernández, 1985; Duch, 1991).

En la presente investigación se evaluó la emergencia y supervivencia de las plántulas de seis especies maderables nativas de la Península de Yucatán, interesantes por sus aplicaciones locales y comerciales, mediante dos experimentos, uno en un vivero rústico a fin de conocer el efecto de diferentes niveles de sombra y el otro en campo, por siembra directa, para determinar el efecto de las laderas de lomeríos.

## Materiales y Métodos

### Área de estudio

Los experimentos se realizaron en el estado de Campeche, México: el relativo a la emergencia de plántulas bajo diferentes condiciones de sombra se llevó a cabo en un vivero acondicionado *ex professo* en un predio de la ciudad de Campeche; el de siembra directa en campo se desarrolló en lomeríos del Ejido de Pomuch, municipio Hecelchakán (20° 2' 50.9" norte y 90° 7' 23.58" oeste), el cual presenta una orografía poco accidentada y un terreno kárstico que se distingue por la alternancia de colinas abundantes que rodean depresiones planas, cuyos sedimentos aluviales arcillosos se inundan durante la época de lluvias debido al ineficiente drenaje de sus suelos (Marshall, 2007). En la transición entre lomeríos y depresiones, en la ladera inferior de los primeros, los suelos son más profundos que en las zonas elevadas donde es común que su carácter pedregoso se acentúe. Por esta razón y por motivo de la gravedad, la humedad es mayor en las partes bajas que en las altas. El clima de la región corresponde al cálido subhúmedo con lluvias en verano, temperatura media anual de 26°C (INEGI, 2010a) y precipitación media anual de 1,000 a 1,100 mm (INEGI, 2010b).



## Especies estudiadas

En campo se estudiaron el cedro (*Cedrela odorata*), chakté (*Caesalpinia mollis*), ciricote (*Cordia dodecandra*), ja'abín (*Piscidia piscipula*) y granadillo (*Platymiscium yucatanum*); mientras que, en el de vivero se probaron las mismas, con excepción de la última que fue reemplazada por tzalam (*Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth.) como consecuencia de la falta de semillas.

## Colecta de semillas

Se efectuaron recorridos en ejidos de los municipios Champotón, Calakmul, Hopelchén y Campeche, donde fueron seleccionados individuos fisiológicamente maduros de las especies arriba mencionadas. Con la ayuda de productores locales se dio seguimiento a tres individuos de cada una hasta la cosecha de sus frutos. Los relativos a *Cedrela odorata* y *Cordia dodecandra* se recolectaron en marzo, los de *Caesalpinia mollis*, *Lysiloma latisiliquum* y *Platymiscium yucatanum* en abril y mayo y los de *Piscidia piscipula* en junio. Las semillas se extrajeron manualmente y se secaron al sol sin tener una medida exacta de su humedad, por lo que se tomó como referencia su color y textura, se introdujeron en bolsas Ziploc® a 4 °C y se almacenaron durante tiempos distintos, según la época de fructificación y colecta: *Cedrela odorata* y *Cordia dodecandra* seis meses, *Caesalpinia mollis*, *Lysiloma latisiliquum* y *Platymiscium yucatanum* cinco meses y *Piscidia piscipula* alrededor de tres meses, para concluir en la fecha de inicio del experimento.

## Emergencia de plántulas bajo diferentes grados de sombra en vivero

El diseño experimental correspondió a uno de bloques completos al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Las semillas se depositaron en bolsas de 8 x 15 cm, con suelo Luvisol como sustrato (conocido localmente como kankab) y se distribuyeron en cuatro camas. Para cada tratamiento se emplearon mallas de plástico de 35, 60 y 90% de sombra (Mallas textiles®), excepto para el de 0%. Las repeticiones consistieron en 100 bolsas con una semilla por repetición colocadas de forma aleatoria, a razón de tres por taxón a lo largo de cada cama. Su siembra, realizada el 14 de septiembre de 2007, tuvo una profundidad igual al diámetro más

largo de la semilla de cada especie. Los datos de emergencia de las plántulas se tomaron diariamente por 36 días, después de los cuales ya no se observó incremento en este sentido.

#### Emergencia de plántulas en campo

La siembra directa de semilla de las cinco especies se realizó en puntos de siembra directa, con un metro de separación, en tres líneas paralelas a lo largo de dos brechas, de 100 m de longitud por 2 m de ancho, una en la parte superior (a) y la otra en la inferior (b) de la ladera de cinco lomeríos, en donde se sembraron de forma alternada de una a tres semillas: 180 de *Caesalpinia mollis*, 120 de *Cedrela odorata* y *Piscidia piscipula*, y 60 de *Cordia dodecandra* y *Platymiscium yucatanum* (Figura 1).

El número de plántulas emergidas se evaluó a los 45 días, del 25 al 28 de agosto de 2006, y la supervivencia, el 18 de febrero de 2007. En esta fase de siembra y emergencia -entre agosto y octubre- la precipitación media fue de 234 mm (CONAGUA, 2012) (Figura 2).

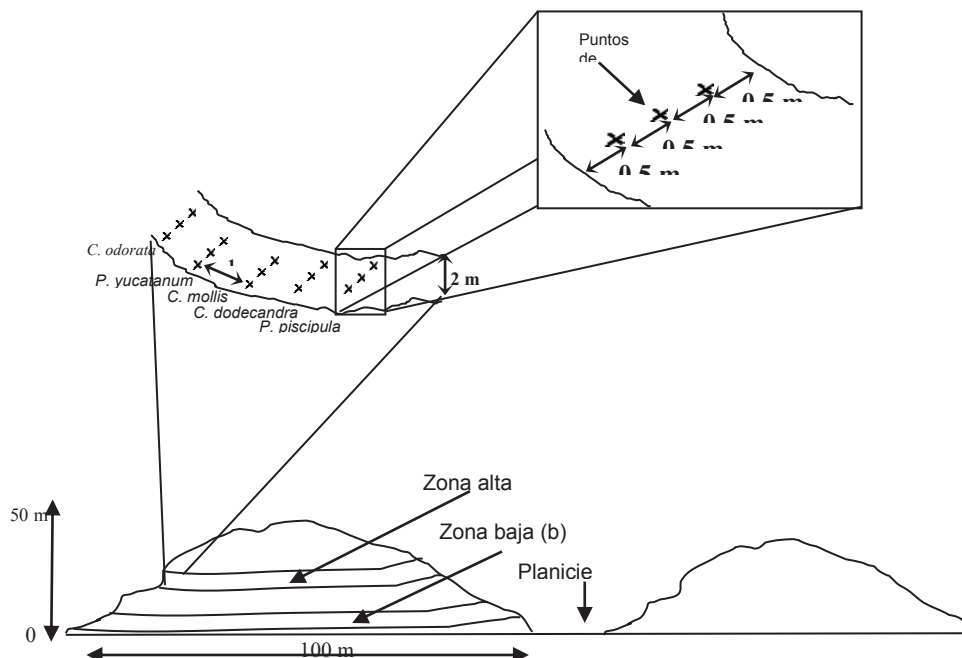


Figura 1. Representación esquemática de la localización de brechas abiertas en vegetación secundaria para la siembra directa de semillas de cinco especies arbóreas.

## Análisis estadísticos

Se examinó el tiempo requerido para alcanzar 95% del número de plántulas emergidas en cada especie y tratamiento de sombra y, con el fin de identificar las diferencias entre tratamientos se efectuaron ANOVAs (Análisis de varianza univariante) y la prueba de Tukey en los que se empleó el paquete estadístico INFOSTAT (INFOSTAT, 2008).

Para determinar el efecto de los tratamientos sobre los porcentajes de emergencia, los datos se transformaron a raíz cuadrada de arcoseno y se realizaron igualmente ANOVAs con la prueba de comparación de medias de Tukey. En el experimento en campo, para identificar diferencias tanto en la emergencia de plántulas como en la supervivencia en ambas zonas de los lomeríos, se aplicaron análisis binomiales en el programa SPSS (SPSS, 2003).

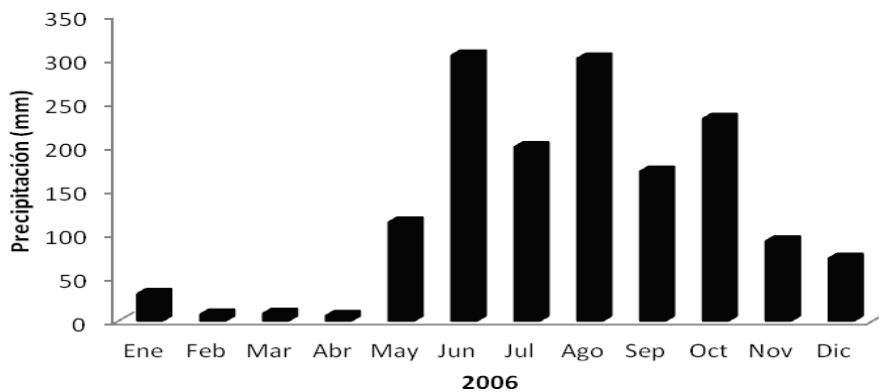


Figura 2. Promedio de precipitación mensual en el año de siembra de las semillas en campo (CONAGUA, 2012).

## Resultados

### Tiempo requerido para la emergencia de plántulas en vivero

El número de días para lograr 95% de emergencia varió de manera significativa entre tratamientos de dos especies: *Cedrela odorata* ( $p = 0.007$ ) se obtuvo en menos días con 60% de sombra y *Cordia dodecandra* ( $p = 0.005$ ) en el de 35% (Figura 3).

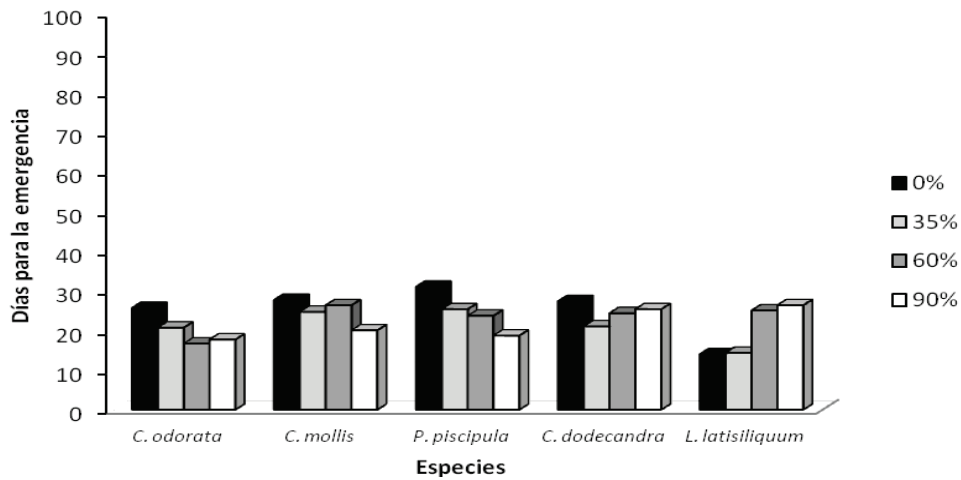


Figura 3. Número de días requeridos para que emerja 95% del número total final de plantas emergidas de cinco especies arbóreas bajo 0, 35, 60 y 90% de sombra.

*Caesalpinia mollis* fue la única que presentó diferencias importantes ( $p = 0.006$ ) entre tratamientos, ya que tuvo la mayor emergencia con la luminosidad más elevada (0 y 35% de sombra) (Figura 4).

#### Emergencia y supervivencia de plántulas en campo

El análisis mostró diferencias estadísticas significativas en la emergencia de plántulas de *Piscidia piscipula* ( $p = 0.058$ ) y *Caesalpinia mollis* ( $p = 0.015$ ) en las posiciones de los lomeríos: para la primera, la mayor emergencia se presentó en la zona inferior (14%), respecto a la elevada (9.2%) y para la segunda, en la superior (1.9%) en relación a la baja (0.6%). Por otro lado, en *Cedrela odorata* y *Cordia dodecandra* se registró en la región alta; mientras que, *Platymiscium yucatanum* en la baja (Figura 5); aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas.

La fracción que sobrevivió en las dos zonas del lomerío fue distinta en algunas especies. En *Cedrela odorata* la supervivencia fue mayor en la posición superior (74%), ya que la inferior fue de 17% ( $p = 0.001$ ), al contrario de *Cordia dodecandra* donde la mayor supervivencia fue en la parte baja (84%) y la menor en la parte la alta (56%) ( $p = 0.020$ ). En cuanto a *Caesalpinia mollis* y *Piscidia piscipula*, también se observó mayor supervivencia en la parte alta, mientras que *Platymiscium yucatanum* presentó mayor supervivencia en la parte inferior del lomerío (Figura 6), sin embargo, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas.

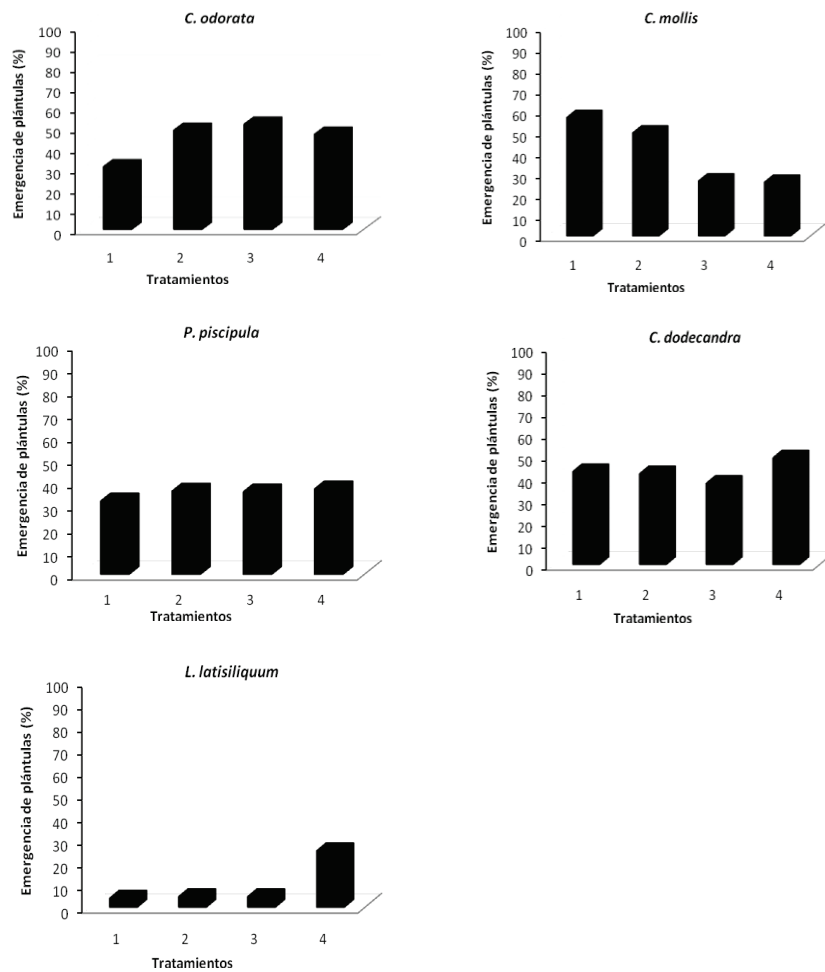


Figura 4. Porcentaje de emergencia de plántulas por especie en los diferentes tratamientos de sombra en vivero (1 = 0%, 2 = 35%, 3 = 60%, 4 = 90% de sombra).

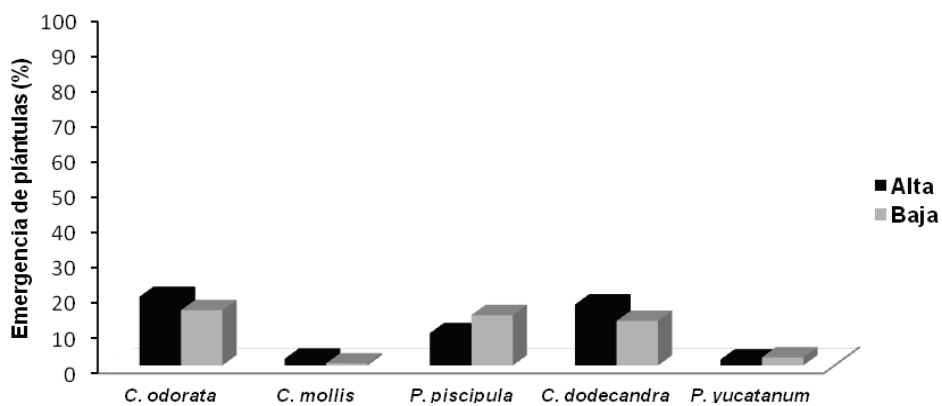


Figura 5. Emergencia de plántulas de especies maderables de la parte alta y baja de lomeríos de Campeche.

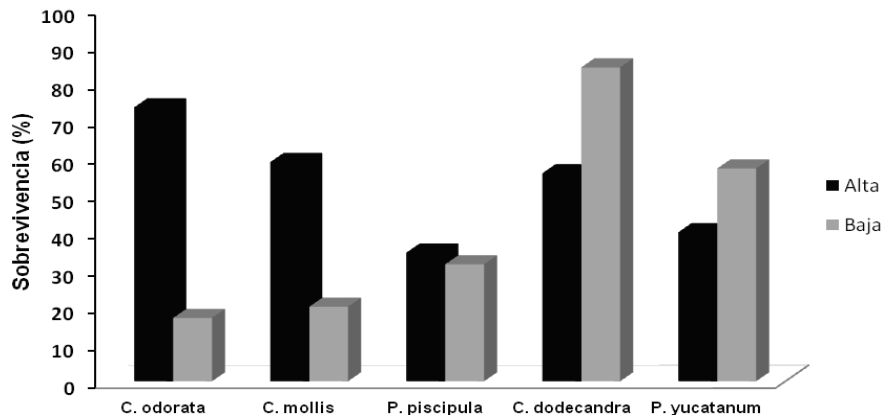


Figura 6. Supervivencia de plántulas en dos posiciones (alta y baja) en lomeríos de Campeche.

## Discusión

### Emergencia de plántulas en vivero

Las especies estudiadas muestran diferentes respuestas germinativas ante los gradientes de luz. En *Caesalpinia mollis* el porcentaje más grande de emergencia se logró en menor número de días con 90% de sombra, en contraste con *Cordia dodecandra* que con 35% de sombra y en un menor tiempo alcanzó 95% de producción. Por su parte, *Piscidia piscipula* obtuvo 50% de plántulas del total que emergieron en menos días en el tratamiento de 90%.

Lo anterior subraya que el sombreado a diferente intensidad disminuye el tiempo de emergencia de las plántulas de *Cedrela odorata*, *Caesalpinia mollis*, *Piscidia piscipula* y *Cordia dodecandra*, en particular, pues *Lysiloma latisiliquum* reaccionó indiferente a los grados de sombra. En consecuencia, se pueden tener plantas listas para el transplante en lapsos más cortos.

Al término del experimento, solo *Caesalpinia mollis* mostró diferencias estadísticas significativas en las que se tuvo la mayor emergencia en los tratamientos con más exposición solar (0 y 35% de sombra), lo cual indica un fotoblastismo positivo (Grime *et al.*, 1981; Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1987; Shinomura, 1997; Fenner y Thompson, 2005), por lo que se desarrolla principalmente en selvas bajas y

medianas subcaducifolias, donde la luz solar es abundante en el sotobosque durante los meses de sequía y al inicio de la temporada de lluvias (Vester y Navarro, 2007). Estas observaciones aportan criterios para la selección de sitios para la siembra de sus semillas, en contraste con las de las otras que pueden emerger en intervalos más amplios de luminosidad.

*Lysiloma latisiliquum* presentó la menor emergencia de plántulas, 9%, valor diferente al de aquellas citadas en la literatura que varían entre 40 y 50% (Cordero y Boshier, 2003). En esta especie, así como en otras de la familia Fabaceae, se han obtenido porcentajes más altos de emergencia después de utilizarse procesos de escarificación (Orozco-Almanza *et al.*, 2003), razón que orienta al empleo de tratamientos pregerminativos para *L. latisiliquum*.

#### Emergencia y supervivencia de plántulas en campo

*Caesalpinia mollis* y *Piscidia piscipula* fueron las únicas especies que demostraron diferencias estadísticas significativas en la emergencia de plántulas respecto a la pendiente del lomerío, ya que la zona elevada resultó mejor para *C. mollis*; mientras que, la baja para *P. piscipula*. Los porcentajes de emergencia después de la siembra directa de semillas en campo fueron bajos y variaron de 1.2% en *Caesalpinia mollis* a 17.2% en *Cedrela odorata*. Sin embargo, este método proporciona varios beneficios como el ahorro en mano de obra para el mantenimiento de plantas, la infraestructura en vivero y el traslado de planta. Así mismo, se elimina el estrés que de manera común causa una supervivencia baja posterior al transplante, como se ha observado en *C. odorata* en diferentes grados de sombra bajo dosel en enriquecimientos de vegetación secundaria (González-Rivas *et al.*, 2009).

Las diferencias de estos porcentajes en relación a las posiciones de los lomeríos responden a diversos factores. Por una parte, es posible que la lluvia haya removido las semillas, debido a su ubicación en pendiente. No obstante, dado que estas se enterraron y que existe un escurrimiento superficial limitado en las condiciones de karst de la Península (García y Pat, 2000; Zimmerman *et al.*, 2000; Guariguata y Ostertag, 2001; Sedov *et al.*, 2008), se considera poco probable que esto haya ocurrido. De acuerdo con Janzen y Vázquez-Yanes (1991), otra causa pudiera ser la

depredación de semillas por animales y el ataque por hongos. De hecho, ellos estiman que la mitad del germoplasma producido por más del 90% de las especies arbóreas tropicales muere antes de germinar.

En el vivero, bajo condiciones controladas de humedad, el porcentaje de emergencia fue mayor que el de campo, lo que sugiere que la falta de agua en este último intervino en dicha respuesta. En consecuencia, explicaciones alternativas se basan en la calidad del sustrato y en una baja exposición a depredadores. La disponibilidad de agua para la emergencia de plántulas es crucial en la Península de Yucatán a causa de que los patrones regionales de precipitación influyen de forma notable en la distribución a gran escala de las asociaciones vegetales (Martínez y Galindo-Leal, 2002). Por consiguiente, en un entorno heterogéneo, la germinación debe ocurrir en un tiempo limitado para que los individuos dispongan de condiciones favorables de luz, agua y nutrientes (Rincón *et al.*, 1999; Khurana y Singh, 2001).

Los medios propicios para la supervivencia están relacionados con la humedad de las posiciones altas (*Cedrela odorata*) y bajas (*Cordia dodecandra*) de los lomeríos; así como con la necesidad de nutrientes y su disponibilidad en ellas, debido a la variación de los componentes existentes en el suelo (Martínez y Galindo-Leal, 2002). Por ende, el estudio de los elementos que participan en la regeneración de plántulas es esencial para entender la dinámica en selvas tropicales caducifolias y así identificar los principales problemas sobre su restauración y conservación (Cecon *et al.*, 2006).

## Conclusiones

El uso de sombra en vivero disminuye el tiempo de emergencia en *Cedrela odorata*, *Caesalpinia mollis*, *Piscidia piscipula* y *Cordia dodecandra*; sin embargo, *C. mollis* fue la única especie que reveló diferencias estadísticas significativas en la emergencia total y registró la mayor emergencia en condiciones de alta luminosidad.

Las especies que presentaron diferencias estadísticas significativas en la emergencia en lomeríos fueron *C. mollis*, con la mayor emergencia en la parte alta y *P. piscipula*, en la baja.



*Cedrela odorata* y *Cordia dodecandra* mostraron la mayor supervivencia de plántulas en lomeríos, la primera en la posición elevada y la segunda en la inferior.

Aún es necesario realizar más estudios sobre los factores que intervienen en la emergencia y supervivencia de plántulas en campo.

#### Agradecimientos

Al Dr. Juan Carlos Pérez Jiménez por sus asesorías sobre los análisis estadísticos de los datos. Al Instituto Tecnológico de Chiná, Campeche, México y a sus estudiantes por su apoyo en la realización de este trabajo. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento del proyecto “Uso sustentable de los recursos naturales en la Frontera Sur” (clave SEMARNAT-2002-C01-1109), que permitió realizar el trabajo de campo, así como por la beca proporcionada para los estudios de doctorado del autor principal.

#### Referencias

- Angevine, M. V. and B. F. Chabot. 1979. Seed germination syndromes in higher plants. *In*: Solbrig, O., S. Jain, G. Johnson and P. Raven (Eds.). Topics in plant population biology. Columbia University Press, New York, NY. USA. pp.188-206.
- Bawa, K. and A. Markham, 1995. Climate change and tropical forests. *Trends in Ecology and Evolution* 10:348–349.
- Becker, P., P. E. Rabenold, J. R. Idol and A. P. Smith. 1988. Water potential gradients for gaps and slopes in a Panamanian tropical moist forest. *Journal of Tropical Ecology*. 4:173–184.
- Buschbacher, R. 1990. Natural forest management in the humid tropics: ecological, social, and economic considerations. *AMBIO* 19(5): 253–258.
- Ceccon, E., P. Huante and E. Rincón. 2006. Abiotic Factors influencing tropical dry forests regeneration. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 49 (2):305-312.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2008. Sistema Nacional de Información Forestal. Compendio de estadísticas ambientales 2006. [http://148.223.105.188:2222/sni\\_f\\_porta/index.php?option=com\\_content&task=view&id=51&Itemid=65](http://148.223.105.188:2222/sni_f_porta/index.php?option=com_content&task=view&id=51&Itemid=65) (12 de marzo de 2008).

- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2012. Climatología: temperatura y precipitación. [http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=12&Itemid=77](http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=12&Itemid=77) (6 de febrero de 2012).
- Cordero, J. y D. H. Boshier. 2003. Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas. OFI-CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1079 p.
- Croke, B. F. W., W. S. Merritt and A. J. Jakeman. 2004. A dynamic model for predicting hydrologic response to land cover changes in gauged and ungauged catchments. *Journal of Hydrology*. 291(1-2):115–131.
- Daws, M. I., T. R. Pearson, D. F. Burslem, C. E. Mullins and J. W. Dalling. 2005. Effects of topographic position, leaf litter and seed size on seedling demography in a semi-deciduous tropical forest in Panama. *Plant Ecology* 179 (1):93–105.
- Duch G., J. 1991. Fisiografía del estado de Yucatán, México. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx. México. 229 p.
- Escamilla, A., M. Sanvicente, M. Sosa and C. Galindo-Leal. 2000. Habitat mosaic, wildlife availability, and hunting in the Tropical Forest of Calakmul, México: Habitat disturbance and tropical rainforest mammals. *Conservation Biology* 14 (6):1592-1601.
- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 34:487–515.
- Fenner, M. and K. Thompson. 2005. *The ecology of seeds*. Cambridge University Press. Cambridge, UK. 260 p.
- García G., G. y F. J. M. Pat. 2000. Apropiación del espacio y colonización en la reserva de la biosfera Calakmul, Campeche, México. *Revista Mexicana del Caribe*. 10:212-231.
- Gerhardt, K. 1993. Tree seedling development in tropical dry forest abandoned pasture and secondary forest in Costa Rica. *Journal of Vegetation Science*. 4 (1):95-102.
- Gibbons, J. M. and D. M. Newbery. 2002. Drought avoidance and the effect of local topography on trees in the understorey of Bornean lowland rain forest. *Plant Ecology* 164 (1):1-18.
- González-Rivas, B., M. Tigabu, M. Castro-Marín, and P. C. Odén. 2009. Seed germination and seedling establishment of Neotropical dry forest species in response to temperature and light conditions. *Journal of Forestry Research* 20 (2):99-104.

- Grime, J. P., G. Mason, A. V. Curtis, J. Rodman, S. R. Band, M. A. G. Mowforth, A. M. Neal and S. Shaw. 1981. A comparative study of germination in a local flora. *Journal of Ecology* 69:1017-1059.
- Guariguata, M. R. and R. Ostertag. 2001. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. *Forest Ecology and Management* 148 (1-3):185-206.
- Hernández X., E. 1985. La agricultura en la Península de Yucatán. Xolocotzia. Tomo 1. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx. México. 799 p.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2010a. Mapa de Temperatura Media Anual. <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/camp/temperat.cfm>. (15 de abril de 2010). Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) 2010b. Mapa de Precipitación Promedio Anual <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/camp/precipit.cfm>. (15 de abril de 2010).
- INFOSTAT. 2008. Manual de usuario. (Versión 2008). Editorial Brujas. Córdoba, Argentina. 336 p.
- Janzen, D. H. and C. Vásquez-Yanes. 1991. Aspects of tropical seed ecology of relevance to management of tropical forested wild lands. *In: Gómez-Pompa A., T. C. Whitmore and M. Hadley (Eds.). Rainforest regeneration and management. MAB Book Series 6. Carnforth, Lanes, UK. pp. 137-154.*
- Khurana, E. and J. S. Singh. 2001. Ecology of seed and seedling growth for conservation and restoration of tropical dry forest: a review. *Conservation Biology* 28 (1):39-52.
- Lamb, D., P. D. Erskine, and J. A. Parrotta, 2005. Restoration of degraded tropical forest landscapes. *Science* 310(5754):1628-1632. Marshall, J. S. 2007. The geomorphology and physiographic provinces on Central America. *In: Bundschuh, J. and G. E. Alvarado (Eds.) Central America: Geology, Resources and Hazards. Taylor & Francis. London, UK. pp. 1-51.*
- Martínez, E. y C. Galindo-Leal. 2002. La vegetación de Calakmul, Campeche, México: clasificación, descripción y distribución. *Boletín de la Sociedad. Botánica de México* 71:7-32.
- Miranda, F. 1978. Vegetación de la Península Yucateca. Colegio de Postgraduados, SARH. Chapingo, Edo. de Méx. México. 271 p.

- Morris M., H., P. Negreros-Castillo and C. Mize. 2000. Sowing date, shade, and irrigation affect big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King). *Forest Ecology and Management* 132 (2-3):173-181.
- Negreros-Castillo, P., L. K. Snook, and C. Mize. 2003. Regenerating mahogany (*Swietenia macrophylla*) from seed in Quintana Roo, Mexico: the effects of sowing method and clearing treatment. *Forest Ecology and Management* 183 (1-3):351-362.
- Niembro R., A. 2001. Las diásporas de los árboles y arbustos nativos de México: posibilidades y limitaciones de uso en programas de reforestación y desarrollo agroforestal. *Madera y Bosques* 7 (2): 3-11.
- Orozco-Almanza, M., L. Ponce de León-García, R. Grether and E. García-Moya. 2003. Germination of four species of the genus *Mimosa* (Leguminosae) in a semi-arid zone of Central Mexico. *Journal of Arid Environments* 55 (1):75-92.
- Remmers, G. and H. De Koeijer. 1992. The T'OLCHE', a Maya system of communally managed forest belts: the causes and consequences of its disappearance. *Agroforestry Systems* 18 (2):149-177.
- Rincón, E., M. Álvarez A., G. González, D., P. Huante y A. Hernández, R. 1999. Restauración de selvas bajas caducifolias. *Gaceta Ecológica*. 53:62-71.
- Sedov, S; Solleiro-Rebolledo, E; Scott, L. F; Pi-Puig, T; Vallejo-Gómez, E; and Flores-Delgadillo, M. 2008. Micromorphology of a Soil Catena in Yucatán: Pedogenesis and Geomorphological Processes in a Tropical Karst Landscape. *In: Kapur, S., A. Mermut and G. Stoops. (Eds.). New Trends in Soil Micromorphology. Springer Berlin Heidelberg, Germany. pp. 19-37.*
- Shinomura, T. 1997. Phytochrome regulation of seed germination. *Journal of Plant Research*. 110 (1):151-161.
- Silver, W. L., F. N. Scatena, A. H. Johnson, T. G. Siccamo and M. J. Sánchez. 1994. Nutrient availability in a montane wet tropical forest: spatial patterns and methodological considerations. *Plant and Soil* 164 (1):129-145.
- Statistical Package for the Social Sciences (SPSS 12.0). 2003. User's Guide. USA. 703 p.
- Turner II, B., S. Cortina V., D. Foster, J. Geoghegan, E. Keys, P. Klepeis, D. Lawrence, P. Macario M., S. Manson, Y. Ogneva-Himmelberger, A. B. Plotkin, D. Pérez S., R. Roy C., B. Savitsky, L. Schneider, B. Schmook and C. Vance. 2001. Deforestation in the southern Yucatán Peninsular region: an integrative approach. *Forest Ecology and Management* 154 (3):353-370.

- Vázquez-Yanes, C., M. I. Alcocer S., M. Gual D. y C. Sánchez D. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y reforestación. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO-Instituto de Ecología.Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F., México. 15 p.
- Vázquez-Yanes, C., A. I. Batis M., I. Alcocer-Silva, M. Gual D. and A. Orozco-Segovia. 1987. Light gap detection by the photoblastic seeds of *Cecropia obtusifolia* and *Piper aurantium*, two tropical rain forest trees. *Biologia Plantarum (PRAHA)* 29 (3): 234-236.
- Vester H., F. M. y M. A. Navarro-Martínez. 2007. Fichas ecológicas: Árboles maderables de Quintana Roo. CONACYT-Quintana Roo, Ecosur. Chetumal, Q. Roo, México. 139 p.
- Whitmore, T. C. and C. P. Burnham. 1984. Tropical rain forest of the far East. 2<sup>nd</sup> Ed. Clarendon Press. Oxford, UK. 1984 p.
- Zimmerman, J. K., J. B., Pascarella and T. M. Aide. 2000. Barriers to forest regeneration in an abandoned pasture in Puerto Rico. *Restoration Ecology* 8 (4):350-360.

## Capítulo 4

### Caracterización de los sistemas de producción y vegetación natural como base para el diseño de sistemas agroforestales

Artículo sometido (11 de noviembre de 2014) en la Revista Madera y Bosques



Xalapa, Ver., a 11 de noviembre de 2014

M.C. Benito Bernardo Dzib-Castillo  
El Colegio de la Frontera Sur  
Unidad Campeche  
Presente

Estimado M.C. Dzib-Castillo:

Por la presente le informo que hemos recibido su artículo "Caracterización de los sistemas de producción y vegetación natural como base para el diseño de sistemas agroforestales" cuyos autores son Benito Bernardo Dzib-Castillo, Hans van der Wal, Virginia Cervantes Gutiérrez, Pedro Antonio Macario Mendoza y Juan Manuel Pat Fernández, y que fue registrado con la clave MB14-62. Tan pronto tengamos el dictamen correspondiente, le informaremos el resultado del mismo.

Agradezco su interés por publicar los resultados de sus investigaciones en la Revista *Madera y Bosques* y aprovecho la oportunidad para enviarle un cordial saludo.

Atentamente,

Dr. Raymundo Dávalos Sotelo  
Editor *Madera y Bosques*

## **Resumen**

Con el objetivo de diseñar sistemas agroforestales acordes a los recursos naturales de la comunidad Maya de Pomuch, Campeche, México, se caracterizaron los sistemas de producción y la vegetación natural. Se recopiló información mediante entrevistas a 54 productores y visita a las áreas de producción para identificar las actividades productivas. En las áreas con vegetación natural se realizó un muestreo estableciendo 24 sitios circulares de 500 m<sup>2</sup>. Se identificaron los siguientes sistemas de producción: plantación forestal y frutícola, ganadería, y agricultura (mecanizada, semi-mecanizada y de roza, tumba y quema) y huertos familiares. En las áreas con vegetación se identificaron 45 especies arbóreas. Las especies dominantes fueron *Lysiloma latisiliquum*, *Bursera simaruba* y *Piscidia piscipula*. Se proponen alternativas para incorporar el componente arbóreo en las áreas de producción agropecuaria, considerando las características de los sistemas de producción. Las propuestas agroforestales a nivel de parcela buscan favorecer la conectividad entre el paisaje agropecuario y la vegetación natural, a través de la creación de conectores de vegetación arbórea que generen un paisaje menos fragmentado e interconectado.

Palabras clave: paisaje, agroforestería, conectividad, selvas secundarias, agricultura.

## **Abstract**

With the goal of designing agroforestry systems according to natural community resources, in the Maya community of Pomuch, Campeche, Mexico, production systems and natural vegetation was characterized. Information was collected through interviews with 54 farmers and visits to the production areas to identify productive activities. 24 temporary circular sites of 500 m<sup>2</sup> was established to sampling natural vegetation. The following production systems were identified: Forestry and fruit

plantation, livestock, and agriculture (mechanized, semi-mechanized, and slash and burn) and home gardens. In natural vegetation areas 45 tree species were identified. The dominant species were *Lysiloma latisiliquum*, *Bursera simaruba* and *Piscidia piscipula*. Considering production systems characteristics, alternatives to incorporate trees in agricultural areas were proposed. Agroforestry plot-level proposals, seek to achieve connectivity between the agricultural landscape and natural vegetation, through the creation of corridors of woody vegetation within production systems, creating a less fragmented landscape.

Keywords: landscape, agroforestry, connectivity, secondary forests, agriculture

## **Introducción**

En los climas tropicales la pérdida neta de bosques entre 2000 y 2005 fue de 9.1 millones de hectáreas por año (Lindquist *et al.*, 2012). Este es un tema de particular importancia en México, pues la deforestación que se registra en su porción tropical es de una magnitud varias veces mayor a las que se presenta en el resto del país (Isaac-Márquez *et al.*, 2005). Se ha reportado que entre los años de 1978 y 2000 la pérdida total de la cubierta forestal en el sureste de México fue de 4 179 000 ha. Donde Chiapas, Yucatán y Campeche perdieron una cobertura total de 2 909 956 ha, la mayor parte en bosques caducifolios y subcaducifolios (Díaz-Gallegos *et al.*, 2010).

Se ha señalado a la siembra de cultivos comerciales y a la demanda de productos agrícolas para la alimentación y generación de energía como factores determinantes en el proceso de deforestación (Lambin y Meyfroidt, 2011). A esto se suman las políticas oficiales y los programas de subsidio (Bocco *et al.*, 2001; Schmink, 1995) que han motivado el establecimiento de grandes extensiones de agricultura mecanizada con monocultivos, resultando en la homogenización del paisaje en



áreas extensas y la pérdida de biodiversidad (Clough *et al.*, 2007; Holzschuh *et al.*, 2007).

La transformación del paisaje ha sido un fenómeno recurrente en la Península de Yucatán. En los años 70's y 80's se establecieron los monocultivos en los terrenos llamados bajos, áreas hasta entonces no cultivadas debido a su inundación temporal en el periodo de lluvias. Al mismo tiempo se estimuló el abandono de la agricultura de roza, tumba y quema en los lomeríos, lo que propició la regeneración de la vegetación desde ese entonces (Pat-Fernández, 1996). Esta transformación se acentuó en 1995 cuando se puso en marcha el programa Alianza para el Campo. Este programa incluyó varios subprogramas para financiar el establecimiento de praderas, el equipamiento y desarrollo rural y la mecanización agrícola, entre otros (Reyes-Hernández *et al.*, 2003), en las áreas de planicies.

Para contrarrestar el impacto de los monocultivos en las áreas planas o bajos, se ha propuesto el establecimiento de sistemas agroforestales, los cuales permitirían a los productores obtener alimentos para sus familias, mientras mantienen, conservan y obtienen recursos forestales para diversos usos (Clough *et al.*, 2007; Holzschuh *et al.*, 2007).

A nivel de paisaje, las parcelas cultivadas y las áreas con vegetación natural conforman un entorno diverso de componentes estructurales y funcionales donde cada elemento tiene un espacio y rol establecidos. Estos componentes más que formar una yuxtaposición de simples elementos, se interrelacionan y no pueden separarse (Michon, 1983) generando un sistema agroforestal a nivel de paisaje, donde las parcelas agropecuarias interactúan con las áreas remanentes de vegetación.

En la Península de Yucatán se han analizado los sistemas de producción agropecuarios con miras a su transformación agroforestal (Haggar *et al.*, 2001; Snook, 2004), dichos análisis indican que los productores generalmente están dispuestos a experimentar con diseños agroforestales y a incorporar especies maderables con valor comercial en sus parcelas agrícolas. Sin embargo, son escasos los intentos de diseñar la agroforestería desde una perspectiva de integración de especies de la vegetación regional con los sistemas agrícolas (Cervantes-Gutiérrez *et al.*, 2014), aprovechando el gran potencial de la capacidad de rebrotar de la mayoría de las especies nativas (Román-Dañoveytia, 2014), considerando que las especies que rebrotan tienen un gran potencial de resiliencia y compiten con mayor éxito comparadas con las plántulas de vivero (Macario, 2003). Para aprovechar la actitud de los productores hacia la agroforestería y favorecer la integración de la vegetación regional en estas prácticas, se deberían identificar los métodos más apropiados para la incorporación de especies maderables nativas con valor comercial dentro de las áreas agropecuarias, tomando en cuenta las características de cada sistema de producción e identificando las áreas donde los árboles pueden desarrollarse sin afectar la producción de los cultivos agrícolas.

### **Objetivo**

El presente estudio tuvo como objetivo contribuir al diseño de sistemas agroforestales en la comunidad Maya de Pomuch, Campeche, México, a partir del análisis de las características de los recursos forestales y de los sistemas de producción agropecuarios.

### **Metodología**

#### **Área de estudio**

El estudio se realizó en la comunidad de Pomuch, localizada al suroeste de la Península de Yucatán, México. La zona se ubica en una planicie pedregosa de calizas con selva baja caducifolia, que colinda con la zona de petenes y manglares, y un área de lomeríos que rodea valles de diferentes extensiones (Zamora, 2003). La precipitación media anual es de 1113 mm y la temperatura media anual de 26.9°C. El clima es de tipo Aw<sub>0</sub>, con lluvias en verano, cinco meses secos y lluvia invernal menor de 5% (Balam-Kú *et al.*, 1999). En esta comunidad el 74% de la población es de origen indígena Maya (CDI, 2010).

### **Métodos**

Se entrevistaron 54 productores seleccionados al azar, 10% de un total de 540 productores activos, utilizando un cuestionario con preguntas cerradas para obtener información sobre los sistemas de producción, las superficies sembradas, los distintos cultivos, los métodos de establecimiento de los cultivos, presencia de árboles dentro y alrededor de los diferentes sistemas de producción, los insumos empleados y las labores de cultivo. Se visitaron 170 parcelas con los productores entrevistados, donde se determinaron sus coordenadas geográficas con GPS. Se categorizaron los sistemas de producción a partir de los datos generados distinguiendo, a partir de la tecnología de la producción, entre agricultura mecanizada, agricultura semi-mecanizada, agricultura de roza tumba y quema, ganadería, fruticultura y huerto familiar.

Se realizó un muestreo en las áreas con vegetación natural remanente, tanto en lomeríos como en planicies, alrededor de las áreas de uso agropecuario para identificar la estructura y composición arbórea, estableciendo 24 sitios temporales. Para esto se utilizaron parcelas circulares de 500 m<sup>2</sup>, donde se midieron todos los árboles mayores a 10 cm de DAP (diámetro a la altura del pecho) a 1,3 m de altura

desde el suelo, así como la altura total. En el área central de la parcela se estableció una subparcela de 100 m<sup>2</sup> donde se tomaron datos del DAP y altura total en árboles entre 3 y 10 cm de DAP. Se identificaron las especies en campo por su nombre local y se colectaron muestras botánicas para la identificación de las especies en el herbario de la Universidad Autónoma de Campeche, y apoyados en los listados de especies publicados por Zamora (2003), Martínez y Galindo-Leal (2002), y Flores y Espejel (1994).

En el programa ILWIS 3.31 (Koolhoven *et al.*, 2007) se desplegaron las coordenadas de las parcelas sobre ortofotos de febrero 1998 del INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática), ubicando la distribución de las parcelas cultivadas.

## **Resultados**

### Caracterización de los sistemas de producción

La superficie de los sistemas de producción en promedio fue de 2,5±1,92 hectáreas, presentándose variaciones dentro de cada sistema de producción, en tamaño y número de sistemas de producción (Tabla 1).

Respecto a las características de los sistemas de producción agrícola, los sistemas que tuvieron mayor presencia fueron el sistema semi-macanzado y el sistema mecanizado. En ambos sistemas es común la presencia de policultivos, pero la frecuencia es mayor en la agricultura semi-mecanizada, donde 94% de las parcelas fueron de policultivo. En el caso de la agricultura de espeque 78% de las parcelas fueron de policultivo, mientras que este porcentaje fue menor en parcelas de agricultura mecanizada (58%). La densidad de siembra del maíz fue 25% mayor en la agricultura mecanizada (63,900 plantas ha<sup>-1</sup>) que en la semi-mecanizada (48,560 plantas ha<sup>-1</sup>), tanto en policultivo como en monocultivo (Tabla 1).

En Pomuch el cultivo del maíz (*Zea mays*) se realiza utilizando semilla criolla y comercial. Para el caso del sistema de producción mecanizado el 9% de los productores utiliza semilla criolla, mientras que el 91% utiliza semilla comercial; en tanto que en el sistema de producción semi-mecanizado el 31% utiliza semilla criolla y 69% utiliza semilla comercial. El maíz es el cultivo predominante en la producción agrícola, aunque en su mayoría los productores (47) combinaban el maíz con calabaza menuda (*Cucurbita moschata*) y en menor medida, con chihua (*Cucurbita mixta*) (Tabla 2).

**Tabla 1.** Características de los sistemas de producción identificados en el ejido de Pomuch, Campeche

Sistema de producción	No. de parcelas	Promedio de área por sistema (ha)	Frecuencia de uso	Sitio de establecimiento	Productos	Densidad de siembra del cultivo principal	Actividades de manejo
Huerto familiar	54	0,17±0,24	Permanente	Área urbana (en su mayoría área plana)	Especies frutales, maderables, medicinales y ornatos.	N/A	El manejo es mínimo.
Agricultura de Rosa, Tumba y Quema	1	0,50	Anual utilizando el mismo sitio por 5 a 6 años y descansos por el mismo lapso	Ladera	Maíz (rendimiento promedio de 1 ton ha <sup>-1</sup> ) intercalado con calabaza menuda principalmente. Cultivo principal maíz	30000 plantas ha <sup>-1</sup>	Siembra con espeque Deshierbe manual y con herbicidas
Agricultura de Espeque	15	1,53±1,49	Anual, se siembra en junio y se cosecha en diciembre y enero	Zonas pedregosas y planas	Cultivo principal maíz, intercalado con calabaza menuda y chihua principalmente.	41850 plantas ha <sup>-1</sup>	Siembra con espeque Deshierbe manual y con herbicidas, se aplican fertilizantes
Agricultura Semi-mecanizada	39	2,02±1,02	Anual, se siembra en junio y se cosecha en diciembre y enero	Áreas planas	Maíz intercalado con calabaza menuda y chihua principalmente	48560 plantas ha <sup>-1</sup>	Siembra con espeque Deshierbe manual y con herbicidas, preparación del terreno con maquinaria, aplican plaguicidas, fertilizantes. La cosecha se realiza de forma manual
Agricultura Mecanizada	34	3,68±2,36	Anual. La siembra se realiza en junio y la cosecha en enero-diciembre,	Áreas planas	El cultivo principal (maíz) se combina con otros cultivos tal como en los otros sistemas	63900 plantas ha <sup>-1</sup>	La preparación de la tierra y la siembra se realizan con maquinaria agrícola, algunas actividades pueden

							realizarse de forma manual, se utilizan agroquímicos como fertilizantes y herbicidas.
Fruticultura	18	1,33±0,87	Permanente	Áreas planas	Se identificaron plantaciones de mango ( <i>Manguijera indica</i> ), naranja dulce ( <i>Citrus sinensis</i> ), ciruelo ( <i>Spondias purpurea</i> ), y mixtas	Variable	Se realizan pocas actividades de manejo, las plantaciones son viejas y con pocos cuidados.
Ganadería	8	8,19±5,87	Permanente	Áreas planas y laderas	La ganadería es de tipo extensivo, enfocada a bovinos para producir becerras que amplíen o mantengan el hato, en promedio 10 animales por productor.	N/A	Los potreros son de pastos naturales, con manejo mínimo; se chapea para favorecer el crecimiento del pasto, se mantienen las cercas vivas, y los cercos con postes de madera muerta se reemplazan cada cinco años.
Forestal	1	0,12	Permanente	Área plana	Especie maderable ( <i>Cedrela odorata</i> ), a la cual se da un manejo mínimo.	100 árboles aproximadamente	Manejo mínimo

**Tabla 2.** Superficie total plantada para los principales cultivos anuales en Pomuch, Campeche, considerando una muestra de 54 productores.

Nombre local	Nombre botánico	Número de productores	Superficie total sembrada (ha)	Superficie por cultivo (%)
Maíz	<i>Zea mays</i>	53	215,1	52,98
Calabaza menuda	<i>Cucurbita moschata</i>	35	115,6	28,47
Calabaza chihua	<i>Cucurbita mixta</i>	24	41,2	10,15
lbes	<i>Phaseolus lunatus</i>	13	20,9	5,15
Frijol de guía	<i>Phaseolus vulgaris</i>	12	6,2	1,53
Xpelon	<i>Vigna unguiculata</i>	4	5,8	1,43
Camote	<i>Ipomoea batatas</i>	2	0,5	0,12
Cacahuate	<i>Arachis hypogaea</i>	1	0,4	0,1
Sandía	<i>Citrullus lanatus</i>	1	0,2	0,05
Jícama	<i>Pachyrhizus erosus</i>	1	0,1	0,02

## Sistemas de producción y especies arbóreas

Los 54 productores entrevistados contaron con un huerto familiar, ellos consideran que este sistema de producción aporta diversos productos a la economía familiar (Tabla 1). En estas áreas también se encontró la presencia de árboles de especies provenientes de la vegetación natural local, se identificaron seis especies maderables que son mantenidas por los productores dentro del huerto familiar para diversos usos (Tabla 3).

**Tabla 3.** Especies maderables presentes en áreas de vegetación natural y en huertos familiares del ejido de Pomuch, Campeche, México

Especie	Huerto familiar (Individuos ha <sup>-1</sup> )	Vegetación. Natural (Individuos ha <sup>-1</sup> )
<i>Lysiloma latisiliquum</i> (L.) Benth	1	593
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	1	323
<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg.	3	174
<i>Havardia albicans</i> Britton & Rose	0,1	23
<i>Caesalpinia violacea</i> (Mill.) Standl.	1	8
<i>Apoplansia paniculata</i> C. Presl	2	3

En el caso del cultivo de árboles frutales, se observó que los productores los cultivan en tres formas: dispersos dentro de las áreas agrícolas, en forma de monocultivos o en plantaciones mixtas (árboles de diferentes especies) en áreas compactas; sin embargo, muchas de estas plantaciones ya son viejas y requieren ser renovadas. De las 170 parcelas visitadas 4.7% estuvieron dedicadas a la producción ganadera; el tipo de ganadería que se practica es extensiva y se aboca a la producción de bovinos (Tabla 1). La presencia de especies arbóreas en los potreros es visible, en su totalidad especies maderables nativas (Tabla 4). Se encontraron 13 especies, cuatro utilizadas en cercas vivas y las restantes dispersas al interior de los potreros como sombra, o en su caso, para alimentación de los animales principalmente.

**Tabla 4.** Especies presentes dentro de los sistemas de producción ganadero del ejido de Pomuch, Campeche, México. X: presente O: no presente.

Especies	Especies al interior del potrero	Especies vivas en cercas	Especies muertas en cercas
<i>Lysiloma latisiliquum</i> (L.) Benth	X	O	O
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	X	X	O
<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg.	X	X	X
<i>Gymnopodium floribundum</i> Rolfe	X	O	O
<i>Mimosa bahamensis</i> Benth	X	O	X
<i>Thouinia paucidentata</i> Radlk	X	O	X
<i>Vitex gaumeri</i> Greenm.	X	O	O
<i>Caesalpinia gaumeri</i> Greenm	X	X	X
<i>Havardia albicans</i> Britton & Rose	X	X	X
<i>Acacia gaumeri</i> S.F. Blake	X	O	X
<i>Caesalpinia violacea</i> (Mill.) Standl.	X	O	O
<i>Spondias purpurea</i> L.	X	O	O
<i>Tecoma stans</i> Juss	X	O	O

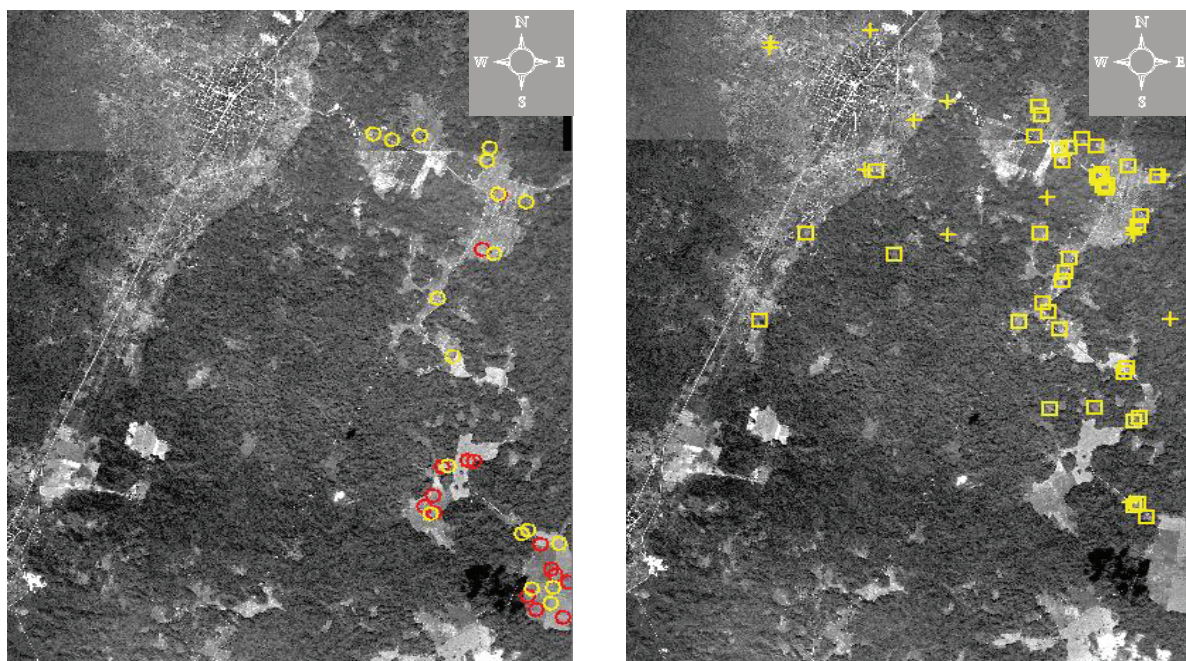
### Distribución geográfica de los sistemas de producción

Los huertos familiares se localizaron en la zona urbana del ejido, las parcelas ganaderas y frutícolas se encuentran cerca de la comunidad, generalmente a una distancia menor a 6 km. Las parcelas frutícolas se identificaron en áreas compactas cerca de los pozos en los valles. Las parcelas agrícolas se ubicaron en los valles desde menos de uno hasta 20 km de distancia al área urbana de la comunidad.

Algunas parcelas recién desmontadas están en los valles pequeños que se encuentran dispersos entre los lomeríos, al suroeste de la población (Figura 1). La agricultura mecanizada con monocultivos se encuentra a más de 10 km del pueblo, mientras que los policultivos y la agricultura semi-mecanizada se encuentran distribuidos a diferentes distancias, desde el pueblo hasta los límites del ejido. Las parcelas de agricultura de espeque se dividen en dos grupos: parcelas cercanas en las tierras pedregosas y planas al oeste del poblado, y parcelas más alejadas en



áreas recién desmontadas que serán destinadas a la agricultura semi-mecanizada en el futuro.



**Figura 1** Distribución geográfica de parcelas de agricultura mecanizada (izquierda), y de agricultura semi-mecanizada y de espeque (derecha) en Pomuch. Leyenda izquierda: ○ mecanizada y monocultivo; ○ mecanizada y policultivo. Leyenda derecha: + espeque; □ semi-mecanizado.

### **Vegetación natural**

El área de muestreo fue en total 1,2 ha (24 sitios de 500 m<sup>2</sup>), de esta superficie 0.4 ha (8 sitios) correspondieron al área de planicie y 0.8 ha al área de lomeríos (16 sitios). En total se identificaron 45 especies arbóreas, 20 especies se presentaron en ambas condiciones topográficas, 16 únicamente en áreas de planicie y 9 exclusivamente en áreas de lomeríos (Tabla 5). Con respecto a las categorías diamétricas (DAP > 10 cm y DAP ≥ 3≤10 cm), 20 especies presentaron individuos en

ambas categorías, 22 no presentaron individuos con DAP mayor a 10 cm, y tres especies sólo presentaron individuos en la categoría mayor a 10 cm (Tabla 5).

En cuanto al área basal estimada, para la zona de planicies se obtuvieron  $9 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ , mientras que en lomeríos el valor estimado fue de  $11,6 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ; en ambos casos la mayor área basal fue aportada por los árboles con DAP mayores a 10 cm:  $7,7 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  y  $9,5 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ , respectivamente. En consecuencia, el área basal aportada por los árboles con  $\text{DAP} \leq 10 \text{ cm}$  fue considerablemente menor,  $1,3 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  en planicies y  $2,1 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  para lomeríos.

Tanto en las áreas de planicie como en las áreas con lomeríos el área basal fue mayor en tres especies: *Lysiloma latisiliquum*, *Bursera simaruba* y *Piscidia piscipula*, las cuales en conjunto aportaron 87% y 75% respectivamente (Tabla 5).

En el caso de las áreas con topografía plana, en la categoría de DAP mayor a 10 cm cinco especies (*L. latisiliquum*, *B. simaruba*, *P. piscipula*, *Vitex gaumeri*, y *Plumeria obtusa*) aportaron 97% del total del área basal, mientras que en la categoría diamétrica menor, 97% del área basal se distribuyó entre 17 especies. Para el área de lomeríos en la categoría DAP mayor a 10 cm cinco especies (*L. latisiliquum*, *B. simaruba*, *P. piscipula*, *V. gaumeri*, y *Diospyros cuneata*) aportaron 94% del área basal, a diferencia de la categoría diamétrica entre 3 y 10 cm, donde el 93% del área basal se distribuyó entre 16 especies (Tabla 5).

Se estimaron 940 individuos por hectárea en el área plana y 1404 en el área de lomeríos, dando un total de 2344 individuos  $\text{ha}^{-1}$ ; de estos 1419 individuos  $\text{ha}^{-1}$  pertenecieron a la categoría diamétrica entre 3 y 10 cm de DAP, mientras que en la categoría  $>10 \text{ cm}$  de DAP se estimaron 925 individuos  $\text{ha}^{-1}$  (Tabla 5).

Considerando las dos categorías diamétricas y las dos condiciones topográficas, se identificaron seis especies presentes en ambas condiciones topográficas *Harvadia*

*albicans*, *L. latisiliquum*, *B. simaruba*, *Caesalpinia gaumeri*, *P. piscipula*, y *Vitex gaumeri*. De todas las especies, las de mayor número de individuos por hectárea fueron *L. latisiliquum*, *B. simaruba* L. *xuul*, *P. piscipula* y *G. floribundum* (Tabla 5). De las especies con mayor número de individuos, en cada categoría diamétrica por condición topográfica, *L. latisiliquum* presentó el mayor número de individuos por hectárea en la categoría diamétrica mayor a 10 cm en ambas condiciones topográficas, mientras que en la categoría entre 3 y 10 cm de DAP en lomeríos, *L. xuul* fue la especie con el mayor número de individuos por hectárea y *G. floribundum* para el área de planicies (Tabla 5).

**Tabla 5.** Número de individuos y porcentaje de área basal (AB) por especie en selva baja caducifolia del ejido de Pomuch, Hecelchakán, Campeche, México. DAP= diámetro a la altura del pecho.

Especies	Loma				Plano			
	DAP>10 (cm)		DAP 3-10 (cm)		DAP>10 (cm)		DAP 3-10 (cm)	
	Indiv ha <sup>-1</sup>	AB (%)	Indiv ha <sup>-1</sup>	AB (%)	Indiv ha <sup>-1</sup>	AB (%)	Indiv ha <sup>-1</sup>	AB (%)
<i>Acacia gaumeri</i> S.F. Blake	3	0,4	4	0,6			3	0,6
<i>Acacia milleriana</i> Standl.	1	0,1					5	0,9
<i>Apoplanesia paniculata</i> C. Presl	3	0,2						
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.							8	0,6
<i>Bauhinia jenningsii</i> P. Wilson			5	0,7				
<i>Bourreria pulchra</i> Millsp. ex Greenm.	1	0,1	30	3,2			8	0,9
<i>Bunchosia glandulosa</i> DC.			5	0,8			3	1,2
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	146	26,7	56	12,5	88	23,9	33	6,2
<i>Caesalpinia gaumeri</i> Greenm	3	0,5	5	0,5	3	0,3	30	3,7
<i>Caesalpinia vesicaria</i> L.			4	0,3				
<i>Caesalpinia violacea</i> (Mill.) Standl.					8	1,2		
<i>Cnidocolus multilobus</i> (Pax.) I.M. Johnston							3	0,1
<i>Coccoloba barbadensis</i> Jack.	1	0,2	11	1,6				
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	3	0,3					3	0,4
<i>Croton reflexifolius</i> Kunth	4	0,4	9	0,6				
<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch.			3	0,3				
<i>Diospyros cuneata</i> Standl.	24	3,0	61	8,5			5	1,3
<i>Erythroxylum confusum</i> Britton			4	0,4				

<i>Eugenia yucatanensis</i> Standley			10	0,7			13	1,1
<i>Exostema caribaeum</i> (Jacq.) Roem. & Schult.			19	1,5			20	2,1
<i>Gliricidia sepium</i> ( Jacq. ) Kunth	1	0,1	5	0,5				
<i>Guettarda elliptica</i> Sw.			35	2,1			30	2,6
<i>Gymnopodium floribundum</i> Rolfe	5	0,5	41	5,5			83	10,2
<i>Hampea trilobata</i> Standl.			4	0,4				
<i>Havardia albicans</i> Britton & Rose	5	1,1	3	0,6	5	1,4	10	3,5
<i>Hintonia octomera</i> (Hemsley) Bullock							3	0,2
<i>Hyperbaena winzerlingii</i> Sandl.			1	0,2				
<i>Jatropha gaumeri</i> Greenm.							10	1,4
<i>Lonchocarpus xuul</i> Lundell	13	1,5	228	21,1				
<i>Lysiloma latisiliquum</i> (L.) Benth	223	48,4	45	9,4	220	62,8	105	34,4
<i>Mimosa bahamensis</i> Benth	4	0,4	38	3,7			53	5,3
<i>Neomillspaughia emarginata</i> S.F.Blake			5	0,3			8	0,5
<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg.	71	10,4	35	7,8	35	7,0	33	8,9
<i>Platymiscium yucatanum</i> Standl.	4	0,4	11	2,4				
<i>Plumeria obtusa</i> L.					8	1,7	3	1,1
<i>Psidium sartorianum</i> (O.Berg) Nied.							3	0,3
<i>Randia aculeata</i> L.			33	1,7			58	4,2
<i>Senna atomaria</i> (L.) H.S.Irwin & Barneby							3	0,2
<i>Sickingia salvadorensis</i> Standl			1	0,2				
<i>Sideroxylon americanum</i> (Miller) T.D.Penn.	1	0,1	83	5,8				
<i>Spondias purpurea</i> L.			3	0,2				
<i>Swartzia cubensis</i> (Britton & P. Wilson) Standl.	1	0,1						
<i>Tecoma stans</i> Juss							3	0,6
<i>Thouinia paucidentata</i> Radlk			48	3,9			25	4,7
<i>Vitex gaumeri</i> Greenm.	35	5,0	13	2,1	10	1,8	10	2,5
<b>TOTAL</b>	<b>550</b>	<b>100</b>	<b>854</b>	<b>100</b>	<b>375</b>	<b>100</b>	<b>565</b>	<b>100</b>

## Discusión

La integración de árboles dentro de cada sistema de producción debe basarse en el conocimiento de las prácticas agropecuarias empleadas por los productores, ya que esto permitirá identificar los sitios más apropiados donde estos árboles ofrezcan los mejores beneficios al propietario de la tierra y al sistema de producción.

Al caracterizar los sistemas de producción en el ejido de Pomuch, se observó la ausencia de árboles integrados dentro de los sistemas de producción agrícola; sin embargo, el componente arbóreo sí está presente en los sistemas ganaderos. Los

árboles también se encuentran en las plantaciones de cultivos frutales, y en la única plantación forestal presente en el ejido.

Teniendo presente que a partir del cultivo principal se planifican todas las demás actividades, para lograr la integración del componente arbóreo dentro de los sistemas agrícolas es necesario tomar en cuenta factores como la densidad de siembra del cultivo principal (pacemaker plant) (Oldeman, 1998), en este caso el maíz, ya que éste determina la forma de integrar las especies arbóreas dentro del sistema de producción.

Considerando el sistema de producción mecanizado donde la densidad de siembra del maíz es la más alta, comparado con todos los demás sistemas de producción agrícola, la integración de árboles tendría que realizarse en los límites de las parcelas, a diferencia de los sistemas de producción con baja densidad, en los cuales sí se podrían introducir árboles al interior del cultivo de maíz sin afectar su producción.

Otro aspecto importante es la combinación de cultivos anuales en una misma superficie, ya que los productores lo practican comúnmente. Estos policultivos tienen el objetivo de usar eficientemente el espacio, aunque no se observó la presencia de árboles dentro de este sistema de producción, podría integrarse este componente al sistema ya que en muchos casos los sistemas de policultivos presentan baja densidad del cultivo principal (maíz). Esto no afectaría de forma inmediata la producción de maíz y aumentaría la probabilidad de obtener productos de especies con distintos requerimientos ecológicos en el mismo espacio (Altieri, 1995).

En los sistemas de producción ganaderos se identificaron árboles maderables nativos dispersos al interior de los potreros, lo cual es un indicador de la posibilidad de introducir árboles en estos sistemas; sin embargo, es necesario integrar especies

arbóreas forrajeras que además ayuden a la mejora del suelo, transformándolos en sistemas silvo-pastoriles más productivos.

En los monocultivos con árboles frutales, se observan árboles viejos que requieren ser renovados. Esta renovación abre la posibilidad de integrar cultivos agrícolas de ciclo corto mientras los árboles aún son pequeños, cuando la sombra de las copas cierre el dosel se podrían integrar cultivos que soporten sombra; esto permitiría incrementar la eficiencia del uso de la tierra y el ingreso económico para el productor (Gao *et al.*, 2013).

Respecto al ámbito forestal, el que exista una sola plantación con una especie maderable dentro de la comunidad, sugiere que los productores no identifican a este tipo de plantaciones como un medio para obtener recursos económicos. Esto posiblemente se debe a que la vegetación natural ésta cubriendo las necesidades de madera de la población, y a que las plantaciones con especies maderables para aserrío tienen un retorno económico a mediano y largo plazo.

Una manera de incentivar el establecimiento de árboles, no necesariamente en forma de monocultivo sino en diferentes áreas alrededor y al interior de las parcelas agropecuarias, sería utilizándolos como hospederos o precursores de especies (Placemaker plants) (Oldeman, 1998) que ofrezcan un beneficio a corto y largo plazo. Un ejemplo es el cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose) creciendo sobre los árboles, esta planta usa como soporte a diferentes especies maderables y produce frutos anualmente que son muy apreciados en la Península de Yucatán, su producción contribuiría a generar recursos económicos a través de su comercialización.

En el ejido de Pomuch existen áreas de vegetación forestal remanente en lomeríos y planos, éstas son relictos de lo que antes fue un área forestal más amplia y que

actualmente se encuentra fragmentada por el uso agrícola, principalmente en las áreas planas. En estos fragmentos forestales existen recursos maderables utilizados por los productores para cubrir sus necesidades de madera para leña y construcción. Estos recursos no tienen un manejo planificado y son aprovechados indiscriminadamente, afectando las poblaciones de las especies más demandadas. Algunas de esas especies pueden ser integradas a los sistemas productivos generando sistemas agroforestales que mantengan la diversidad y aporten recursos maderables a los productores.

En la vegetación natural se presenta un proceso de regeneración que está sustentado por el mayor número de individuos entre 3 y 10 cm de DAP en la mayoría de las especies. Sin embargo, las especies que se están incorporando no tienen un valor comercial, ya que, de las seis especies maderables con los mayores porcentajes de área basal en ambas condiciones topográficas, solo una especie (*L. latisiliquum*) tiene demanda comercial. Considerando que el manejo forestal puede modificar la complejidad de la arquitectura del bosque beneficiando algunas especies y suprimiendo a otras (Oldeman, 1998), es evidente que en los fragmentos de vegetación natural los productores podrían propiciar la presencia de especies con mayor valor comercial, identificando individuos jóvenes para promover su mejor desarrollo a través de aclareos (Lamb *et al.*, 2005).

Al mismo tiempo, la presencia de altos porcentajes de área basal de una especie con demanda en el mercado, sustenta la necesidad de un estudio que determine la factibilidad del aprovechamiento del recurso maderable de esta especie. Sin embargo, la propuesta de este aprovechamiento debe realizarse utilizando prácticas de extracción de impacto reducido que disminuya los efectos de la extracción de

madera sobre la vegetación, los suelos y el agua. (Dykstra y Heinrich, 1996; Sist, 2000).

Considerando las particularidades de los sistemas de producción actuales y el conocimiento obtenido sobre los fragmentos de vegetación natural, a continuación, se proponen algunas combinaciones de cultivos agrícolas con especies maderables nativas, las cuales buscan propiciar la interconexión y disminuir la fragmentación del paisaje en el ejido de Pomuch.

### **Árboles al interior de los cultivos de maíz**

Maíz-Jabín en callejones. El jabín (*P. piscipula*) es una leguminosa que fija nitrógeno atmosférico. Su madera es de buena calidad para la construcción de viviendas, preferida como leña y para la elaboración de carbón, además las flores permiten obtener miel de buena calidad. Resultó ser una de las especies más abundantes (Tabla 5) en las áreas de vegetación natural del ejido de Pomuch. Estas características la hacen una especie con alto potencial para ser aprovechada por los productores, estableciéndola en hileras dentro de los sistemas de producción de agricultura de espeque y semi-mecanizado, aprovechando la baja densidad del cultivo de maíz. La densidad de los árboles dentro del cultivo debe ser baja para limitar la sombra de los árboles sobre el cultivo agrícola y permitir el uso de maquinaria agrícola (Figura 2).

### **Árboles en bordes**

Una forma de conectar fragmentos forestales es por medio del establecimiento de árboles en línea en los límites de las parcelas y los caminos (Figura 2). En Pomuch una posibilidad es el uso del granadillo (*P. yucatanum*) y el cedro (*C. odorata*), estas especies maderables nativas tienen demanda en el mercado por su madera de alta calidad, lo que motivaría a los productores para establecerlas y cuidarlas, además se



conservaría el material genético de estas especies, ya que los resultados del muestreo en las áreas con vegetación remanentes indican poca presencia del granadillo y nula presencia de cedro (tabla 5). Esto sugiere la pérdida de estas especies en las áreas de vegetación natural, lo que indica la necesidad de acciones para fomentar su recuperación. La posibilidad de establecer estas especies en las áreas agrícolas permitiría su cuidado, conservación y reintroducción, al utilizar los límites para tener árboles se mejoraría el paisaje, disminuiría la tala de árboles para el establecimiento de cercas con postes muertos, y se mantendría una fuente de germoplasma para la dispersión de estas especies hacia áreas cercanas.

### **Árboles en potreros**

Los árboles dentro de los sistemas de producción ganaderos pueden aportar forraje con alto valor proteico, madera, leña, frutas, y en el caso de algunas especies la fijación de nitrógeno atmosférico al suelo, además de proporcionar sombra para el ganado. Por ello, se propone para este sistema aumentar la densidad de árboles del jabín (*P. piscipula*) y tzalam (*L. latisiliquum*), estas especies se encontraron en los potreros (Tabla 4) y en las áreas de vegetación natural estuvieron representadas en ambas categorías diamétricas y condiciones topográficas (Tabla 5). Son especies importantes por el valor económico de la madera, además que pueden fijar nitrógeno al suelo. Otras especies que deben integrarse son el ramón (*Brosimum alicastrum* Sw) y el pixoy (*Guazuma ulmifolia* Lam.), las cuales son especies que no se encontraron ni en las áreas de vegetación natural ni en los potreros, a pesar de ser nativas, su importancia radica en que son especies que aportan forraje para la alimentación del ganado (Sosa-Rubio *et al.*, 2004).

El establecimiento de los árboles al interior de los potreros puede ser de forma dispersa, sin embargo, otra opción es integrarlos en grupos en áreas determinadas

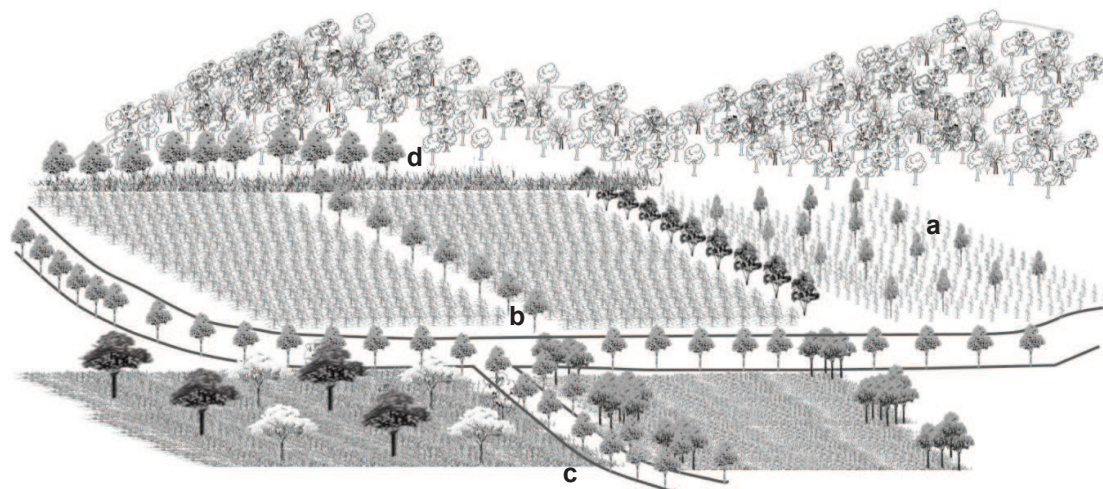
para disminuir el efecto de la sombra sobre el pasto (Córdoba-Sánchez y Hernández-Daumas, 2003), así como alrededor de cuerpos de agua que sirven de abrevadero para los animales (Figura 2).

### **Franjas de árboles en la zona de transición entre áreas cultivadas (áreas planas) y áreas con vegetación secundaria (áreas de lomeríos)**

Debido al descuidado uso del fuego por parte de los productores para eliminar los restos del cultivo anterior y la vegetación no deseada en las áreas dedicadas a la agricultura, se ha perdido la vegetación arbórea en la zona de transición entre planos y lomeríos (Figura 2).

Esto ha propiciado que dichas zonas sean colonizadas por pastos y otras anuales, favoreciendo su avance paulatino sobre los lomeríos descubiertos de vegetación arbórea eliminada por el fuego. Para contrarrestar este avance, una opción es introducir árboles de especies maderables nativas de uso local y con valor comercial en las zonas de transición; esto ayudaría a que los productores se preocupen por evitar la quema de esas áreas. Sin embargo, el éxito de esta propuesta se aseguraría mediante el acompañamiento técnico para crear conciencia en los productores sobre la importancia del manejo del fuego.

Una opción para restaurar la vegetación en estas áreas es la siembra directa de semillas de especies maderables nativas. Dos especies que podrían utilizarse son el jabín (*P. piscipula*) y el granadillo (*P. yucatanum*), ambas son apreciadas por su madera, asimismo su utilización a través de la siembra directa de semillas ha probado ser factible (Dzib-Castillo, *et al.*, 2012). (Tabla 5).



**Figura 2.** Opciones para la introducción del componente arbóreo dentro de un entorno productivo en el ejido de Pomuch, Campeche, México. a) Árboles de *P. piscipula* intercalados con cultivos de *Z. mays*, b) árboles de especies maderables nativas (*C. odorata* y *P. yucatanum*) en bordes de caminos y límites de parcelas, c) distribución de árboles nativos al interior de los potreros en forma dispersa (izq.) y agrupados (der.), d) establecimiento de árboles en áreas de transición entre áreas de cultivos y áreas con vegetación natural en lomeríos antes (der.) y después (izq.).

## Conclusiones

Los productores de la comunidad aún utilizan sistemas de producción en los cuales mezclan cultivos agrícolas para obtener diferentes productos, sin embargo, existe ausencia de árboles en la mayoría de los sistemas de producción.

La caracterización de los sistemas de producción es un método que permite identificar la distribución de los componentes y el diseño de opciones agroforestales acorde a los recursos naturales presentes en la región.

El establecimiento de plantaciones con especies maderables no parece ser una prioridad para los productores, ya que únicamente se encontró una parcela con

árboles maderables establecida como monocultivo. Sin embargo, la introducción de árboles en las diferentes áreas de producción podría ser aceptada, considerando que los productores al cuidar sus cultivos podrían dar mantenimiento a los árboles establecidos al interior o aledaños a los cultivos agrícolas.

El huerto familiar es el sistema agroforestal prevaleciente en todos los productores entrevistados. La presencia de árboles maderables nativos en estos sistemas sugiere que los productores si consideran la importancia de mantener o plantar árboles en los huertos para obtener madera.

La ganadería ofrece posibilidades de establecer árboles en las áreas de pasturas para brindar nuevas opciones alimenticias para el ganado y mejorar la productividad. Los sistemas de producción con maíz a baja densidad, principalmente los que utilizan el método de siembra manual (espeque), así como los potreros, brindan la oportunidad de introducir árboles maderables dado que en estos casos no se utiliza maquinaria agrícola que dañe los árboles. Esto generaría sistemas agroforestales a nivel de parcela y a nivel de paisaje, pues al utilizar los límites entre parcelas y caminos se consolidarían corredores de árboles que conecten las áreas remanentes de vegetación con las áreas agropecuarias; esto contribuiría a disminuir la fragmentación del paisaje.

Existe un proceso de sucesión en la vegetación remanente, tanto en lomeríos como en planos, sustentado por la mayor presencia de individuos con diámetros entre 3 y 10 cm de DAP.

De las 45 especies identificadas en la vegetación natural, solamente seis presentaron individuos en ambas condiciones topográficas y categorías diamétricas, esto destaca su potencial para ser consideradas en el diseño de sistemas

agroforestales para los distintos sistemas de producción presentes en Pomuch y para cualquier condición topográfica.

*L. latisiliquum* presentó la mayor área basal por hectárea, esto abre la oportunidad de realizar un estudio de factibilidad para el aprovechamiento maderable, considerando el valor comercial de esta especie.

### **Reconocimientos**

A todos los productores del ejido de Pomuch que colaboraron en la realización de este trabajo. A la Dra. Cristina Isabel Chanatásig Vaca por los aportes que realizó al documento. Al Instituto Tecnológico de Chiná por las facilidades que brindó al autor principal de este artículo.

### **Referencias**

- Altieri, M. A. 1995. Agroecology: the science of sustainable agriculture. Second edition. Westview Press, Boulder, Colorado, EE.UU. 495 p.
- Balam-Kú. M., I. R. Bañuelos, E. García, A. J. A. González-Iturbide, C. F. Herrera, L. R. Orellana y L. J. Vidal. 1999. Evaluación climática. *In*: Anónimo. p: 163-182.
- Bocco, G., M. Mendoza y O. R. Masera. 2001. La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán: una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. *Investigaciones Geográficas* 44: 18-36.
- Cervantes-Gutiérrez, V., J. E. Gama-Castro, I. E. Roldán-Aragón y G. Hernández-Cárdenas. 2014. Basis for implementing restoration strategies: San Nicolás Zoyatlan social-ecological system (Guerrero, México). *Terra Latinoamericana* 32: 143-159.
- Clough, Y., A. Kruess y T. Tschardt. 2007. Local and landscape factors in differently managed arable fields affect the insect herbivore community of a non-crop plant species. *Journal of Applied Ecology* 44: 22–28.
- Comisión Nacional para el Desarrollo de Pueblos Indígenas. 2010. Catálogo de localidades Indígenas. Consultado el 7 de mayo de 2014 en:

[http://www.cdi.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2578:catalogo-de-localidades-indigenas-2010&catid=38:indicadores-y-estadisticas&Itemid=54](http://www.cdi.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=2578:catalogo-de-localidades-indigenas-2010&catid=38:indicadores-y-estadisticas&Itemid=54)

Córdoba-Sánchez, E. y S. Hernández-Daumas. 2003. Competencia por luz en sistemas silvopastoriles. *Ecofronteras*18: 21-23.

Díaz-Gallegos, J. R., M. Jean-François y A. Velázquez. 2010. Trends of tropical deforestation in Southeast Mexico. *Singapore Journal of Tropical Geography* 31:180–196.

Dykstra, D. y R. Heinrich. 1996. *FAO Model Code of Forest Harvesting Practice*. Food and Agricultural Organization, Roma, Italia. 85 p.

Dzib-Castillo, B. B., H. van der Wal, C. I. Chanatásig-Vaca, P. A. Macario-Mendoza y J. M. Pat-Fernández. 2012. Emergencia de plántulas de especies maderables nativas de la Península de Yucatán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 3 (10): 77- 87

Flores, G. J. S. y C. I. Espejel. 1994. Tipos de vegetación de la península de Yucatán. *Etnoflora Yucatanense*. Fascículo III. Universidad Autónoma de Yucatán, Yucatán, México. 135 p.

Gao, L., H. Xu, H. Bi, W. Xi, B. Bao, X. Wang, C. Bi yY. Chang. 2013. Intercropping Competition between apple trees and crops in agroforestry systems on the loess plateau of China. *PLOS ONE* 8(7): 1-8.

Haggar, J., A. Ayala, B. Díaz y C. U. Reyes. 2001. Participatory design of agroforestry systems: developing farmer participatory research methods in Mexico. *Development in Practice* 11(4): 417-424.

Holzschuh, A., I. Steffan-Dewenter, D. Kleijn y T. Tschardtke. 2007 Diversity of flower-visiting bees in cereal fields: effects of farming system, landscape composition and regional context. *Journal of Applied Ecology* 44: 41–49.

- Isaac-Márquez, R., B. de Jong, A. Eastmond, S. Ochoa-Gaona, S. Hernández y M. D. Kantún. 2005. Estrategias productivas campesinas: un análisis de los factores condicionantes del uso del suelo en el oriente de Tabasco. *Universidad y Ciencia* 21(42): 57-73.
- Koolhoven, W., J. Hendrikse, W. Nieuwenhuis, B. Retsios, M. Schouwenburg, L. Wang, P. Budde y R. Nijmeijer. 2007. *ILWIS* 3.31.
- Lambin, E. F. y P. Meyfroidt. 2011. Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108(9): 3465–3472.
- Lamb, D., P. D. Erskine y J. A. Parrotta. 2005. Restoration of degraded tropical forest landscapes. *Science* 310(5754): 1628-1632.
- Lindquist, E.J., R. D'Annunzio, A. Gerrand, K. MacDicken, F. Achard, R. Beuchle, A. Brink, H.D. Eva, P. Mayaux, J. San-Miguel-Ayanz y H-J. Stibig 2012. Global forest land-use change 1990–2005. *FAO Forestry Paper No. 169*. Food and Agriculture Organization of the United Nations and European Commission Joint Research Centre. Roma, Italia. 53 p.
- Macario M. P. A. 2003. Efecto del cambio de uso del suelo sobre la selva y estrategias para el manejo sustentable de la vegetación secundaria en Quintana Roo. Tesis Doctoral. Facultad de medicina veterinaria y zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán. 183 Pp.
- Martínez, E. y C. Galindo-Leal. 2002. La vegetación de Calakmul, Campeche, México: clasificación, descripción y distribución. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 71:7-32.
- Michon, G. 1983. Village forest Gardens in West Java. *In*: P. A. Huxley, ed. *Plant Research and Agroforestry*, ICRAF, Nairobi, Kenya. p: 13–24.

Oldeman, R. A. A. 1998. Ecology and management of residual forests or How to lodge one thousand species in one cubic meter. Serie técnica IPEF. 12(32): 13-20.

Pat-Fernández, J. M. 1996. Modernización agrícola y diferenciación campesina en la comunidad Maya de Hecelchakán, Campeche. *Revista Mexicana del Caribe* 7:130-170.

Reyes-Hernández, H., S. Cortina-Villar, H. Perales-Rivera, E. kauffer-Michel y J. M. Pat-Fernández. 2003. Efecto de los subsidios agropecuarios y apoyos gubernamentales sobre la deforestación durante el período 1990-2000 en la región de Calakmul, Campeche, México. *Investigaciones Geográficas* 51: 88-100.

Román-Dañobeytia, F. J., S. I. Levy-Tacher, P. Macario-Mendoza y J. Zúñiga-Morales. 2014. Redefining Secondary Forests in the Mexican Forest Code: Implications for Management, Restoration, and Conservation. *Forests* 5: 978-991

Schmink, M. 1995. La matriz socioeconómica de la deforestación. *In*: M. F. Paz, ed. *De bosques y gente: Aspectos sociales de la deforestación en América Latina*. México, D. F., UNAM. p: 17-51.

Sist, P. 2000. Reduced Impact Logging in the Tropics: Objectives, Principles and Impacts. *International Forestry Review* 2: 3-10.

Snook, A. 2004. En busca de sistemas agroforestales viables: resultados y experiencias en Calakmul y la zona maya". *In*: N. Armijo y C. Llorens. *Coords: Uso, conservación y cambio en los bosques de Quintana Roo*. Universidad de Quintana Roo. p: 131-158.

Sosa-Rubio, E. E., D. Pérez-Rodríguez, L. Ortega-reyes y G. Zapata-Buenfil. 2004. Evaluación del potencial forrajero de árboles y arbustos tropicales para la alimentación de ovinos. *Revista Técnica Pecuaria en México* 42(2): 129-144.



Zamora, C. P. 2003. Contribución al estudio florístico y descripción de la vegetación del municipio de Tenabo, Campeche, México. *Polibotánica* 15:1-40.

## Capítulo 5

### **Diseño de sistemas agroforestales con base en los sistemas de producción y la vegetación natural en una comunidad de campeche, méxico**

#### **Resumen**

Con el objetivo de diseñar sistemas agroforestales acordes a los recursos naturales de la comunidad de San José Carpizo 1, Campeche, México, se caracterizaron los sistemas de producción y la vegetación natural. Se recopiló información para identificar las actividades productivas mediante entrevistas a 16 productores y visitas a las áreas de producción. En las áreas con vegetación natural se realizó un muestreo estableciendo 27 sitios circulares de 500 m<sup>2</sup>. Se identificaron como sistemas de producción: plantaciones forestales y frutícolas, ganadería, agricultura (semi-mecanizada) y huertos familiares. En las áreas con vegetación natural se identificaron 70 especies arbóreas, 47 (67%) de las especies presentaron menos de 100 individuos por hectárea. Las especies dominantes fueron *Lonchocarpus xuul* Lundell, *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth, *Bursera simaruba* (L.) Sarg., *Piscidia piscipula* (L.) Sarg., *Coccoloba barbadensis* Jack. Se proponen alternativas para incorporar el componente arbóreo en las áreas de producción agropecuaria, considerando las características de los sistemas de producción. Las propuestas agroforestales a nivel de parcela buscan favorecer la conectividad entre el paisaje agropecuario y la vegetación natural, a través de la creación de conectores de vegetación arbórea, tales como árboles en linderos, en los límites de las parcelas, dispersos en potreros, y plantaciones de especies maderables en monocultivos, que generen un paisaje menos fragmentado.

Palabras clave: paisaje, agroforestería, conectividad, selvas secundarias, agricultura.

## **Abstract**

With the goal of designing agroforestry systems according to natural community resources, in the Maya community of San José Carpizo 1, Campeche, Mexico, production systems and natural vegetation was characterized. Information was collected through interviews with 16 farmers and visits to the production areas to identify productive activities. 27 temporary circular sites of 500 m<sup>2</sup> was established to sampling natural vegetation. The following production systems were identified: Forestry and fruit plantation, livestock, and agriculture (mechanized) and home gardens. In natural vegetation areas 70 tree species were identified. The dominant species were *Lonchocarpus xuul* Lundell, *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth, *Bursera simaruba* (L.) Sarg., *Piscidia piscipula* (L.) Sarg., and *Coccoloba barbadensis* Jack. Considering production systems characteristics, alternatives to incorporate trees in agricultural areas were proposed. Agroforestry plot-level proposals, seek to achieve connectivity between the agricultural landscape and natural vegetation, through the creation of corridors of woody vegetation within production systems, creating a less fragmented landscape.

Keywords: landscape, agroforestry, connectivity, secondary forests, agriculture

## **Introducción**

La población rural de México para el año 2010 se estimó en un 22% (INEGI, 2010), Esta población se relaciona directamente con las áreas forestales, ya que alrededor del 80% de los bosques y selvas de México se encuentran bajo el régimen de propiedad social, constituidos en alrededor de 8500 núcleos agrarios. Las poblaciones que constituyen estos núcleos agrarios están vinculadas directamente con los recursos forestales para la obtención de sus principales satisfactores (Torres-Rojo, 2006), entre los cuales ésta la madera que utilizan para construcción de casas, corrales, cercas, y principalmente para leña y carbón, ya que se estima que entre 25 y 28 millones de personas en México satisfacen sus requerimientos de energía doméstica utilizando madera como combustible (Masera *et al.*, 2006).

La utilidad económica y social de los recursos forestales para las economías nacionales y las comunidades locales dependientes de los bosques refleja la necesidad de mantener un amplio y valioso suministro de productos forestales primarios y al mismo tiempo garantizar que la producción y la cosecha sean

sostenibles y no comprometan las opciones de manejo del bosque para las generaciones futuras (FAO, 2010a). Sin embargo, el incremento de la población y la creciente demanda de alimentos, fibras y combustible han acelerado el ritmo de la tala de bosques de manera que el promedio de la pérdida neta anual de bosques a nivel mundial ha alcanzado aproximadamente 5,2 millones de hectáreas en los últimos diez años (FAO, 2010b); mientras que en México se estimó que entre 1990 y 2010 se perdieron 354000 hectáreas de bosques y selvas por año (FAO, 2010b).

En el estado de Campeche, el 25% de la población es rural, por encima del porcentaje a nivel nacional (INEGI, 2010). Esta población incide de forma directa sobre los recursos forestales maderables presentes en sus áreas de influencia,, situación que se refleja en una deforestación anual a nivel estatal de 9402 ha de bosque caducifolio y subcaducifolio, equivalente al 0.9% de la tasa de cambio; y una pérdida de bosque subperennifolio de 19023 hectáreas, equivalente a una tasa de cambio del 0.6 %, mientras que por otro lado, se observa un incremento de la agricultura con riego (3781 ha) y pastizales cultivados (22631) (Díaz-Gallegos *et al.*,2010).

Las plantaciones de cultivos comerciales han sido el motor fundamental del cambio del uso del suelo en muchos países alrededor del mundo (Gibreel *et al.*, 2014), esto aporta beneficios para los agricultores locales y fortalece la estabilidad de las finanzas regionales (Zhang *et al.*, 2014), sin embargo, la expansión de cultivos comerciales modifica en gran medida los patrones del paisaje tradicional (Godone *et al.*, 2014), afectando los servicios de los ecosistemas y el bienestar humano (Yi *et al.*, 2014). Por ejemplo, la fragmentación del paisaje puede afectar sustancialmente la biodiversidad, las reservas de carbono, y la circulación hidrológica (Uuemaa *et al.*, 2013). Por tanto, debe buscarse un equilibrio entre producción y la sustentabilidad de los agroecosistemas en donde las poblaciones que dependen de ellos vean satisfechas sus necesidades sin tener que afectar el entorno natural de sus áreas de influencia.

En el ejido de San José Carpizo 1 el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) presentó la mayor superficie de terrenos plantados, situación que puede observarse en las estadísticas estatales de la zafra 2006-2007, donde el

municipio de Champotón contaba con 11096 hectáreas de este cultivo (ZAFRA, 2006-2007), siendo la mayor superficie establecida en el estado de Campeche, lo cual ha llevado a la pérdida de cobertura forestal en este ejido. Este panorama ha propiciado la búsqueda de opciones productivas que minimicen el impacto de este monocultivo sobre los recursos forestales.

Una opción para contrarrestar el impacto de los monocultivos en las áreas planas o bajas, es el establecimiento de sistemas agroforestales, los cuales permitirían a los productores obtener la producción del monocultivo, mientras mantienen, conservan y obtienen recursos forestales para diversos usos (Clough *et al.*, 2007; Holzschuh *et al.*, 2007).

En la Península de Yucatán se han analizado los sistemas de producción agropecuarios con miras a su transformación agroforestal (Haggar *et al.*, 2001; Snook, 2004), dichos análisis indican que los productores generalmente están dispuestos a experimentar con diseños agroforestales y a incorporar especies maderables con valor comercial en sus parcelas agrícolas. Sin embargo, son escasos los intentos de diseñar sistemas agroforestales desde la perspectiva de integrar especies arbóreas de la vegetación regional con los sistemas agropecuarios (Cervantes-Gutiérrez *et al.*, 2014).

Por lo tanto, para aprovechar y favorecer la integración de la vegetación nativa dentro de los sistemas de producción agropecuarios presentes en las comunidades, es necesario identificar la diversidad de especies arbóreas existente en las áreas con vegetación natural remanente, y seleccionar las que puedan aportar beneficios a los sistemas de producción agropecuarios y a la economía del productor, generando sistemas agroforestales a nivel de paisaje que conecten la vegetación natural a través de corredores formados por árboles establecidos dentro de los sistemas de producción agropecuarios.

En consecuencia, el objetivo del presente estudio fue caracterizar los sistemas de producción agropecuarios y los recursos forestales presentes en el ejido San José Carpizó 1, Campeche, México, como base para el diseño de sistemas agroforestales.

## **Materiales y métodos**

### **Área de estudio**

San José Carpizo 1 es un ejido creado en los años 80's, con una población de inmigrantes, principalmente del Estado de Guerrero. Cada uno de ellos dispone de una parcela de 40 hectáreas aproximadamente. La geomorfología es de lomeríos con planicies intermedias. Cuenta con una población de 272 personas, de las cuales 143 son hombres y 129 mujeres, colinda con los ejidos de Santo Domingo Keste, San Jose Carpizo 2 y Arellano (INEGI, 2010).

Este ejido se encuentra inmerso dentro de la subregión fisiográfica planicie de Campeche. La altitud va desde los 35 hasta los 250 msnm. La temperatura promedio es de 25.5 a 26.4°C. La precipitación media anual es de 1250 mm (Balan-Kú, 1999). Los suelos dominantes son: rendzina, nitosol eútrico, vertisol pélico, gleysol eútrico, y litosol. Los tipos de vegetación existentes son: selva mediana subperennifolia, selva mediana caducifolia, selva baja caducifolia, selva baja subperennifolia, selva alta perennifolia, y sabana en una proporción mínima, 1% (Cuanalo *et al.*, 1989).

### **Métodos**

Se entrevistaron 16 (21%) productores seleccionados al azar de un total de 75 productores activos. Se utilizó un cuestionario con preguntas cerradas para obtener información sobre las superficies en uso, las especies cultivadas, los métodos de establecimiento de los cultivos, las labores de cultivo, y acerca de la presencia de árboles dentro y alrededor de los diferentes sistemas de producción. Al mismo tiempo se visitaron 47 parcelas pertenecientes a los productores entrevistados.

Se realizó un muestreo en las áreas con vegetación natural remanente alrededor de las áreas de uso agropecuario para identificar la composición de especies arbóreas, estableciendo 27 sitios temporales. Para esto se utilizaron parcelas circulares de 500 m<sup>2</sup>, donde se identificaron las especies y su densidad, con estos datos se estimó la densidad de especies a una hectárea. Se identificaron las especies en campo por su nombre local y se colectaron muestras botánicas para la identificación de las especies en el herbario de la Universidad Autónoma de Campeche, y apoyados en

los listados de especies publicados por Zamora (2003), Martínez y Galindo-Leal (2002), y Flores y Espejel (1994).

## **Resultados**

### **Caracterización de los sistemas de producción**

La superficie de los sistemas de producción en promedio fue de  $20.64 \pm 13.84$  hectáreas, presentando variaciones en tamaño y número dentro de cada sistema de producción (Cuadro 1).

Respecto a las características de los sistemas de producción agrícola, se identificaron 15 parcelas dedicadas a la agricultura, dominados por el sistema de producción agrícola semi-macanzado. De las 15 parcelas, 14 estaban cultivadas con caña de azúcar (*S. officinarum*) y una sola con maíz (*Zea mays* L.) establecida en forma de monocultivo.

La única parcela cultivada con maíz (*Z. mays*) presentó una superficie de 0.5 hectáreas, con una densidad de siembra de 50000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  (Tabla 1).

La caña de azúcar (*S. officinarum*) fue el cultivo predominante en la producción agrícola, ya que de los 16 productores entrevistados 14 cuentan con parcelas establecidas con este cultivo, con una superficie promedio de  $7.9 \pm 4.4$  ha (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Características de los sistemas de producción identificados en el ejido San José Carpizo 1, Campeche

<i>Sistema de producción</i>	<i>No. de parcelas</i>	<i>Promedio de área por sistema (ha)</i>	<i>Frecuencia de uso</i>	<i>Sitio</i>	<i>Productos</i>	<i>Densidad de siembra (plantas/ha)</i>	<i>Actividades de manejo</i>
<i>Huerto familiar</i>	16	0.27±0.12	<i>Permanente</i>	<i>Planicie</i>	<i>Especies frutales, maderables, medicinales y ornatos.</i>	<i>N/A</i>	<i>El manejo es mínimo, limpieza de forma manual, evitando el uso de agroquímicos.</i>
<i>Agricultura semi-mecanizada Caña</i>	14	7.9±4.4	<i>Permanente,.</i>	<i>Planicie</i>	<i>El producto se envía al Ingenio la Joya, la cual compra la producción de caña de toda la región.</i>	14000	<i>Plantación en monocultivo, la plantación se realiza de forma manual, la limpieza se realiza utilizando herbicidas</i>
<i>Agricultura semi-mecanizada Maíz</i>	1	0.5	<i>Temporal,.</i>	<i>Planicie</i>	<i>Maíz, cultivo de autoconsumo.</i>	50000	<i>Se planta en monocultivo, la limpieza se realiza utilizando de forma manual y con herbicidas, la fertilización se realiza con agroquímicos</i>
<i>Sistema de producción ganadero</i>	11	19.45±10.76	<i>Permanente</i>	<i>Planicie y lomeríos</i>	<i>Carne y leche</i>	<i>N/A</i>	<i>El manejo es mínimo, control de plantas de hoja ancha.</i>
<i>Fruticultura</i>	1	0.16	<i>Permanente</i>	<i>Planicie</i>	<i>Mango</i>	400	<i>El manejo es mínimo, limpieza de forma manual, evitando el uso de</i>

							agroquímicos.
Forestal	4	0.39±0.55	Permanente	Planicie	Madera de cedro	La densidad de siembra fue variable; 3x3 o 2x2.	El manejo es mínimo, limpieza de forma manual y químico, aplicando herbicidas, no se realizan podas ni aclareos.

Los 16 productores entrevistados contaron con un huerto familiar (Cuadro 1). En estos huertos familiares se encontraron árboles de cuatro especies maderables identificadas también en el muestreo de la vegetación natural, las cuales son mantenidas por los productores dentro del huerto familiar para diversos usos (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Especies maderables identificadas en áreas de vegetación natural y en huertos familiares del ejido san José Carpizo 1, Campeche, México

Especie	Huerto familiar (Individuos ha <sup>-1</sup> )	Vegetación Natural (Individuos ha <sup>-1</sup> )
<i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen	1.6	5
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	10.1	92
<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg.	0.5	79
<i>Lysiloma latisiliquum</i> (L.) Benth	0.2	199

En el caso del cultivo de árboles frutales, se observó que los productores los cultivan dispersos dentro de los potreros (Tabla 3), y en forma de monocultivo en una sola plantación (Tabla 1).



De las 47 parcelas visitadas, 11 (23%) parcelas estuvieron dedicadas a la producción ganadera, con una superficie promedio de  $19.45 \pm 10.76$ ; el tipo de ganadería que se practica es extensiva para la crianza de bovinos (Tabla 1). La presencia de especies arbóreas en los potreros es visible, en donde se identificaron 27 especies maderables nativas y frutales nativas y exóticas (Tabla 3). De estas especies, 25 se encontraron como árboles distribuidos al interior de los potreros, de las cuales 16 fueron maderables, 6 frutales, una de doble propósito (frutal y maderable) (*Cordia dodecandra* DC), una como alimento del ganado (*Crescentia cujete* Vell), y una empleada para la construcción de techos de las viviendas (*Sabal mexicana* Sauvalle); al mismo tiempo, dentro del total de las especies identificadas, ocho especies estuvieron establecidas como postes muertos y cuatro especies como árboles en las cercas (Tabla 3).

**Cuadro 3.** Especies presentes dentro de los sistemas de producción ganadero del ejido de san José Carpizo 1, Campeche, México. X: presente O: no presente.

Especie	Especies interior potrero	al del del	Especies muertos cercas	Especies en vivas cerca	Especies en
<i>Anacardium occidentale</i> L.*	X		O	O	
<i>Annona glabra</i> L.*	X		O	O	
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw**	X		O	O	
<i>Bucida buceras</i> Sieber ex C. Presl**	X		O	O	
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.**	X		O	X	
<i>Byrsonima crassifolia</i> Lunan ex Griseb**	X		O	O	
<i>Caesalpinia mollis</i> Spreng**	X		O	O	
<i>Caesalpinia platyloba</i> S. Watson**	O		X	O	
<i>Cocos nucifera</i> L.*	X		O	O	
<i>Cordia dodecandra</i> DC***	X		O	O	
<i>Crescentia cujete</i> Vell*****	X		O	O	
<i>Diphysa carthagenensis</i> Jacq.**	X		X	O	
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.**	X		O	O	
<i>Eugenia yucatanensis</i> Standley *	X		O	O	
<i>Gliricidia sepium</i> ( Jacq. ) Kunth **	X		X	X	
<i>Haematoxylum campechianum</i> L.**	X		O	O	
<i>Havardia albicans</i> Britton & Rose **	O		X	O	
<i>Lonchocarpus xuul</i> Lundell **	X		O	O	
<i>Lysiloma latisiliquum</i> (L.) Benth **	X		X	X	

<i>Metopium brownei</i> Urb. **	X	O	O
<i>Mimosa bahamensis</i> Benth **	X	X	O
<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg. **	X	X	X
<i>Sabal mexicana</i> Sauvelle ****	X	O	O
<i>Simarouba amara</i> Aubl. **	X	O	O
<i>Swietenia macrophylla</i> King **	X	O	O
<i>Talisia oliviformis</i> (Kunth) Radlk. *	X	O	O
<i>Vitex gaumeri</i> Greenm. **	X	X	O

\*frutal \*\* maderable \*\*\* frutal y maderable \*\*\*\* construcción \*\*\*\*\* frutos para el ganado

## Vegetación natural

Se contabilizaron un promedio de 1127 individuos por hectárea y 70 especies, de las cuales cinco especies presentaron el mayor número de individuos por hectárea en el ejido, estas fueron: *L. xuul* (2067), *L. latisiliquum* (1985), *B. simaruba* (919), *P. piscipula* (793), y *C. barbadensis* (600) (Cuadro 4). Del total de especies, se observaron 47 (67%) especies con una densidad menor a 100 individuos por hectárea.

Cuadro 4. Densidad de especies arbóreas identificadas en áreas remanentes de vegetación del ejido San José Carpizo 1, Campeche, México.

Especies	Densidad (Indiv/ha) en las parcelas donde la especie está presente
<i>Lonchocarpus xuul</i> Lundell	2067
<i>Lysiloma latisiliquum</i> (L.) Benth	1985
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	919
<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg.	793
<i>Coccoloba barbadensis</i> Kunth.	600
<i>Croton reflexifolius</i> Kunth	570
<i>Thouinia paucidentata</i> Radlk.	363
<i>Vitex gaumeri</i> Greenm.	296
<i>Diospyros albens</i> C. Presl	274
<i>Tecoma stans</i> Juss	193
<i>Swartzia cubensis</i> (Britton & P. Wilson) Standl.	178
<i>Bunchosia glandulosa</i> DC.	178
<i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen	178
<i>Gymnopodium floribundum</i> Rolfe	170
<i>Pouteria reticulata</i> (Engel) Eyma	170
<i>Bourreria pulchra</i> Millsp. ex Greenm.	156
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	156
<i>Chrysophyllum mexicanum</i> Brandegees ex Standl.	141
<i>Exostema caribaeum</i> (Jacq.) Roem. & Schult.	133

<i>Metopium brownei</i> Urb.	126
<i>Hyperbaena winzerlingii</i> Sandl.	126
<i>Sabal mexicana</i> Mart.	119
<i>Pouteria campechiana</i> (Kunth) Baehni	111
<i>Guettarda elliptica</i> Sw.	89
<i>Mariosousa dolichostachya</i> (S.F.Blake) Seigler & Ebinger	81
<i>Platymiscium yucatanum</i> Standl.	74
<i>Hampea trilobata</i> Standl.	74
<i>Erythroxylum confusum</i> Britton	67
<i>Bucida buceras</i> L.	67
<i>Sideroxylon americanum</i> (Miller) T.D.Penn.	67
<i>Sideroxylon foetidissimum</i> Jacq.	59
<i>Spondias mombin</i> L.	59
<i>Gliricidia sepium</i> ( Jacq. ) Kunth	44
<i>Bauhinia jenningsii</i> P.Wilson	44
<i>Lonchocarpus rugosus</i> Benth	37
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	30
<i>Trophis racemosa</i> (L.) Urb.	30
<i>Talisia oliviformis</i> (Kunth) Radlk.	30
<i>Luehea speciosa</i> Willd.	30
<i>Zuelania guidonia</i> Britton & Millsp.	30
<i>Thevetia gaumeri</i> Hemsl.	22
<i>Capparis baducca</i> L.	22
<i>Caesalpinia violacea</i> (Mill.) Standl.	22
<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	22
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	22
<i>Jatropha gaumeri</i> Greenm.	22
<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch.	22
<i>Simira salvadorensis</i> (Standl.) Steyererm.	15
<i>Mosannonna depressa</i> (Baill.) Chatrou.	15
<i>Eugenia yucatanensis</i> Standley	15
<i>Aphelandra scabra</i> (Vahl) Sm.	15
<i>Sida sharpiana</i> Miranda	15
<i>Spondias purpurea</i> L.	7
<i>Annona glabra</i> L.	7
<i>Acacia riparia</i> S.F. Blake	7
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	7
<i>Caesalpinia pulcherrima</i> (L.) Sw.	7
<i>Trichilia minutiflora</i> Standl.	7
<i>Inga vera</i> Willd	7
<i>Caesalpinia vesicaria</i> L.	7
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	7
<i>Plumeria obtusa</i> L.	7
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	7
<i>Casearia corymbosa</i> Kunth	7
<i>Tabebuia chrysantha</i> (Jacq.) G.Nicholson	7

<i>Psidium sartorianum</i> (O.Berg) Nied.	7
<i>Ceiba aesculifolia</i> (Kunth) Britten & Baker.	7
<i>Diphysa carthagenensis</i> Jacq.	7
<i>Caesalpinia yucatanensis</i> Greenm	7
<i>Haematoxylum campechianum</i> L.	7

Cuadro 5. Especies maderables nativas con potencial para el uso local y comercial identificadas en áreas con vegetación remanente del ejido de San José Carpizo 1, Campeche, México.

Especies	Usos
<i>Platymiscium yucatanum</i> Stand. (Nom. Común: granadillo)	La madera presenta una densidad básica de 0.66 g/cm <sup>3</sup> , y se clasifica como alta, por tanto una madera dura (Tamarit-Urias y López-Torres, 2007). La madera es utilizada para fabricar duela, lambrin, parquet, chapa, muebles, durmientes, mangos para herramientas, artesanías, ejes de carretas, postes y construcción rural (Cardenas, 1971; Pérez <i>et al.</i> , 1980; Huerta y Becerra, 1982). Los usos potenciales van desde la elaboración de artículos torneados (deportivos y artesanales), decoración de interiores, pisos y puertas (Pérez <i>et al.</i> , 1980; Huerta y Becerra, 1982; Torelli, 1982).
<i>Bucida buceras</i> L. (Nom. Común: Pukté)	Esta especie presenta un peso específico de 0.959 g/m <sup>3</sup> al 12% de coeficiente de humedad (Tamarit-Urias y López-Torres, 2007). El uso principal que se da a esta especie es para postes, pilotes, muebles, construcción de quillas para barcos, pisos, artículos torneados, puentes, empaques, y carbón (Cardenas, 1971; Pérez <i>et al.</i> , 1980; Huerta y Becerra, 1982). Se ha recomendado su uso en la construcción de pisos para usos fuertes, bancos de trabajo, y plataformas de maquinaria (Longwood, 1989).
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken (Nom. Común: Bojón)	La densidad básica de la madera de esta especie es de 0.49 g/cm <sup>3</sup> y se clasifica como media (Torelli, 1982). Debido a su facilidad para trabajarla, baja constricción y su atractivo, se utiliza para elaborar muebles, ebanistería, vigas de puentes, cubierta de barcos y construcción general al interior o al exterior (Salas, 1968; Longwood, 1989). Es una madera de alta demanda y buen precio en el mercado mundial, es apropiada para todo uso al exterior o al interior (Torelli, 1982)
<i>Astronium graveolens</i> Jacq. (Nom. Común: Jobillo)	Se clasifica como una especie de pesada a muy pesada, con un peso específico de 0.94 g/cm <sup>3</sup> al 12% de coeficiente de humedad (Tamarit-Urias y López-Torres, 2007). Se utiliza para la construcción de quillas de barcos, construcción en general, muebles finos, duela, en construcciones pesadas, entre otros usos (Pérez <i>et al.</i> , 1980; Huerta y Becerra, 1982).

<p><i>Tabebuia chrysantha</i> (Jacq.) G.Nicholson (Nom. Común: Maculis amarillo o de monte)</p>	<p>Esta especie es útil en la construcción de casas, obtención de postes, vigas y pilares así, como para alimentación de animales como las cabras. (Sánchez et al., 2006)</p>
<p><i>Talisia oliviformis</i> (Kunth) Radlk. (Nom. Común: Guaya)</p>	<p>Esta especie tiene un peso seco de 0.84 gr/cm<sup>3</sup> (Tamarit-Urias y López-Torres, 2007), tiene un uso restringido, se ha usado para fabricar palillos de dientes. La alta contracción limita su uso, sin embargo se propone utilizar para decoración de interiores, culatas para fusil y algunas partes de muebles (Huerta y Becerra, 1982). Sin embargo, uno de los beneficios más importantes es la obtención de sus frutos para el consumo humano y de la fauna local.</p>
<p><i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. &amp; Planch. (Nom. Común: Sac-Chacah)</p>	<p>La densidad básica de la madera de esta especie es de 0.59 g/cm<sup>3</sup>. Esta especie se utiliza para elaborar mesas de contrachapado, palillos, abatelenguas y palos para paletas. También podría utilizarse en estantería en general, artesanías, marcos para puertas, ventanas, puertas, y para pulpa de papel (Pérez et al., 1980)</p>
<p><i>Spondias mombin</i> L. (Nom. Común: Jobo)</p>	<p>La madera de esta especie presenta una densidad básica de 0.45 g/cm<sup>3</sup>, clasificada como densidad media (Torelli, 1982). La madera se usa para cercas, cajas de empaque, cabos de fósforos, huacales, pulpa para papel, y canoas (Pérez et al., 1980).</p>
<p><i>Lysiloma latisiliquum</i> (L.) <i>Benth</i> (Nom. Común: Tzalan)</p>	<p>Esta especie presenta un peso específico de la madera de 0.63 g/cm<sup>3</sup> con una humedad del 12% (Tamarit-Urias y López-Torres, 2007), siendo una madera de textura media. La madera se clasifica de alta a moderadamente resistente al ataque de hongos (Gómez et al., 1978). Actualmente se utiliza para duela, lambrin, parquet, chapa, durmientes, postes, viviendas, quillas, marcos, entrepaños, madera terciada, pilotes, durmientes y mangos para herramientas (Gómez, 1959; Cardenas, 1971; Echenique y Díaz, 1972). Algunos usos potenciales son la ebanistería, puertas, ventanas, lápices, cajas, productos ensamblados, entre otros; se recomienda usar la madera secada en estufa entre 10 y 14% de humedad final (Cardenas, 1971; Echenique y Díaz, 1972).</p>
<p><i>Piscidia piscipula</i> (L.) <i>Sarg.</i> (Nom. Común: Ja'abin)</p>	<p>La madera de esta especie se clasifica como dura (Huerta y Becerra, 1982) y pesada, con una gravedad específica de 0.83 g/cm<sup>3</sup> (Cardenas, 1971). En la actualidad la madera de esta especie se utiliza para elaborar durmientes,</p>

	duela, parquet, construcción de casas, construcción en general, postes, entre otros usos; potencialmente se podría utilizar en la construcción de mangos para cuchillería, culatas para fusiles, pisos en general, y decoración de interiores (Huerta y becerra, 1982).
<i>Diphysa carthagenensis</i> <i>Jacq.</i> (Nom. Común: Tzuc tzuc)	Esta especie presenta hilo entrecruzado, propiedad que permite retener bien los clavos y tornillos en ensamblados machimbrados, también les da resistencia; cualidades óptimas para usos en los que se requiere resistencia mecánica y al desgaste (De la paz Pérez y Carmona, 1979), por lo que también son adecuadas para usarse en construcciones pesadas, en barcos, puentes, muelles, pilotes, en partes de maquinaria pesada como lanzaderas para la industria textil (Rebollar y Quintanar, 1998).

## Discusión

La Agroforestería es un sistema dinámico en el que algunas especies de plantas con altos valores nutricionales, medicinales, económicos y ecológicos son utilizadas por la población local para su bienestar, a través de la integración de árboles y/o animales en sus parcelas agropecuarias (Atangana *et al.*, 2014).

Sin embargo, su establecimiento no es una tarea fácil, ya que estos sistemas multiestratos y multicomponentes son más complejos que los sistemas de cultivos de una sola especie, por lo que presentan una gran variedad de interacciones ecológicas tanto positivas como negativas (Rao *et al.*, 1998); por lo cual, el éxito de este sistema complejo depende de minimizar las interacciones negativas mientras se mejoran las interacciones sinérgicas entre componentes del sistema (Jose y Gordon, 2008). Por lo anterior, es importante la selección apropiada de los componentes arbóreos y cultivos, considerando los arreglos espaciales de los árboles y su buen manejo, donde tanto las condiciones ecológicas como las necesidades y preferencias de los productores deben ser tomadas en cuenta (Gliessman, 2007), siendo el manejo del cultivo principal un factor determinante en la incorporación de árboles al sistema de producción, ya que a partir de éste se planifican todas las demás actividades (Oldeman, 1998).

Entre las desventajas de los sistemas agroforestales en el aspecto biológico se han identificado la mayor competencia por luz, nutrientes, humedad y espacio, daño físico al cosechar los árboles, dificultad para la mecanización, mayores posibilidades de infecciones fúngicas, daños a la vegetación del sotobosque por goteo de gran energía cinética, y posibilidad de daños alelopáticos (Rao *et al*, 1998; García-Barrios y Ong, 2004; CONAFOR-CHAPINGO, 2013).

Sin embargo, las ventajas de los sistemas agroforestales también son ampliamente reconocidas, entre las que se mencionan mayor absorción de radiación solar, mejor aprovechamiento del espacio vertical, protección contra la precipitación torrencial, atenuación de los extremos de la temperatura, protección contra vientos fuertes, mayor reincorporación de biomasa al suelo, mayor reciclaje de nutrientes, mejoramiento de la estructura del suelo, mayor infiltración de humedad, mayor diversidad de especies, control natural de malezas, y regulación de poblaciones de insectos (Budowski, 1982; Gliessman, 1984; Valois y Chavelas, 1989), aunado a lo anterior, visto desde una escala más amplia, el establecimiento de una cobertura arbórea dentro del paisaje agropecuario, ya sea en forma de árboles dispersos en potreros, cortinas rompevientos o cercas vivas ayudaría a mejorar la conectividad entre remanentes de vegetación natural, tomando en cuenta que la fragmentación del paisaje puede conducir a la reducción y deterioro de los hábitats y de los servicios ambientales que estos prestan (MA (Millennium Ecosystem Assessment) 2005; Chacón-León y Harvey, 2007; Mitchell *et al.*, 2013).

Para incorporar el componente arbóreo en sistemas de producción agropecuarios, también es importante identificar los sitios y las especies arbóreas que ayuden al éxito del sistema agroforestal, considerando las preferencias de los productores, los beneficios que se pueden obtener, así como la disponibilidad del germoplasma de especies seleccionadas, que aporte beneficios económicos; ya que si el sistema agroforestal requiere altos costos de mantenimiento y no genera ingresos económicos, estos pueden ser abandonados rápidamente por los productores (Mercer *et al*, 2005).

Tomando en cuenta estas consideraciones y los resultados obtenidos en campo, se sugieren algunas opciones para integrar el componente arbóreo dentro del paisaje agropecuario del ejido de San José Carpizo 1.

### **Árboles en los cultivos de caña**

El cultivo agrícola que predominó en el ejido de San José Carpizo 1 fue la caña de azúcar, donde los árboles no se observaron dentro del sistema de producción, debido principalmente a las características de manejo, dadas por una alta densidad de plantas por hectárea, aunado a la quema del cultivo que realizan los productores antes de la cosecha, y el paso de los tractores para realizar la limpieza y remoción del suelo después de la cosecha, minimizando la posibilidad de establecer árboles al interior del cultivo.

Por lo tanto, una opción es el establecimiento de árboles en los límites de las parcelas y en las orillas de los caminos que llevan a estas (Figura 1), utilizando especies maderables nativas que se identificaron dentro de la vegetación natural, entre las cuales están *T. chrysantha*, *P. yucatanum*, *P. piscipula*, *L. latisiliquum*, y *C. alliodora*, que son consideradas como preciosas, y por lo tanto tienen un valor comercial, por lo que pueden aportar beneficios económicos al productor, además de que son utilizadas dentro de la comunidad para la construcción de viviendas y como fuente energética.

Además de las ventajas económicas, las especies propuestas, por ser nativas, tienen la ventaja de estar adaptadas a las características ecológicas, topográficas y de suelo de la región, lo cual facilita su establecimiento y desarrollo.

Es importante mencionar que las especies propuestas son recomendadas para el uso en sistemas agroforestales, en el caso de *L. latisiliquum* puede ser plantada en forma individual, en fajas o en grupos; *P. yucatanum* se adapta a terrenos con lomas o planos y se recomienda establecer en combinación con cultivos por su capacidad de fijar nitrógeno al suelo; *C. alliodora* es una especie que puede combinarse con otros cultivos (perennes y anuales), lo que es favorecido por su copa rala y la capacidad de autopoda, lo cual disminuye la competencia con los cultivos agrícolas; *T. chrysantha* es una especie que se desarrolla en los valles de tierras bajas, utilizada principalmente en sistemas silvopastoriles (Barrance, 2003).



El establecimiento de especies nativas dentro de los sistemas de producción agropecuarias permite la conservación de la biodiversidad. En el caso de *T. chrysantha*, y *P. yucatanum* presentaron menos de 100 individuos por hectárea. Esta densidad es baja para cubrir la demanda de madera de la comunidad, aunado a que la primera especie se encuentra en peligro de extinción y protegida por las leyes mexicanas, mientras que *P. yucatanum* es una especie, que dentro de México, únicamente crece en la Península de Yucatán (Pennington y Sarukhán, 2005).

### **Árboles en potreros**

En la producción pecuaria en sistemas silvopastoriles, el principal factor limitante para el crecimiento de pasturas es el nivel de sombra ejercido por los árboles y arbustos, si bien en la mayoría de los casos, la tasa de crecimiento de las pasturas es menor cuando crecen bajo la copa de los árboles que a pleno sol, aunque no todas las forrajeras responden de igual manera a la disminución de la energía lumínica; la presencia de árboles en la ganadería puede considerarse como un complemento de la actividad forestal dadas las siguientes ventajas: a) Aumento de los ingresos, b) Diversificación de la empresa y control del riesgo, c) Aprovechamiento más uniforme de la mano de obra, en especial si se incorpora ganado lechero, d) Toda actividad de manejo realizado al componente herbáceo tiene efectos colaterales sobre las leñosas, y viceversa, e) Mayor estabilización del suelo, f) Mayor reciclaje de nutrientes, g) Control de malezas, y h) Incremento del nitrógeno en el suelo (Pezo e Ibrahim, 1999).

Por lo tanto, la introducción de especies forrajeras-leguminosas, y maderables puede mejorar el sistema de producción, las cuales pueden establecerse en diferentes posiciones dentro del sistema de producción, al interior de los potreros de forma dispersa o en grupos para disminuir el efecto de la sombra sobre el pasto (Córdoba-Sánchez y Hernández-Daumas, 2003) (Figura 2)

Dentro del sistema de producción ganadero, se identificaron 27 especies arbóreas, de las cuales la mayoría se encontraron dispersos dentro del potrero, siendo muy pocos los árboles presentes en las cercas, en donde predominan los postes de madera muerta que se obtienen de la vegetación natural, esto conlleva a que cada tres o cuatro años se tengan que extraer árboles de la selva remanente para delimitar los potreros, por lo tanto, el establecimiento de postes de especies que

puedan convertirse en árboles es una opción viable. Algunas de estas especies nativas que podrían utilizarse como postes en los límites de los potreros son el cocoite (*Gliricidia sepium*) y Chackah (*Bursera simaruba*), especies que tienen la capacidad de reproducirse de forma vegetativa (Pennington y Sarukhán, 2005) y convertirse en árboles, aportando sombra y hábitat para la fauna, y en el caso del cocoite, esta es una especie fijadora de nitrógeno, que puede servir de alimento para el ganado, además de tener una madera dura útil en la construcción de viviendas, la cual, recientemente se ha propuesto para sustituir especies comerciales duras que están escaseando en el mercado internacional (Oluwafemi y Adegbeniga, 2007).

Una especie que no se identificó en las áreas naturales ni en los sistemas de producción fue el pixoy (*Guazuma ulmifolia* Lam.), la cual es una especie nativa que aporta forraje y frutas para la alimentación del ganado (Sosa-Rubio *et al.*, 2004), pudiendo establecerse en los límites de los potreros, en bloques compactos a alta densidad donde los animales puedan llegar y ramonear, o en forma dispersa dentro de los potreros.

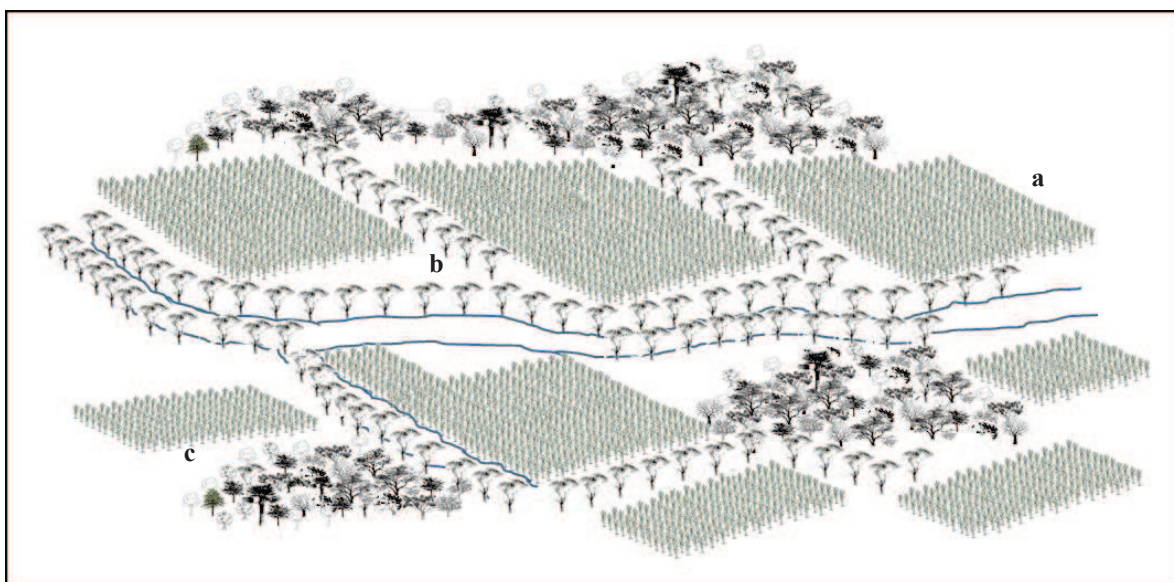
Otra opción es la integración de especies maderables nativas que pueden establecerse en los límites de las parcelas (Figura 2), como por ejemplo: *P. piscipula*, *L. latisiliquum*, *C. alliodora*, *Cordia dodecandra*, *P. yucatanum*, y *T. chrysantha*, las cuales pueden aportar madera para diversos usos locales y comerciales, aunado a la fijación de nitrógeno al suelo de algunas de estas especies (Barrance, 2003; Pennington y Sarukhán, 2005 ).

### **Plantaciones forestales en monocultivos**

Para la integración de árboles dentro del paisaje agropecuario es necesario considerar tanto el manejo de los cultivos agrícolas principales, como los beneficios que genera el árbol al sistema de producción, y los recursos forestales presentes en los fragmentos de vegetación natural que puedan ser utilizados para establecerlos dentro del paisaje agropecuario; considerando el fomento de plantaciones forestales y frutales en forma de monocultivos, ya que la plantación de árboles, en cualquier posición, en el paisaje agropecuario ayuda a disminuir la fragmentación causada por los monocultivos agrícolas, considerando al paisaje como la unidad crítica de análisis dentro de esta visión más amplia de la agroforestería (Sinclair, 2001).

En el ámbito forestal, una opción es el establecimiento de especies maderables nativas en forma de plantaciones forestales como monocultivos en áreas dentro de los potreros (Figura 2), delimitándolas para que no sean afectadas por los animales; priorizando la plantación de especies maderables nativas en lugar de las plantaciones con especies exóticas, debido a su mayor capacidad para albergar biodiversidad nativa, ya que estudios realizados indican que la combinación de plantaciones de árboles nativos establecidos entre bosques secundarios, pueden soportar altos niveles de biodiversidad (Pryde *et al.*, 2015).

Considerando la factibilidad de establecer plantaciones forestales maderables con especies nativas, *L. latisciliquum* es la candidata idónea ya que es la de mayor demanda en el mercado, debido a los usos como madera aserrada, construcción, y elaboración de muebles ligeros, siendo una de las 215 especies utilizadas más frecuentemente en plantaciones forestales (Pancel, 2014). Sin embargo no es la única especie con potencial para ser establecida en plantaciones forestales maderables, entre ellas podemos mencionar a *C. dodecandra*, y *P. yucatanum*, especies cuya madera tiene valor en el mercado por ser duras y de buena calidad.



**Figura 1.** Árboles en límites de parcelas y caminos que conectan áreas remanentes de vegetación dentro de una matriz agrícola donde predomina el cultivo de caña de azúcar en el ejido de San José Carpizo 1, Campeche, México. a) Cultivo de caña, b) Árboles de maderables nativos en límites de cultivos y caminos (*P. piscipula*, *P.*

*yucatanum*, *T. chrysantha*, *L. latisiliquum*, entre otras), c) áreas con vegetación natural remanente.

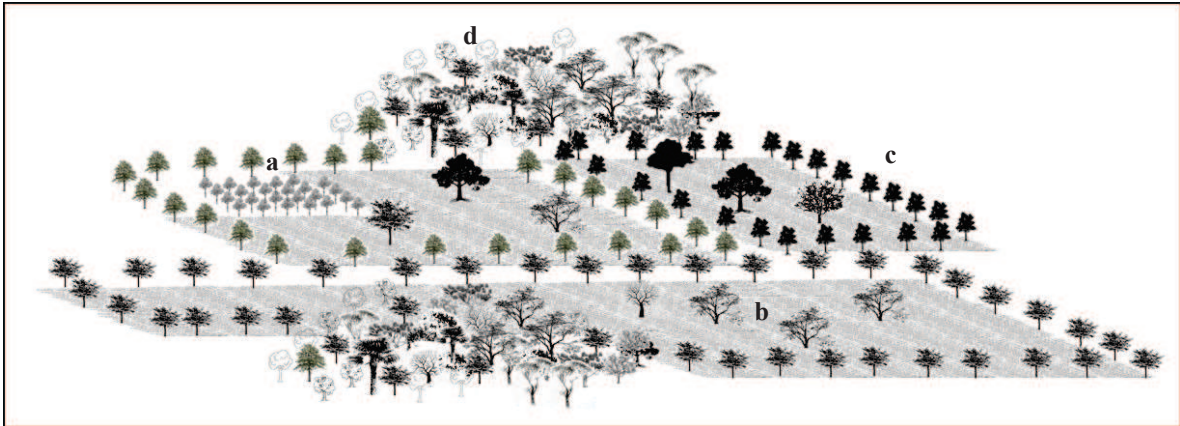


Figura 2. Especies maderables nativas establecidas al interior y en los límites de los potreros, permitiendo la conexión de las áreas remanentes de vegetación natural. a) plantaciones forestales en monocultivos, b) árboles dispersos en potreros, c) árboles en cecadas de potreros, d) remanentes de vegetación natural.

## Conclusiones

Todos los productores cuentan con un huerto casero en el cual conservan especies maderables nativas provenientes de la vegetación natural.

El sistema de producción agrícola predominante fue el monocultivo de caña de azúcar.

El sistema de producción pecuario si mantiene árboles, aunque la mayoría de estos árboles se encontraron dispersos al interior de los potreros, predominando los cercos con postes de madera muerta.

El 67 % de las especies maderables presentes en las áreas remanentes de vegetación presentaron menos de 100 individuos por hectárea.

Las especies predominantes en áreas remanentes con vegetación natural fueron: *Lonchocarpus xuul* Lundell, *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth, *Bursera simaruba* (L.) Sarg., *Piscidia piscipula* (L.) Sarg., *Coccoloba barbadensis* Jack.

Dentro de la vegetación natural remanente existen especies con valor comercial, y alimenticio que pueden darle mayor valor a los sistemas de producción.

La forma más factible de integrar los árboles en el sistema de producción agrícola es en los límites de las parcelas, y en los caminos que llevan a las parcelas, debido a las características del cultivo agrícola.

El sistema de producción pecuario es el que tiene mayor potencial para la introducción de especies arbóreas.

El establecimiento de plantaciones con especies maderables puede tener potencial, aprovechando espacios dentro de los potreros.

### **Reconocimientos**

A todos los productores del ejido de San José carpizo 1 que aportaron sus conocimientos para la realización de este trabajo. A los alumnos del Instituto Tecnológico de Chiná por su apoyo en la colecta de la información.

### **Referencias**

- Atangana, A., Khasa, D., Chang, S., Degrande, A. 2014. Tropical Agroforestry. Springer. 389 pp.
- Nair, P. K. R., Nair, V. D., Kumar, B. M., Showalter, J. M. 2010. Carbon sequestration in agroforestry systems. *Adv. Agron.* 108: 237–307
- Balam-Kú, M., Bañuelos, I. R., García, E., González-Iturbide, A. J. A., Herrera, C. F., Orellana, L. R., Vidal, L. J. 1999. Evaluación climática. *In: Anónimo.* p: 163-182.
- Barrance, A. 2003. Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas. Cordero, J., Boshier, D. (Eds.). Bib. Orton IICA/CATIE, Costa Rica.
- Bradshaw, C. J. A., Sodhi, N. S., Peh, K. S. H., Brook, B. W., 2007. Global evidence that deforestation amplifies flood risk and severity in the developing world. *Global Change Biol.* 13, 2379–2395. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01446.x>.
- Budowski, G. 1982. Applicability of agroforestry systems. *In MacDonald, K. (ed.). Workshop on agroforestry in the African Humid Tropics.* UNU, Tokyo. p. 13-15.
- Cárdenas, E. 1971. Estudio anatómico de la madera de 8 especies de Leguminosas. IPN. ENCB Tesis de Licenciatura. 54 p.
- Cervantes-Gutiérrez, V., Gama-Castro, J. E., Roldán-Aragón, E., Hernández-Cárdenas, I. G. 2014. Basis for implementing restoration strategies: San Nicolás

- Zoyatlan social-ecological system (Guerrero, México). *Terra Latinoamericana* 32: 143-159.
- Chacón-León, M., Harvey, C. A. 2007. Contribuciones de las cercas vivas a la estructura y la conectividad de un paisaje fragmentado en río frío, Costa Rica. In Harvey, C. A; Sáenz, J. C. (eds.) *Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica*. INBio, Heredia, Costa Rica. 620pp.
- Clough, Y., A. Kruess y T. Tschardt. 2007. Local and landscape factors in differently managed arable fields affect the insect herbivore community of a non-crop plant species. *Journal of Applied Ecology* 44: 22–28.
- CONAFOR-CHAPINGO. 2013. *Sistemas agroforestales maderables en México*. Consultado el 15 de agosto de 2015 en: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/8/5572SISTEMAS%20AGROFORESTALES%20MADERABLES%20EN%20MEXICO%20AVM.pdf>
- Córdoba-Sánchez, E. y S. Hernández-Daumas. 2003. Competencia por luz en sistemas silvopastoriles. *Ecofronteras* 18: 21-23.
- Cuanalo de la C. H., Ojeda-Trejo, E., Santos-Ocampo, A., Ortiz-Solorio, C. A. 1989. *Provincias, Regiones y Subregiones Terrestres de México*. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México. 622 p.
- Díaz-Gallegos, J. R., Jean-François, M., Velázquez, A. 2010. Trends of tropical deforestation in Southeast Mexico. *Singapore Journal of Tropical Geography* 31:180–196.
- De la Paz-Pérez, O. C., Carmona, T. E. 1979. Influencia del hilo en algunas características tecnológicas de la madera. *Bol. Tec. Inst. Nac. Invest. For.* 60. México, D. F. 46 p.
- Dirzo, R., Raven, P.H., 2003. Global state of biodiversity and loss. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 28: 137–167. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.energy.28.050302.105532>.
- Echenique, M. R., Díaz, V. 1972. Algunas características tecnológicas de la madera de once especies mexicanas. *Boletín Técnico No. 27*. SAG. SFF. INIF. México. 71 p.
- FAO 2010a. *Food and agriculture organization of the united nations*, Rome.
- FAO. 2010b. *Global Forest Resources Assessment 2010 – main report*. FAO Forestry Paper No. 163. Rome. [www.fao.org/docrep/013/i1757e/i1757e00.htm](http://www.fao.org/docrep/013/i1757e/i1757e00.htm).

- Flores, G. J. S., Espejel, C. I. 1994. Tipos de vegetación de la península de Yucatán. Etnoflora Yucatanense. Fascículo III. Universidad Autónoma de Yucatán, Yucatán, México. 135 p.
- Franzel, S., Carsan, S., Lukuyu, B., Sinja, J., Wambugu, C. 2014. Fodder trees for improving livestock productivity and smallholder livelihoods in Africa. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 6:98–103.
- Gao, L., Xu, H., Bi, H., Xi, W., Bao, B., Wang, X., Bi, C., Chang, Y. 2013. Intercropping Competition between apple trees and crops in agroforestry systems on the loess plateau of China. *PLOS ONE* 8(7): 1-8.
- García-Barríos, L., Ong, C. K. 2004. Ecological interactions, management lessons and design tools in tropical agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 61: 221–236.
- Gliessman, S. R. 1884. Los huertos familiares como sistemas agroforestales en trópico húmedo de México. En: Beer, J. W. y Somarriba, E. (eds.). Investigación de técnicas agroforestales tradicionales. Actas del Curso. Tabasco, Campeche y Quintana Roo, México. 30 de Nov. a 10 de Dic. de 1981. pp. 76-80.
- Gliessman, S. R. 2007. Agroecology – The ecology of sustainable food systems. Second edition. CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Gibreel, T. M., Herrmann, S., Berkhoff, K., Nuppenau, E., Rinn, A. 2014. Farm types as an interface between an agroeconomical model and vCLUE-Naban land change model: application for scenario modeling. *Ecological Indicators*, 36, 766-778.
- Godone, D., Garbarino, M., Sibona, E., Garnerò, G., Godone, F. 2014. Progressive fragmentation of a traditional Mediterranean landscape by hazelnut plantations: the impact of CAP over time in the Langheregion (NW Italy). *Land Use Policy*, 36: 259-266.
- Gómez, B. G. 1959. Estructura anatómica e histológica de un grupo de 21 especies del bosque chiapaneco. Tesis profesional. UNAM. México. 199 p.
- Gómez, N. M. S., Echenique, M, salinas, Q. 1978. Índices de laboratorio sobre resistencia de la madera a la pudrición en once especies forestales mexicanas. *Boletín Técnico* No. 31. INIF. México. 40 p.
- Haggan, J., Ayala., A., Díaz, B., Reyes, C. U. 2001. Participatory design of agroforestry systems: developing farmer participatory research methods in Mexico. *Development in Practice* 11(4): 417-424.

- Holzschuh, A., Steffan-Dewenter, I., Kleijn, D., Tschardtke, T. 2007. Diversity of flower-visiting bees in cereal fields: effects of farming system, landscape composition and regional context. *Journal of Applied Ecology* 44: 41–49.
- Huerta, J., Becerra, J. 1982. Anatomía macroscópica y algunas características físicas de diecisiete maderas tropicales mexicanas. *Bol. Div. Inst. Nac. Invest. For.* 46. México, D.F. 61 p.
- Houghton, R., 2012. Historic changes in terrestrial carbon storage. In: Lal, R., Lorenz, K., Hüttl, R. F., Schneider, B. U., Braun von, J. (Eds.), *Recarbonization of the Biosphere – Ecosystems and the Global Carbon Cycle*. Springer, Netherlands, Dordrecht, pp. 59–82. [http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-4159-1\\_4](http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-4159-1_4).
- INEGI, 2010. Monografías. Consultado el 18 de mayo de 2015, disponible en: <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/camp/poblacion/distribucion.aspx?tema=me>
- Jose, S., Gordon, A. M. 2008. *Ecological Knowledge and Agroforestry Design: An Introduction*. In Jose, S., Gordon, A. M. (eds.), *Toward Agroforestry Design: An Ecological Approach*. Springer.
- Lamb, D., Erskine, P. D., Parrotta, J. A. 2005. Restoration of degraded tropical forest landscapes. *Science* 310(5754): 1628-1632.
- Longwood, F. R. 1989. *Maderas Puertorriqueñas. Relacionada a su trabajo a máquina, secado y otras relacionadas*. Instituto de Dasonomía Tropical. Estación Experimental Forestal del Sur. Río Piedras, Puerto Rico. 87 p.
- MA (Millennium Ecosystem Assessment). 2005. *Ecosystem and human well-being*. Washington DC: Island Press. p 137p.
- Martínez, E., Galindo-Leal, C. 2002. La vegetación de Calakmul, Campeche, México: clasificación, descripción y distribución. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 71:7-32.
- Masera, O., Ghilardia, A., Drigob, R., Trossero, M. A. 2006. WISDOM: A GIS-based supply demand mapping tool for woodfuel management. *Biomass and Bioenergy* 30: 618–637
- Melo, F. P. L., Arroyo-Rodríguez, V., Fahrig, L., Martínez-Ramos, M., Tabarelli, M., 2013. On the hope for biodiversity-friendly tropical landscapes. *Trends Ecol. Evol.* 28: 462–468. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2013.01.001>.



- Mercer, D. E., Haggard, J., Snook, A., Sosa, M. 2005. Agroforestry Adoption in the Calakmul Biosphere Reserve, Campeche, Mexico. *Small-scale Forest Economics, Management and Policy*, 4(2): 163-184.
- Miettinen, J., Shi, C., Liew, S. C., 2011. Deforestation rates in insular Southeast Asia between 2000 and 2010. *Global Change Biol.* 17: 2261–2270. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02398.x>.
- Michon, G. 1983. Village forest Gardens in West Java. *In*: P. A. Huxley, ed. *Plant Research and Agroforestry*, ICRAF, Nairobi, Kenya. p: 13–24.
- Mitchell, M. G. E., Bennett, E. M., Gonzalez, A. 2013. Linking Landscape Connectivity and Ecosystem Service Provision: Current Knowledge and Research Gaps. *Ecosystems* (2013) 16: 894–908
- Oluwafemi, O. A., Adegbeniga, S. O. 2007. Preliminary report on utilization of *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. for timber. *Research Journal of Forestry* 1(2): 80-85.
- Oldeman, R. A. A. 1998. Ecology and management of residual forests or How to lodge one thousand species in one cubic meter. *Serie técnica IPEF*. 12(32): 13-20.
- Pancel, L. 2014. Species Selection in Tropical Forestry. *Tropical Forestry Handbook*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 157 p.
- Pennington, T. D., Sarukhán, J. 2005. Árboles tropicales de México: manual para la identificación de las principales especies. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 523 p.
- Pérez, O. C. P., Carmona, V. T. F., Rogel, G. M. 1980. Estudio anatómico de la madera de 43 especies tropicales. *Boletín Técnico No. 63*. SARH. INIF. México. 276 p.
- Pezo, D., Ibrahim, M. 1999. *Sistemas silvopastoriles*, 2da Ed. Turrialba, CR: CATIE. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. 276p.
- Pryde, E. C., Holland, G. J., Watson, S. J., Turton, S. M., Nimmo, D. G. 2015. Conservation of tropical forest tree species in a native timber plantation landscape. *Forest Ecology and Management* 339: 96–104
- Rao, M. R., Nair, P. K. R., Ong, C. K. 1998. Biophysical interactions in tropical agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 38: 3–50,
- Rebollar, S., Quintanar, A. 1998. Anatomía y usos de la madera de ocho especies tropicales de Quintana Roo, México. *Rev. Biol. Trop.* 46(4): 1047-1057
- Salas, G. 1968. “El laurel (*C. alliodora*) una especie forestal prometedor para el trópico americano: Evidencias en Colombia y Costa Rica”—. Simposio Producción

de madera en los neotropicos por medio de plantaciones, IUFRO. MABSERVICIO FORESTAL. Río Piedras. Puerto Rico, 266-274.

Sánchez, O., Kvist, L. P., Aguirre, Z. 2006. Bosques secos en Ecuador y sus plantas útiles. In: Moraes, M., Ollgaard, B., Kvist, L.P., Borchsenius, F. y Balslev, H. (eds.). Botánica Económica de los Andes Centrales. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz: 188-204

Shelton, H. M., Brewbaker, J. L. 1994. *Leucaena leucocephala* – the most widely used forage tree legume. In: Gutteridge R. C., Shelton H. M., eds. Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture. CAB International, Wallingford, U.K.

Snook, A. 2004. En busca de sistemas agroforestales viables: resultados y experiencias en Calakmul y la zona maya”. In: N. Armijo y C. Llorens. Coords: Uso, conservación y cambio en los bosques de Quintana Roo. Universidad de Quintana Roo. p: 131-158.

Sodhi, N. S., Koh, L. P., Clements, R., Wanger, T. C., Hill, J. K., Hamer, K. C., Clough, Y., Tscharntke, T., Posa, M. R. C., Lee, T. M., 2010. Conserving Southeast Asian forest biodiversity in human-modified landscapes. Biol. Conserv. 143: 2375–2384. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2009.12.029>.

Sosa-Rubio, E. E., D. Pérez-Rodríguez, L. Ortega-reyes y G. Zapata-Buenfil. 2004. Evaluación del potencial forrajero de árboles y arbustos tropicales para la alimentación de ovinos. Revista Técnica Pecuaria en México 42(2): 129-144.

Tamarit-Urias, J. C., López-Torres, J. L. 2007. Xilotecnología de los principales árboles tropicales de México. (Informe Núm. 3). INIFAP-CIR Golfo Centro. Puebla, México. 264 p.

Torelli, N. 1982. Estudio promocional de 43 especies forestales tropicales mexicanas. Programa de cooperación científica y técnica México-Yugoslavia. SARH. SFF., Distrito Federal. 73 pp.

Torres-Rojo, J. M. 2006. Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina al año 2020: Informe Nacional México. Consultado el 20 de abril de 2010 en: <http://www.fao.org/docrep/006/j2215s/j2215s06.htm>

Uuemaa, E., Mander, U., Mander, R. 2013. Trends in the use of landscape spatialmetrics as landscape indicators: a review. Ecological Indicators, 28: 100-106.

Valois-Figueroa, J. L., Chavelas, P. J. 1989. Establecimiento de módulos de uso múltiple en Quintana Roo. En: Simposio Agroforestal en México. Linares, Nuevo

- León, 14-16 de Nov. de 1989. Memorias, Tomo 1. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales. pp. 177-188.
- Villanueva-López, G., Martínez-Zurimendi, P., Van der Wal, H. 2015. Árboles y arbustos en áreas ganaderas de Tabasco: un recurso prometedor. *Ecofronteras* 19 (54) 14-17.
- Wright, S. J., 2010. The future of tropical forests. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1195: 1–27. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1749-6632.2010.05455.x>.
- Yi, Z., Cannon, C. H., Chen, J., Ye, C., Swetnam, R. D. 2014. Developing indicators of economic value and biodiversity loss for rubber plantations in Xishuangbanna, southwest China: a case study from Menglun township. *Ecological Indicators*, 36: 788-797.
- ZAFRA, 2006-2007. Producción de caña. Consultado el 19 de mayo de 2015 en: <http://www.zafranet.com/tag/campeche/>
- Zamora, C. P. 2003. Contribución al estudio florístico y descripción de la vegetación del municipio de Tenabo, Campeche, México. *Polibotánica* 15:1-40.
- Zhang, L., Kono, Y., Kobayashi, S. 2014. The process of expansion in commercial banana cropping in tropical China: a case study at a Dai village, Mengla County. *Agricultural Systems*, 124, 32-38.

## Capítulo 6

### Discusión y conclusiones

El mayor reto en el manejo de las tierras tropicales es concertar la siempre creciente demanda de productos agropecuarios con la conservación de la biodiversidad, proporcionando servicios ecosistémicos críticos y manteniendo estrategias de vida para la población rural (Harvey *et al.*, 2008; Hosonuma *et al.*, 2012). En la mayoría de los países tropicales, las personas dependen de la selva y la amplia gama de productos que pueden obtener de estas, los cuales utilizan para satisfacer sus necesidades diarias; sin embargo, con el advenimiento del colonialismo y la globalización, las selvas han sido taladas, sobre todo para la agricultura, de manera que la conversión de bosques tropicales a agricultura o ganadería, son las causas más importantes de la pérdida de diversidad y los servicios asociados (Foley *et al.*, 2005). Este tipo de agricultura moderna ha ignorado las especies locales, en cambio ha promovido cultivos comerciales de otras partes del mundo, cultivando de forma intensiva productos básicos para la alimentación (Asaah *et al.*, 2011).

Sin embargo, a pesar de las desventajas ambientales que pueden visualizarse de los sistemas de producción intensivos, el abandono de la agricultura y la ganadería no es una solución, ya que puede resultar en el incremento de la erosión o el declive de la biodiversidad ligada a hábitats seminaturales, por lo que la agricultura más bien puede ser vista como el principal administrador de los recursos dentro del paisaje, y mantenerla en su manejo tradicional puede constituirse en un prerrequisito para la conservación del paisaje (Greenville, 1999; Primdahl *et al.*, 2013).

Una opción para cultivar la tierra e integrar la actividad agropecuaria de forma sustentable en el paisaje son los sistemas agroforestales, los cuales incluyen árboles creciendo junto con los cultivos agrícolas, y/o algunos animales, interactuando en tiempo y espacio (Nair, 2001). A nivel de paisaje y cuencas, estos sistemas pueden proveer conectividad con bosques remanentes y otros elementos del paisaje, y lograr los servicios ecológicos deseados, tales como protección del hábitat de la fauna, agua y calidad del suelo (Ruark *et al.*, 2003).

Lo anterior implica que, para tener sistemas agroforestales exitosos, estos deben ser diseñados de manera que maximicen las interacciones positivas entre árboles y otros elementos (cultivos y animales), y minimicen las interacciones negativas, teniendo como fuente de recursos genéticos las áreas remanentes de vegetación natural que pueden proveer de una gran diversidad de especies para realizar estos diseños agroforestales (Elevitch y Wilkinson, 2000).

Las metodologías de diseño agroforestal como la Evaluación Rural Participativa (PRA por sus siglas en inglés) (Chambers, 1981), el D&D (Raintree, 1983), el Enfoque Integral de Desarrollo Rural (Leakey, 2010; Asaah *et al.*, 2011), y el presentado por Betters y Rubing (1978) se han enfocado en identificar problemas en los sistemas de producción, teniendo en cuenta las necesidades y prioridades de la población rural, para buscar soluciones a través de la participación de los productores y especialistas apropiados, tomando y utilizando la percepción de los agricultores para el diseño de alternativas agroforestales.

Si bien es cierto que la mayoría de las metodologías utilizan el método participativo para el diseño de sistemas agroforestales, experiencias con estas metodologías han mostrado que los productores mantienen las prácticas agroforestales establecidas en sus parcelas mientras dura el estudio y existe la presencia de los promotores de dichos proyectos, pero posteriormente las abandonan una vez que la investigación culmina y los promotores e investigadores se retiran de la comunidad (Isaac-Márquez, 2004). Esto evidencia que las decisiones tomadas en reuniones para el diseño participativo de sistemas agroforestales, son resultado de la presión que sienten los productores respecto a lo que intuyen que los facilitadores o investigadores desean escuchar. De igual manera McGinty *et al.* (2008) observaron que los programas en los que intervienen capacitadores externos, ONG's e investigadores no influyen en la permanencia de los sistemas agroforestales diseñados y establecidos en las parcelas de productores, siendo más bien el conocimiento y la propia experiencia de los productores para establecer y manejar los sistemas agroforestales lo que aumenta la probabilidad de que estos se mantengan a largo plazo.

Por lo anterior se consideró que el análisis de los sistemas de producción, comparado con el diseño participativo, puede evitar el diseño de sistemas agroforestales sesgados por la influencia de los promotores o investigadores. En consecuencia, en el presente trabajo se visitaron las parcelas en compañía de los propietarios, en las cuales se identificaron los diferentes sistemas de producción que manejan, los que incluían algunas prácticas agroforestales, como árboles dispersos en potreros y árboles en linderos de algunos caminos poco conectados, así como algunos policultivos como maíz-frijol. Esto mostró que los productores tienen conocimientos sobre la interacción de árboles y cultivos, aún y no lo llamen agroforestería, lo cual ayudó a definir formas en las cuales los árboles pueden ser integrados dentro de los diferentes sistemas de producción, acorde con la visión del productor.

Elevitch y Wilkinson (2000) sugieren utilizar especies arbóreas nativas para el diseño de sistemas agroforestales, teniendo como fuente de recursos genéticos las áreas remanentes de vegetación natural, que pueden proveer de una gran diversidad de especies. La inserción de los árboles nativos dentro de los sistemas agropecuarios permite mantener la diversidad de especies locales para mejorar la conectividad del paisaje agropecuario con las áreas remanentes de vegetación natural (Harvey y Haber, 1999), así como incrementar la productividad de las fincas, ya que proveen productos y funciones valiosos como sombra, madera, alimento para el ganado (Harvey y Haber, 1999; Zamora, *et al.*, 2001, Bhagwat *et al.*, 2008), y hábitat para la fauna local, manteniendo la diversidad de plantas y animales (Nair, 2007), además de mejorar la fertilidad del suelo mediante el uso de especies fijadoras de nitrógeno (Leahey, 2010).

En Campeche se ha documentado el uso de especies nativas en sistemas agroforestales, principalmente en huertos caseros, donde predominan especies de la familia fabácea, debido a que varias de sus especies son reconocidas por la calidad de su madera, leña, forraje, y los servicios ambientales que prestan, lo cual muestra que los productores conocen las propiedades de cada especie y los usos más apropiados para cada una de ellas (Poot-Pool *et al.*, 2012). Por lo que la elección de plantas nativas para sus sistemas agroforestales, considera los atributos de estas especies, que han experimentado y valorado (Jose, 2011). En los ejidos de Pomuch

y San José Carpizo también se observó el uso de especies nativas en huertos caseros, pero también en sistemas silvopastoriles como árboles dispersos en potreros, donde tienen como función brindar sombra a los animales y alimento en el caso de especies frutales.

Si bien es cierto que los productores tienen conocimientos sobre los usos de las especies maderables nativas, existe poco conocimiento documentado sobre la reproducción de varias de estas especies, ya que en muchos casos la inclusión de plantas en las parcelas se hace mediante la colecta y trasplante de plántulas que son identificadas en áreas de vegetación natural y llevadas por los campesinos a sus propiedades. Esta falta de conocimiento limita las posibilidades de reproducir estas especies en mayor cantidad, de manera que puedan ser incluidas en más áreas, tanto en forma de plantaciones o dentro de sistemas agroforestales. Por este motivo se realizaron experimentos de reproducción en vivero y campo de algunas de estas especies, de manera que esta información apoye en la toma de decisiones respecto a su establecimiento dentro de sistemas agroforestales, basados en su comportamiento reproductivo. Así por ejemplo en vivero se observó que *C. mollis* fue la única especie que mostró mayor emergencia de plántulas en condiciones de mayor luz solar, mientras que la emergencia de plántulas de *P. piscipula*, *C. dodecandra* y *L. latisiliquum* no fue afectada por la mayor o menor incidencia de luz solar, lo cual las hace aptas para establecerse en sitios con intervalos más amplios de luminosidad. Por otro lado, la siembra de semillas en campo no fue tan exitosa como se deseaba, ya que los porcentajes de emergencia de plántulas fueron bajos, sin embargo, respecto a las condiciones topográficas, se observó que *C. mollis* prefiere las zonas con mayor pendiente, mientras que *P. piscipula* prefiere zonas bajas, a diferencia de las otras especies probadas, las cuales no mostraron una preferencia respecto a la topografía del terreno, aspecto que debe tomarse en cuenta al momento de establecer estas especies. Lo anterior deja ver que la reproducción de plántulas en vivero tiene mayor éxito, sin embargo, es factible el uso de semillas colocando una mayor cantidad de estas por sitio, con lo cual puede asegurarse la germinación y emergencia de plántulas, ya que el uso de este método reduciría los costos en el establecimiento de plantas en campo (Guarino y Scariot, 2014).

Cuando se plantea el uso de especies nativas para el diseño de sistemas agroforestales, es necesario tener un conocimiento amplio sobre la diversidad de especies arbóreas existentes en las áreas con vegetación natural (Elevitch y Wilkinson, 2000). Esta información se obtuvo en el muestreo realizado en las áreas con vegetación natural remanente en ambos ejidos, en donde se identificaron especies arbóreas como *L. xuul*, *L. latisiliquum*, *P. piscipula* (Fabaceae), *B. simaruba* (Burseraceae) y *V. gaumeri* (Lamiaceae), que fueron las cinco especies más abundantes en ambos ejidos, y que tienen diversos usos como madera para combustible, construcción de casas y muebles, flores para la alimentación de abejas, además de que tres de estas especies por pertenecer a la familia de las fabáceas tienen la capacidad de fijar nitrógeno. Por sus atributos las especies mencionadas son ideales para establecerlas en sistemas agroforestales, ya sea en cercos vivos (*B. simaruba*), como árboles dentro de potreros (*V. gaumeri*), o como bloques de árboles para la obtención de madera y alimento para abejas que aprovechan su floración (*L. latisiliquum*, *P. piscipula*, *L. xuul*). Es importante mencionar que la familia de las fabáceas es predominante en los dos ejidos estudiados con 14 géneros y 17 especies en San José Carpizo Uno y 16 géneros con 21 especies en Pomuch, lo cual indica la posibilidad del uso de especies arbóreas nativas fijadoras de nitrógeno para el diseño de sistemas agroforestales, sin dejar de lado especies que están desapareciendo dentro de estos relictos de vegetación natural como *Astronium graveolens* Jacq., *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) Nicholson, *Cordia alliodora* (Ruiz y Pav.) Oken, de las cuales se identificaron dos, uno, y tres individuos por hectárea, especies que al igual que las anteriores aportan madera para construcción y combustible, así como flores para alimento para abejas, por lo tanto, deben considerarse como especies importantes para introducirse en áreas agropecuarias, y así recuperarlas. Sin dejar de lado las especies que ya son conocidas y utilizadas por los productores.

Tomando en cuenta que el análisis de las prácticas agroforestales adoptadas, la comprensión de resultados de experimentación de los agricultores (“aprender haciendo”), así como la preferencia de estos para hacer frente a los riesgos económicos y agronómicos, apoya la adopción de nuevas prácticas agroforestales (Mercer *et al.*, 2005); en este estudio se identificaron las prácticas agroforestales



que los productores realizan, así como los sistemas de producción predominantes, donde en ambos casos la economía de los productores depende principalmente de los sistemas de producción pecuario, predominantemente la cría de ganado vacuno, junto con los monocultivos de maíz en Pomuch y de caña de azúcar en San José Carpizo Uno; considerando estas características se han sugerido formas de incluir el componente arbóreo en los sistemas de producción existentes, tomando en cuenta que la agricultura en monocultivos y la ganadería son el sustento principal de los productores, donde los árboles podrían modificar la productividad de dichos cultivos, las principales formas de introducir árboles en los sistemas de producción que se proponen son: árboles en límites de parcelas, y en las orillas de caminos donde predominan los monocultivos, mientras que en el caso de Pomuch donde existen algunos sistemas de producción que son manejados de forma manual y con menos densidad de plantas de maíz se proponen introducir árboles en franjas al interior del cultivo; en cuanto a la ganadería se proponen árboles como cercos vivos, dispersos, y en bloques dentro de los potreros, aprovechando especies arbóreas nativas provenientes de los remanentes de la vegetación natural, considerando que estas propuestas no afectan la productividad de los cultivos principales, y buscando que las especies propuestas aporten un beneficio económico y ambiental.

Es importante enfatizar que al proponer especies arbóreas nativas que se adaptan a una gradiente de condiciones biofísicas, como las que se presentan entre Pomuch y San José Carpizo Uno, se abre la posibilidad de trabajar sobre el diseño de sistemas agroforestales en diferentes entornos productivos en otras regiones de la Península de Yucatán, lo cual ayudaría a minimizar la fragmentación a nivel regional.

Por lo tanto, la introducción de árboles tiene un efecto a diferentes escalas, ya que genera un sistema agroforestal a nivel de paisaje, conectando áreas agrícolas y forestales, donde se puede observar la interacción de las prácticas agroforestales y la modificación del paisaje (Popa, 2012). De este modo podemos visualizar cómo los fragmentos de bosques, plantaciones de árboles, y árboles introducidos en potreros o en los límites de las parcelas, sirven como hábitat para muchas especies, permiten la conectividad, y retienen el potencial para la regeneración y restauración de los bosques (Chazdon, 2003; Harvey *et al.*, 2006).

En consecuencia, los diseños agroforestales propuestos en este trabajo toman en cuenta la parcela y el paisaje como escalas importantes para lograr un diseño que involucre aspectos ambientales, de conectividad, y económicos. Esta perspectiva incluye los patrones espaciales en el paisaje, los cuales podrían tener un efecto significativo en el uso de los bosques, la eficiencia y la sostenibilidad (Fahrig, 2005). Entendiendo que la gestión de la vegetación a nivel de paisaje implica centrarse en los mosaicos de parches y sus cambios a largo plazo para integrar los valores ecológicos (por ejemplo, conservación de la biodiversidad), pero que aún conserven la propuesta de utilidad económica y social de los bosques (Por ejemplo, la madera y la recreación) (Luque *et al.*, 2010), buscando minimizar la fragmentación del hábitat al mejorar la conectividad ecológica entre parches de bosque en áreas agrícolas (Beier y Noss, 1998), mediante el establecimiento de cercas vivas dentro de áreas cultivadas, que además son de gran importancia para la vida silvestre (Harvey *et al.*, 2005, 2008a; Fischer *et al.*, 2006; Seaman y Schulze, 2010).

## **Conclusiones**

La riqueza de especies arbóreas en las áreas remanentes de vegetación natural fue mayor en el ejido de San José Carpizo Uno, sin embargo, la familia de las fabáceas fue la que predominó en los dos ejidos seleccionados, lo cual muestra una riqueza de especies fijadoras de nitrógeno en ambos ejidos.

La existencia de especies arbóreas nativas en la vegetación natural que son útiles para la obtención de madera para aserrío, construcción de viviendas, alimentación de ganado, combustible, y fijación de nitrógeno, indica que existe un acervo genético que puede ser aprovechado para diversificar la producción en las parcelas al establecer árboles de usos múltiples.

La coincidencia de varias de las especies útiles con potencial para ser introducidas en sistemas agroforestales en ambos ejidos, permite ver que, a pesar de las diferencias fisiográficas, muchas de estas especies pueden adaptarse a lo largo de un gradiente ambiental, lo cual permitiría extrapolar los resultados del presente trabajo a nivel de la Península de Yucatán.

Con base en las características de emergencia y sobrevivencia de plántulas de las especies maderables nativas, se considera que estas pueden ser establecidas en diversas condiciones de luminosidad y topografía, utilizando la siembra de semillas en vivero y campo, lo cual brinda a los productores opciones para elegir el método que consideren mejor, de acuerdo a sus criterios.

La caracterización de los sistemas de producción mostró la factibilidad de establecer árboles al interior de los sistemas de producción agropecuarios, lo cual fue evidenciado por las prácticas realizadas por los productores que ya incluyen árboles, tanto en los huertos caseros como en los sistemas de producción pecuarios, situación que muestra la aceptación del componente arbóreo en sus sistemas de producción.

La introducción del componente arbóreo en las áreas establecidas con monocultivos de alta densidad como los cultivos de maíz y caña de azúcar, es factible, pero únicamente en los límites de las parcelas, debido al manejo intensivo del cultivo, lo cual no permitiría la presencia de árboles al interior del mismo; a diferencia de los cultivos con baja densidad y manejo poco intensivo como el maíz en el ejido de Pomuch, que permiten establecer los árboles dentro del cultivo y en los linderos.

El sistema de producción pecuario predominó en ambos ejidos; en este sistema el establecimiento de árboles es una opción viable, tomando en cuenta que los productores sí dejan árboles al interior de los potreros, sin embargo, estos sistemas pueden ser mejorados estableciendo de forma ordenada y sistemática árboles en linderos, dispersos y en bloques dentro de los potreros.

El huerto casero fue el sistema agroforestal con mayor presencia en ambos ejidos, dentro del cual se mantienen árboles de especies nativas provenientes de las áreas naturales.

Las propuestas de diseños agroforestales presentados en este trabajo conjuntan la diversidad de especies arbóreas nativas y las características de los sistemas de producción existentes en cada uno de los ejidos seleccionados, las cuales buscan minimizar la fragmentación del paisaje por efecto de las actividades agropecuarias,

integrar la diversidad de especies arbóreas nativas para conservar la riqueza genética que se tiene, y aportar beneficios económicos y ambientales a esta región de la Península de Yucatán.

## Bibliografía

- Asaah, K. E., Tchoundjeu, Z., Leakey, R. R. B., Takoung, B., Njong, J., Edang I. 2011. Trees, agroforestry and multifunctional agriculture in Cameroon. *International Journal of Agricultural Sustainability* 9(1): 110-119.
- Bettors, D. R., Rubing, J. L. 1978. Suitability analysis and wildland classification: An Approach. Aspen Bibliography. Paper 4821.
- Beier, P., Noss, R. F. 1998. Do habitat corridors provide connectivity?. *Conservation biology*, 12(6), 1241-1252.
- Bhagwat, S. A., Willis, K. J., Birks, H. J. B., Whittaker, R. J. 2008 Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity? *Trends Ecol Evol* 23:261–267
- Chambers, R. 1994. Participatory Rural Appraisal (PRA): challenges, Potential and Paradigm. *World Dev* 22(10):1437–1454
- Chazdon, R. L. 2003. Tropical forest recovery: legacies of human impact and natural disturbances. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 6:51–71.
- Elevitch, C. R., Wilkinson, K. M. 2000. Introduction to Interacting Trees into Pacific Island Farm Agroforestry Guides for Pacific Islands No 5. Permanent Agriculture Resources, Holualoa, Hawaii, USA.
- Fahrig, L. 2005. When is a landscape perspective important? In: Wiens J, Moss M (eds) *Issues and perspectives in landscape ecology*. Cambridge University Press, Cambridge, pp 3–10
- Fischer, J., Lindenmayer, D. B., Manning, A. D. 2006. Biodiversity, ecosystem function, and resilience: ten guiding principles for commodity production landscapes. *Front Ecol Environ* 4:80–86.
- Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., Chapin, F. S., Coe, M. T., Daily, G. C., Gibbs, H. K., Helkowski, J. H., Holloway, T., Howard, E. A., Kucharik, C. J., Monfreda, C., Patz, J. A., Prentice, I. C., Ramankutty, N., Snyder, P. K. 2005. Global consequences of land use. *Science*, 309, 570–574.
- Greenville, J. 1999. *Managing the historic rural landscape*. London: Routledge. 173 p.

- Guarino, E. S. G., Scariot, A. 2014. Direct seeding of dry forest tree species in abandoned pastures: effects of grass canopy and seed burial on germination *Ecological Research* 29 (3): 473-482
- Harvey, C. A., Haber, W.A. 1999. Remnant trees and the conservation of biodiversity in Costa Rican pastures. *Agroforestry Systems*. 44:37-68.
- Harvey C, A., Villanueva, C., Villacís, J., Chacón, M., Muñoz, D., López, M., Ibrahim, M., Gómez, R., Taylor, R., Martínez. J., Navas, A., Saenz, J., Sánchez, D., Medina, A., Vilchez, S., Hernández, B., Pérez, A., Ruiz, F., Lang, I., Sinclair, F. L. 2005. Contribution of live fences on the ecological integrity of agricultural landscapes. *Agric Ecosys Envir* 111:200–230
- Harvey, C. A., Medina, A., Sánchez Merlo, D., Vílchez, S., Hernández, B., Saenz, J., Maes, J., Casanovas, F., Sinclair, F. L. 2006. Patterns of animal diversity associated with different forms of tree cover retained in agricultural landscapes. *Ecological Applications* 16:1986–1999.
- Harvey, C. A., Guindon, C. F., Haber, W. A., Hamilton, DeRosier, D., Murray K- G. 2008. La importancia de los fragmentos de bosque, los árboles dispersos y las cortinas rompevientos para la biodiversidad local y regional: el caso de Monteverde, Costa Rica. In: Harvey CA, Saenz JC (eds) *Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica*. Instituto Nacional de Biodiversidad, INBio, Santo Domingo de Heredia, pp 289–325
- Harvey, C. A., Komar, O., Chazdon, R., Ferguson, B. G., Finegan, B., Griffith, D. M., Martínez-Ramos, M., Morales, H., Nigh, R., Soto-Pinto, L., Van breugel, M., Wishnie, M. 2008a. Integrating agricultural landscapes with biodiversity conservation in the mesoamerican hotspot. *Conservation Biology* 22 (1): 8–15.
- Hosonuma, N., Herold, M., De Sy, V., De Fries R. S., Brockhaus, M., Verchot, L., Angelsen, A., Romijn, E. 2012. An assessment of deforestation and forest degradation drivers in developing countries. *Environ Res Lett* 7(4):004009.
- Isaac-Márquez, R., de la Vida Silvestre, A. 2004. Explorando la perspectiva campesina de la Agroforestería en la reserva de la biosfera de Calakmul. *Universidad y Ciencia*, 20(40).
- Jose, S. 2011. Managing native and non-native plants in agroforestry systems. *Agroforest Systems* 83:101–105

- Leakey, R. R. B. 2010. Agroforestry: a delivery mechanism for multi-functional agriculture', in: R. Lawrence Kellimore (ed), *Handbook of Agroforestry: Management Practices and Environmental Impact*, Nova, New York, NY, USA, 461–471.
- Luque, S., Martínez, P. G., Echeverría, C., Pacha, M. J. 2010. Overview of biodiversity loss in South America: a landscape perspective for sustainable forest management and conservation in temperate forests. In: Li C, Laforteza R, Chen J (eds) *Landscape ecology and forest management: challenges and solutions in a changing globe*, Chapter 15. HEP-Springer, Berlin, pp 352–379.
- Mercer, D. E., Haggard, J., Sosa, M. 2005. Agroforestry Adoption in the Calakmul Biosphere Reserve, Campeche, Mexico. *Small-scale Forest Economics, Management and Policy*, 4(2): 163-184.
- McGinty, M. M., Swisher, M. E., Alavalapati, J. 2008. Agroforestry adoption and maintenance: self-efficacy, attitudes and socio-economic factors. *Agroforestry Systems* 73:99–108
- Nair, P. K. R. 2001. Agroforestry. In *Our fragile world: Challenges and opportunities for sustainable development, forerunner to the encyclopedia of life support systems*, M. Tolba (ed.), Chapter 1.25, pp. 375-393, vol. I. UNESCO, Paris, Francia, and EOLSS, Oxford, UK.
- Nair, P. K. R. 2007. Agroforestry for Sustainability of Lower-Input Land-Use Systems, *Journal of Crop Improvement*, 19:1-2, 25-47.
- Poot-Pool, W. S., Van der Wal, H., Flores-Guido, S., Pat-Fernández, J. M., Esparza-Olguín, L. 2012. Economic Stratification Differentiates Home Gardens in the Maya Village of Pomuch, Mexico. *Economic Botany*, 66(3): 264–275
- Popa, A. 2012. Aspects of agricultural landscape as a cultural asset in metropolitan areas: case study for Bucharest city. *Vilnius Gedimino Technikos Universitetas* 4(2): 128-134
- Primdahl, J., Kristensen, L. S., Busck, A. G. 2013. The Farmer and Landscape Management: Different Roles, Different Policy Approaches. *Geography Compass* 7 (4): 300–314.
- Raintree, J. B. (ed). 1983. *Resources for Agroforestry Diagnosis and Design*. ICRAF Working Paper No. 7. ICRAF. Nairobi.
- Ruark, G. A., Schoeneberger, M. M., Nair, P. K. R. 2003. Roles for agroforestry in helping to achieve sustainable forest management. U.N. Forum on Forests (UNFF) Intersessional. Wellington, New Zealand.

Seaman, B. S., Schulze, C. H. 2010. The importance of gallery forests in the tropical lowlands of Costa Rica for understory forest birds. *Biol Conserv* 143:391–398

Zamora, S., García, J., Bonilla, G., Aguilar, H., Harvey, C., Ibrahim, M. 2001. Uso de frutos y follaje arbóreo en la alimentación de vacunos en la época seca en Boaco, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*. 8 (31):31