



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE BOTÁNICA

**IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES LEÑOSAS NATIVAS PROMISORIAS
PARA LA RESTAURACIÓN DE LA SELVA BAJA CADUCIFOLIA
DEL CENTRO DE VERACRUZ**

ALFONSO SUÁREZ ISLAS

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

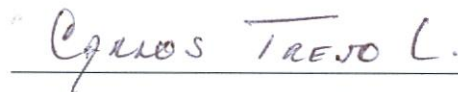
2011

La presente tesis titulada: **Identificación de especies leñosas nativas promisorias para la restauración de la selva baja caducifolia del centro de Veracruz**, realizada por el alumno: **Alfonso Suárez Islas**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS
BOTÁNICA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



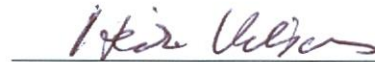
DR. CARLOS TREJO LÓPEZ

DIRECTORA DE TESIS



DRA. GUADALUPE WILLIAMS LINERA

ASESOR



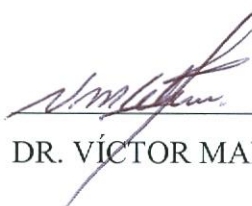
DRA. HEIKE VIBRANS LINDEMANN

ASESOR



DR. JUAN IGNACIO VALDEZ HERNÁNDEZ

ASESOR:



DR. VÍCTOR MANUEL CETINA ALCALÁ

Montecillo, Texcoco, México, Noviembre 2011

**IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES LEÑOSAS NATIVAS PROMISORIAS
PARA LA RESTAURACIÓN DE LA SELVA BAJA CADUCIFOLIA
DEL CENTRO DE VERACRUZ**

Alfonso Suárez Islas, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2011

Resumen

El objetivo de esta tesis fue identificar leñosas nativas de valor socioeconómico y ecológico para la restauración de la selva baja caducifolia de Paso de Ovejas, Veracruz. Se estudio: 1) el conocimiento local de las especies leñosas, a través de talleres y entrevistas y 2) el desempeño inicial de ocho de estas especies en un potrero degradado, plantadas en forma mixta así como en enriquecimiento. El estudio del conocimiento local arrojó un total de 76 especies citadas. Se analizaron los datos a través de índices de importancia cultural, percepción de escasez e importancia para fauna silvestre. Todas las especies mencionadas fueron útiles, las más importantes fueron fabáceas. Dos tercios del total se percibieron como escasas; el 70% fueron consideradas importantes para la fauna silvestre, principalmente moráceas. Se seleccionaron las especies que integraron la tercera parte superior de las que obtuvieron mejores puntajes en cada índice (17 especies). El experimento en la plantación mixta fue completamente al azar. Para el experimento de enriquecimiento se estableció a *Cedrela odorata* dentro de un acahual. Se evaluó la supervivencia, el diámetro a la base del tallo y la altura en seis ocasiones cada cuatro meses. Las ocho especies mostraron una respuesta diferencial en sus curvas de supervivencia a los 25 meses. *Leucaena lanceolata* fue la del mejor desempeño (78%), pero estadísticamente similar a las de *Maclura tinctoria* y *Chloroleucon mangense*. La curva de supervivencia de *Cedrela odorata* fue la menor (11%) y estadísticamente diferente a la de plantación en enriquecimiento (31%). En las tasas de crecimiento relativo en diámetro y altura no se detectaron diferencias estadísticas significativas entre las ocho especies de la plantación mixta; con *Cedrela odorata* ocurrió lo mismo en la comparación contra enriquecimiento. Los resultados sugieren que *Leucaena lanceolata*, *Maclura tinctoria* y *Chloroleucon mangense* son las más promisorias para plantaciones mixtas de restauración, mientras que *Cedrela odorata* lo es sólo en enriquecimiento.

Palabras clave: conocimiento local, desempeño de plantas, importancia cultural, plantación mixta, plantación de enriquecimiento

IDENTIFICATION OF PROMISING NATIVE WOODY SPECIES FOR RESTORATION OF THE TROPICAL DRY FOREST IN CENTRAL VERACRUZ

Alfonso Suárez Islas, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2011

Abstract

The aim of this thesis was to identify native woody species with socioeconomical and ecological value for the restoration of the tropical deciduous forest of Paso de Ovejas, Veracruz. The focus was to determine: 1) the local knowledge of woody species through workshops and interviews, and 2) the early performance of eight selected species in a degraded pasture, planted both in mixed and enrichment plantation. Local knowledge data were analyzed through indexes of cultural importance, perception of scarcity and importance for wildlife. Results on local knowledge showed a total of 76 woody species. All those species were useful; Fabaceae was the most important family. Two-thirds of total species were perceived as scarce, 70% were considered as important for wildlife, mainly the Moraceae. Seventeen species forming the top third part that scored higher in each index were selected but eight species were planted. The experimental design of the mixed plantation was completely random. In the enrichment experiment, *Cedrela odorata* was established in a secondary vegetation stand. Survival, diameter at the stem base and height were measured every four months, six times in total. The planted species displayed different survival curves at 25 months. *Leucaena lanceolata* showed the best performance (78%) but was statistically similar to *Maclura tinctoria* and *Chloroleucon mangense*. In mixed plantation, *Cedrela odorata* displayed the lowest survival curve (11%) which was statistically different than in the enrichment plantation (31%). Relative growth rates in diameter and height was statistically similar among the eight species growing in mixed plantation; also *Cedrela odorata* displayed the same growth in mixed and enrichment. The results suggest that *Leucaena lanceolata*, *Maclura tinctoria* and *Chloroleucon mangense* are the most promising species for restoration activities in mixed plantation whereas *Cedrela odorata* is recommended in enrichment plantation only.

Key words: cultural importance, enrichment, local knowledge, mixed plantation, seedling performance

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT, por la beca otorgada (No. 208226) para la obtención del doctorado. Al Colegio de Postgraduados por brindarme la oportunidad para continuar con mi formación académica. A la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo por la licencia y apoyo concedido. Al Instituto de Ecología AC, por aceptarme como tesista. A la Comisión Europea a través de INCO (International Cooperation) Proyecto ReForLan (CT2006-032132) por el financiamiento de una parte de la investigación.

A la Dra. Guadalupe Williams-Linera, por su atinada dirección, amistad, respaldo y ejemplo. Al Dr. Carlos Trejo López, por su amistad, enseñanzas y apoyo determinante para lograr esta meta. A los profesores que integraron mi consejo particular, Dra. Heike Vibrans, Dr. Juan Ignacio Valdez Hernández, Dr. Victor Manuel Cetina Alcalá, por sus enseñanzas y amistad.

Al Dr. Francisco Lorea y Biol. Claudia Gallardo del herbario XAL, por auxiliarme en la determinación botánica de algunas de las especies leñosas. Al Dr. Lauro López Mata por el asesoramiento para el análisis de los datos de supervivencia. A la Dra. Silvia López Ortiz y Dr. Felipe Gallardo López del Campus Veracruz, por sus valiosas referencias sobre la zona.

A los habitantes de los poblados de Acazónica, Angostillo, Dos Caminos, El Limón, Mata Mateo, Paso de Ovejas, Rancho Nuevo y Xocotitla; quienes amablemente y de manera generosa compartieron sus saberes sobre los árboles, la selva, la milpa y el ganado.

A la familia Molina Hernández de Paso de Ovejas, especialmente a los dos Aurelios, padre e hijo, por su cálida hospitalidad, amistad, generosidad y disposición para establecer las plantaciones de restauración en terrenos de su propiedad.

A la Dra. Claudia Álvarez Aquino, Biol. María de Jesús Peralta, MC Javier Tolome e Ing. Ignacio Salomón por toda la ayuda en el establecimiento y medición de las plantaciones de restauración; así como al Ing. Victor Carreto, Biol. Oscar Ponce y Antrop. María Elena Ramos Vásquez por su apoyo en los talleres participativos en las comunidades.

DEDICATORIAS

Dedico esta tesis a quienes en el acto de sembrar o plantar un árbol encuentran paz y alegría.

"Siembra un pensamiento y recogerás un anhelo; siembra un anhelo y recogerás un hecho;
siembra un hecho y lograrás un hábito, siembra un hábito y formarás un carácter;
siembra un carácter y recogerás un Destino"

Helena Petrovna Blavatsky

CONTENIDO

Lista de cuadros	viii
Lista de figuras	x
Introducción General	1
Objetivo general	4
Objetivos particulares	4
Hipótesis	5
Capítulo I Local knowledge helps select species for forest restoration in a tropical dry forest of Central Veracruz, Mexico	9
Abstract	9
Resumen	10
Introduction	11
Material and methods	14
Results	22
Discussion	36
Conclusions	42
References	44
Capitulo II Desempeño inicial de ocho especies arbóreas útiles del bosque seco en plantaciones de restauración en el centro de Veracruz, México	50
Resumen	50
Abstract	51
Introducción	52
Materiales y métodos	54
Resultados	60
Discusión	66
Conclusiones	71
Literatura citada	72
Conclusiones generales	76

LISTA DE CUADROS

Capítulo I Local knowledge helps select species for forest restoration in a tropical dry forest of Central Veracruz, Mexico

Table 1	The communities where five short workshops and two focus group meetings were conducted, number of inhabitants and number of workshop/focus group participants.	17
Table 2	Complementarity (%) of the native woody species mentioned in the five short workshops in the municipalities of Paso de Ovejas and Comapa, Veracruz, Mexico.	23
Table 3	Values of the indices for usefulness, scarcity and importance for wildlife (see text), for the ten most important species of each category.	28
Table 4	Species and local names of tropical dry forest trees in the study area of central Veracruz, Mexico.	29

Capitulo II Desempeño inicial de ocho especies arbóreas útiles del bosque seco en plantaciones de restauración en el centro de Veracruz, México

Cuadro 1	Características físicas y químicas del suelo (a una profundidad de 15 cm) en el terreno del ensayo de desempeño en campo, Rancho Xocotitla, Paso de Ovejas, Veracruz, México.	56
Cuadro 2	Valor promedio de temperatura y precipitación total durante las estaciones de secas, de lluvias y de nortes en el área de estudio.	56
Cuadro 3	Especies ensayadas en plantaciones de restauración de selva baja caducifolia en un potrero degradado del Rancho Xocotitla, Paso de Ovejas, Veracruz, México.	57
Cuadro 4	Características morfológicas de ocho especies arbóreas producidas en un vivero rústico en Paso de Ovejas, Veracruz, México.	58
Cuadro 5	Matriz de comparación entre pares de curvas de supervivencia	61

de ocho especies en plantación mixta a los 17 (renglón superior) y 25 meses (renglón inferior) en un potrero degradado en Paso de Ovejas, Veracruz, México.

- Cuadro 6** Número de plantas que presentaron muerte de parte aérea y rebrote (n=36 plantas por especie) en una plantación mixta en un potrero degradado de Paso de Ovejas, Veracruz, México. 64
- Cuadro 7** Tasa de crecimiento relativo en diámetro (TCR_{diam}) y en altura (TCR_{alt}) de ocho especies en plantación mixta a 17 y 25 meses del trasplante a campo, en un potrero degradado en Paso de Ovejas, Veracruz, México. 65
- Cuadro 8** Tasa de crecimiento relativo en diámetro (TCR_{diam}) y en altura (TCR_{alt}) de *Cedrela odorata* en plantación mixta y de enriquecimiento a 17 y 25 meses del trasplante a campo. 65

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I Local knowledge helps select species for forest restoration in a tropical dry forest of Central Veracruz, Mexico

- Fig. 1** Map showing the location of the study area in central Veracruz, Mexico. 15
- Fig. 2** Field work and agroforestry practices. 18
- Fig. 3** Accumulation curve of species mentioned by the informants during the short workshops in central Veracruz, Mexico. 22
- Fig. 4** Number of native woody species that provide food or shelter to wildlife, according to the informants interviewed during fieldwork in the municipalities of Paso de Ovejas and Comapa, Veracruz, Mexico. 27
- Fig. 5** Summary of the information on the most important woody species of the study area. 42

Capítulo II Desempeño inicial de ocho especies arbóreas útiles del bosque seco en plantaciones de restauración en el centro de Veracruz, México

- Fig. 1** Localización del área de estudio en el Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México. 55
- Fig. 2** Curvas de supervivencia (25 meses) de ocho especies leñosas plantadas en un potrero degradado en Paso de Ovejas, Veracruz, México. 62

INTRODUCCIÓN GENERAL

Al inicio de la colonización española en Mesoamérica, el ecosistema de bosque tropical seco se extendía de manera ininterrumpida de México a Panamá (Janzen 1988). Este tipo de bosque ha sido clasificado en México como selva baja caducifolia (SBC) por Miranda y Hernández-X (1963). En toda su área de distribución, la expansión de la frontera agrícola y ganadera ha sido reducida drásticamente, al grado de ser considerado como el ecosistema tropical en mayor peligro (Janzen 1988). Para México, Trejo y Dirzo (2000) estimaron que de las 26,955,500 ha de superficie original de SBC, para principios de los años 90's solo el 27% se encontraba en buen estado y el resto estaba convertida a otros usos (23%) o bajo algún grado de degradación (50%).

La SBC es un ecosistema de alto valor para la conservación en México y también una prioridad de conservación a nivel global (Challenger 1998; Dirzo et al. 2011; Miles et al. 2006; Newton y Tejedor 2011). Las SBCs del país están entre las más diversas de su tipo a nivel mundial (Dirzo 1992), y aun cuando la diversidad alfa sea baja en comparación con la selva alta perennifolia, alberga un porcentaje elevado de endemismo de especies de plantas, alrededor de un 60% (Rzedowski 1991). La alta concentración de taxa endémicos locales produce una alta diversidad de asociaciones florísticas, y por lo tanto la diversidad beta es muy alta (Trejo y Dirzo 2002). La diversidad de especies de la SBC representa un alto potencial de especies útiles para el ser humano, como medicinales, maderables, comestibles y ornamentales. Además la SBC es hábitat de animales en peligro de extinción, como el puma y el jaguar (Balvanera et al. 2000). Por otra parte, la SBC junto con otros tipos de selvas del trópico subhúmedo, son el hábitat de los parientes silvestres de varios de los cultivos principales de México como el maíz, el frijol y la calabaza (Challenger 1998). Por ello, el desarrollo de programas efectivos de restauración de la SBC son una prioridad urgente (Trejo y Dirzo 2000; Quesada et al. 2009; Newton y Tejedor 2011).

En la vertiente oriental de México, la SBC se distribuye en tres áreas aisladas: el sur de Tamaulipas, el centro de Veracruz y el norte de la Península de Yucatán (Rzedowski 1978). Para la parte central de Veracruz, Rzedowski (1978) había estimado que este tipo de bosque

estaba destruido completamente y sustituido por matorrales y comunidades secundarias. Un estudio histórico de los cambios en el uso del suelo, muestra que a partir del reparto agrario (décadas de los 20's y 30's), las actividades agropecuarias y el incremento de la población fue fragmentando la superficie de la SBC (Ortiz et al. 2011); posteriormente en la década de los 90's, el área forestal disminuyó marcadamente propiciado por los incentivos federales a las actividades agropecuarias (Montero-Solano 2009). López-Barrera¹ (com. pers. 2010) estima que aún permanece un 7% de la cobertura original de SBC, aunque una tercera parte es vegetación secundaria (basado en INEGI III).

En el Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, se han localizado fragmentos de este bosque. Algunos estudios previos destacan una alta diversidad florística, así como la presencia de endemismos y especies amenazadas en la región, lo cual subraya la gran importancia de su conservación y restauración (Medina y Castillo-Campos 1993; Williams-Linera y Lorea 2009).

Las políticas públicas nacionales y estatales orientadas a contrarrestar la deforestación se han enfocado en programas de apoyo para el establecimiento de plantaciones forestales, tanto comerciales como de restauración, pero no se ha aprovechado aún la amplia diversidad de especies nativas, pues se han establecido con un número reducido de especies, muchas de ellas exóticas (Carabias et al. 2007). En el caso de la zona central de Veracruz, la reforestación se ha basado en especies maderables como *Cedrela odorata*, *Tabebuia rosea*, *Tabebuia donnell-smithii*, *Gmelina arborea* y *Tectona grandis*, las tres últimas introducidas. Estas especies se prefieren por el valor económico de su madera, porque se conocen algunos aspectos de su silvicultura y los viveros locales tienen planta disponible (Benítez et al. 2002; Benítez et al. 2004). Pero, los objetivos de la restauración ecológica son retornar al sistema degradado a alguna forma de cobertura que sea protectora, productiva, estéticamente agradable o valiosa para la conservación y que sea sostenible a largo plazo (Hobbs y Norton 1996). Por lo tanto, las especies forestales a utilizar deberían contribuir efectivamente a alcanzar estos objetivos y no solamente uno de tipo económico.

¹ Instituto de Ecología AC, Red temática de Ecología Funcional, Xalapa, Veracruz, México.

Las plantaciones forestales con especies nativas son una buena estrategia de restauración ecológica en paisajes agropecuarios. Pueden actuar como aceleradoras o catalizadoras de la sucesión forestal, contribuir a la recuperación de la biodiversidad y la productividad del suelo, así como a la absorción de carbono atmosférico; además pueden cumplir una función social y económica (Lamb y Gilmour 2003; Montagnini 2001; Montagnini 2005). Se prefieren especies leñosas nativas, debido a que están adaptadas al sitio, no hay peligro que se vuelvan invasivas y son recursos de interés para la población local por los productos y servicios que ofrecen (Montagnini et al. 2006). La selección de las especies adecuadas al sitio y que cumplen con los objetivos planteados es un requisito esencial para establecer una plantación forestal con éxito, ya que este tipo de plantaciones implican una inversión de recursos económicos y sociales por un periodo de tiempo largo (Evans 1992).

La selección de las especies para restauración de bosques puede hacerse a partir de la revisión de la información procedente de literatura científica y técnica, para conocer el proceso de sucesión secundaria e identificar los procesos ecológicos clave, así como las especies que pueden catalizar la restauración de áreas deforestadas (Griscom et al. 2009; Lamb y Gilmour 2003; Sampaio et al. 2007; Viera y Scariot 2006). Pero, también es importante la incorporación de especies útiles para la población local, ya que esto contribuye a la aceptación social de la reforestación (Cervantes et al. 1996). Es frecuente que las especies arbóreas seleccionadas sean inapropiadas cuando no se toma en cuenta la adaptabilidad a las condiciones ecológicas del sitio, ni los objetivos y preferencias de los productores (Simons y Leakey 2004).

A nivel internacional existen experiencias como en el caso del norte de Etiopía (Reubens et al. 2011), donde el conocimiento local fue uno de los criterios de selección de especies leñosas entre varias fuentes de información, el proceso fue abordado a través del análisis de decisiones multicriterio. En México, la selección de especies leñosas para restauración con base en el conocimiento local es relativamente reciente y existen pocos antecedentes. Algunos ejemplos son los de Montagnini et al. (2008) en el Estado de Hidalgo y en Morelos (Alavez-Vargas (2011) y Bonfil et al. (2009) en la Estación de Restauración Ambiental “Barrancas del Río Tembembe” de la Universidad Nacional Autónoma de México).

El desempeño en campo y el efecto restaurador de las especies en el ecosistema son las características de mayor peso para la selección de aquellas que tienen mayor potencial. Además, el éxito en la restauración de las SBCs puede ser aumentado con prácticas como la siembra o plantación al inicio de las lluvias, la siembra directa después de una lluvia constante durante el periodo húmedo y el manejo de la vegetación competitiva en las plantaciones (Vieira y Scariot 2006; Williams-Linera et al. 2011). Aunque algunos esfuerzos han dado buenos resultados iniciales, la falta de cuidados después de la plantación y la selección inadecuada de las especies, conduce posteriormente a bajas tasas de supervivencia (Aerts et al. 2007).

En el proceso inicial de selección de las especies a utilizar para la restauración de ecosistemas forestales se deben considerar dos aspectos importantes: 1) el conocimiento local sobre las especies, que puede contribuir aportando información ecológica, sobre su uso y manejo; y 2) el desempeño de este material en el campo, lo que indica la capacidad de establecerse.

La investigación propuesta en este trabajo pretende contestar las siguientes preguntas:

¿Qué especies leñosas nativas son promisorias para la restauración de la SBC con base en el conocimiento local?

¿Cuál es el conocimiento local que se tiene sobre estas especies leñosas?

¿Cuál es el desempeño inicial de algunas de estas especies bajo diferentes técnicas de plantación?

Objetivos:

General

Identificar especies leñosas nativas de valor socioeconómico y ecológico promisorias para la restauración de la selva baja caducifolia del Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México.

Particulares

1. Seleccionar especies leñosas nativas de alto valor ecológico y socioeconómico promisorias para la restauración de la SBC con base en el conocimiento local.

2. Evaluar el desempeño inicial de algunas de estas especies en una plantación mixta y una de enriquecimiento.

Hipótesis:

1. El conocimiento local contribuye a seleccionar especies promisorias para la restauración de la SBC.
2. Hay diferencias significativas en el desempeño en campo entre especies y sistemas de plantación.

La tesis se compone de cuatro partes. La primera consiste de una introducción general a la tesis en la que se exponen los antecedentes, el contexto de la investigación y los objetivos general y específicos. En el Capítulo I se presenta la investigación sobre el conocimiento y la preferencia de los habitantes locales de la región de Paso de Ovejas por un conjunto de especies arbóreas representativas de la selva baja caducifolia. En el Capítulo II se exponen dos estudios experimentales sobre la propagación y el establecimiento de plantas de especies arbóreas nativas para la restauración de la SBC en un potrero abandonado, y se analiza el efecto de utilizar especies nativas que fueron producidas en un vivero rústico del cual se obtuvo plantas de buena calidad. En la parte final sobre conclusiones generales, se hace una síntesis de los capítulos anteriores y se presenta una discusión general en torno a los alcances de la restauración ecológica en entornos de SBC. Se hace particular énfasis en la necesidad de involucrar y consultar a la población local, y en la cuidadosa selección de especies y su posterior manipulación y cuidado en campo, se discuten las implicaciones y utilidad de los resultados obtenidos en el manejo de especies arbóreas nativas en potrero abandonado en área de SBC y se finaliza con recomendaciones y observaciones para futuras investigaciones al respecto.

Literatura citada

- Aerts R, Negussie A, Maes W, November E, Hermy M, Muys B (2007) Restoration of dry afro-montane forest using pioneer shrubs as nurse-plants for *Olea europea* ssp. *cuspidata*. *Rest Ecol* 15: 129–138
- Alavez-Vargas M, Bonfil C, Garcia-Barrios R (2011) Especies arbóreas útiles para la restauración ecológica de un territorio indígena del centro de México. *In: Vargas Ríos O, Reyes BSP (Eds.) Memorias del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica*

- y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración Ecológica. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, DC, Colombia pp 230-238
- Balvanera P, Islas A, Aguirre E, Quijas S (2000) Las selvas secas. *Ciencias* 57: 18-24.
- Benítez G, Equihua M, Pulido-Salas MT (2002) Diagnóstico de la situación de los viveros oficiales de Veracruz y su papel para apoyar programas de reforestación y restauración. *Rev Chaping Ser Cienc Forest Ambient* 8(1): 5-12
- Benítez G, Pulido-Salas MT, Equihua M (2004) Árboles multiusos nativos de Veracruz para reforestación, restauración y plantaciones. Instituto de Ecología AC., Sistema de Investigación del Golfo de México, Comisión Nacional Forestal. Xalapa, Veracruz, México.
- Bonfil C, Tobón Niedfeldt W, Ulloa Nieto J, García Flores J, García-Barrios R (2009) La restauración ecológica de bosques tropicales secos: El caso de la Barranca del río Tembembe, Morelos (México). *Bol de la Red Iberoamericana y del Caribe de Rest Ecol* 3: 2–6
- Carabias J, Arriaga V, Cervantes Gutiérrez V (2007) Las políticas públicas de la restauración ambiental en México: limitantes, avances, rezagos y retos. *Bol Soc Bot Mex* 80 (Suplemento): 85-100
- Cervantes V, Arriaga V, Carabias J (1996) La problemática socioambiental e institucional de la reforestación en la Región de la Montaña, Guerrero, México. *Bol Soc Bot Mex* 59: 67-80
- Challenger A (1998) Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: Pasado, presente y futuro. CONABIO, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Agrupación Sierra Madre, México, DF.
- Dirzo R (1992) Diversidad florística y estado de conservación de las selvas tropicales de México. In: Sarukhán J, Dirzo R (Eds), México ante los Retos de la Biodiversidad. CONABIO, México, DF. 283–290
- Dirzo R, Young HS, Mooney HA, Ceballos G (2011) Seasonally Dry Tropical Forest, Ecology and Conservation. Island Press, Washington DC. 392 pp.
- Evans J (1992) Plantation forestry in the tropics. Second ed. Clarendon Press, Oxford, UK
- Griscom HP, Griscom BW, Ashton MS (2009) Forest regeneration from pasture in the dry tropics of Panama: effects of cattle, exotic grass, and forested riparia. *Rest Ecol* 17: 117–126
- Hobbs RJ, Norton DA (1996) Towards a conceptual framework for restoration ecology. *Rest Ecol* 4: 93-110.
- Janzen DH (1988) Tropical dry forests the most endangered major tropical ecosystem. In: Wilson, E.O. (ed.), Biodiversity. National Academy Press, Washington DC pp: 130–137
- Lamb D, Gilmour D (2003) Rehabilitation and restoration of degraded forest. IUCN – WWF. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido. 110 pp.
- Medina AME, Castillo-Campos G (1993) Vegetación y listado florístico de la Barranca de Acazónica, Veracruz, México. *Bol Soc Bot Mex* 57: 73-111

- Miles L, Newton AC, DeFries RS, Ravilious C, May I, Blyth S, Kapos V, Gordon JE (2006) A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *J Biogeogr* 33: 491-505
- Miranda F, Hernández-X E (1963) Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Bol Soc Bot Mex* 28: 29-179
- Montero Solano JA (2009) El papel de las políticas públicas en el cambio de uso de suelo en el centro de Veracruz: hacia la restauración del paisaje forestal, la conservación de la biodiversidad y el desarrollo sustentable. M en C. Tesis, Universidad Anahuac, Xalapa, México.
- Montagnini F (2001) Strategies for the recovery of degraded ecosystems: experiences from Latin America. *Interciencia* 26: 498-503
- Montagnini F (2005) Plantaciones forestales con especies nativas. Una alternativa para la producción de madera y la provisión de servicios ambientales. *Rev Rec Nat y Ambient* 43: 26-33.
- Montagnini F, Eibl B, Fernández R (2006) Rehabilitation of degraded lands in Misiones, Argentina. *Bois et Forêts des Tropiques* 288: 51-65
- Montagnini F, Suárez A, Santana MR (2008) Participatory approaches to ecological restoration in Hidalgo, Mexico *Bois et Forêts des Tropiques* 295 (1): 5-20
- Newton AC, Tejedor N (Eds.). (2011) Principles and practice of forest landscape restoration: Case studies from the drylands of Latin America. UICN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido
- Ortiz J, López-Barrera F, Callejas J, Manson RH (2011) Recuadro 2.4 A historical reconstruction of land use patterns from 1920 to 1960 in communal lands of Paso de Ovejas, Veracruz, Mexico. In: Newton AC, Tejedor N (Eds.) Principles and practice of forest Landscape restoration: case studies from the drylands of Latin America. UICN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido
- Quesada M, Sánchez-Azofeifa GA, Alvarez-Anorve M, Stoner KE, Avila-Cabadilla L, Calvo-Alvarado J, Castillo A, Espirito-Santo MM, Fagundes M, Fernandes GW, Gamon J, Lopezaraiza-Mikel M, Lawrence D, Morellato LPC, Powers JS, Neves FD, Rosas-Guerrero V, Sayago R, Sánchez-Montoya G (2009) Succession and management of tropical dry forests in the Americas: review and new perspectives. *For Ecol Manage* 258: 1014–1024.
- Reubens B, Moeremans C, Poesen J, Nyssen J, Tewoldeberhan S, Franzel S, Deckers J, Orwa C, Muys B (2011) Tree species selection for land rehabilitation in Ethiopia: from fragmented knowledge to an integrated multi-criteria decision approach. *Agroforest Syst*. DOI 10.1007/s10457-011-9381-8
- Rzedowski J (1978) Vegetación de México. Limusa. México, D.F. 432 p.
- Rzedowski J (1991) El endemismo de la flora fanerogámica de México: una apreciación analítica preliminar. *Acta Bot Mex* 15: 47–64
- Sampaio AB, Holl KD, Scariot A (2007) Does restoration enhance regeneration of seasonal deciduous forests in pastures in central Brazil? *Restor Ecol* 15: 462–471

- Simons AJ, Leakey RRB (2004) Tree domestication in tropical agroforestry. *Agroforest Syst* 61:167–181
- Trejo I, Dirzo R (2000) Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. *Biol Cons* 94: 133-142
- Trejo I, Dirzo R (2002) Floristic diversity of Mexican seasonally dry tropical forests. *Biodivers Cons* 11: 2063–2084
- Vieira DLM, Scariot A (2006) Principles of natural regeneration of tropical dry forests for restoration. *Restor Ecol* 14: 11–20
- Williams-Linera G, Lorea F (2009) Tree species diversity driven by environmental and anthropogenic factors in tropical dry forest fragments of central Veracruz, Mexico. *Biodivers Conserv* 18:3269-3293
- Williams-Linera G, Alvarez-Aquino C, Suárez A, Blundo C, Smith-Ramírez C, Echeverría C, Cruz-Cruz E, Bolados G, Armesto JJ, Heinemann K, Malizia L, Becerra P, del Castillo RF, Urrutia R (2011) Experimental analysis of dryland forest restoration techniques. In: Newton AC, Tejedor N (Eds.). *Principles and practice of forest landscape restoration: Case studies from the drylands of Latin America*. IUCN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido, pp 131-181

CAPITULO I

LOCAL KNOWLEDGE HELPS SELECT SPECIES FOR FOREST RESTORATION IN A TROPICAL DRY FOREST OF CENTRAL VERACRUZ, MEXICO²

Abstract

Species for restoration forestry on degraded lands in the tropics are often restricted to a few well-known exotic timber species. This selection frequently leads to failed projects, as local people expect trees to cover a number of uses, not only timber. We studied local knowledge of the usefulness, scarcity and importance for wildlife of native tree species in central Veracruz, Mexico, a region with mainly secondary vegetation and remnants of tropical dry forest. Data were obtained from several workshops, in depth interviews of 40 key informants, field walks with informants, and botanical collections. Analysis included indices for cultural importance, scarcity and wildlife relevance. We documented 76 species in one or more of the categories, from primary, secondary, agroforestry and riparian habitats. Fabaceae was the most important family. All of the species were useful for humans, mainly for rural construction, food, fence posts and fuel. Two thirds of the species were considered scarce though they were not necessarily rare - some were highly useful, overexploited species with populations insufficient for demand; this category included five of the ten most important species culturally. Also, two-thirds of the tree taxa were considered important for wildlife, especially species of Moraceae. The study shows that the local population is highly aware of the varying functions of trees in the landscape. However, few of the important species are available from regional nurseries. We propose a number of species for restoration forestry, agroforestry systems and enrichment plantings that would be valued by landowners.

Key words: cultural importance, ecological restoration, ethnobotany, participatory research, secondary vegetation, useful plants, wildlife

² Publicado como artículo: Suárez A, Williams-Linera G, Trejo C, Valdez-Hernández JI, Cetina-Alcalá VM, Vibrans H (2011) Local knowledge helps select species for forest restoration in a tropical dry forest of central Veracruz, Mexico. *Agroforest Syst.* DOI 10.1007/s10457-011-9437-9

EL CONOCIMIENTO LOCAL AYUDA EN LA SELECCIÓN DE ESPECIES PARA LA RESTAURACION DE LA SELVA BAJA CADUCIFOLIA DEL CENTRO DE VERACRUZ

Resumen

Las especies para la restauración de bosques tropicales degradados están frecuentemente limitadas a unas pocas especies maderables exóticas bien conocidas. Muchos proyectos basados en especies exóticas han fracasado, ya que por lo general la población local demanda especies que cubran una serie de usos y no solo el maderable. Se estudió el conocimiento local sobre la utilidad, escasez e importancia para la fauna silvestre de especies nativas de la selva baja caducifolia y su vegetación secundaria, en la parte central de Veracruz, México. La información fue obtenida a partir de talleres participativos, entrevistas con 40 informantes clave, recorridos de campo con informantes y recolectas botánicas. El análisis incluyó el cálculo de índices de importancia cultural, percepción de escasez e importancia para la fauna silvestre. Se documentaron 76 especies de bosque primario, vegetación secundaria, sistemas agroforestales y vegetación riparia, incluidas en una o más de las tres categorías estudiadas. La familia Fabaceae fue la más importante. Todas las especies fueron útiles, principalmente en la construcción rural, como alimento, postes para cercas y combustible. Las especies consideradas como escasas constituyeron dos tercios del total registrado, aunque no significa necesariamente que sean raras, más bien han sido sobreexplotadas; en esta categoría se encuentran cinco de las diez más importantes desde el punto de vista cultural. Así mismo, dos terceras partes de los taxa fueron considerados importantes para la fauna silvestre, especialmente de la familia Moraceae. Este estudio mostró que la población local está muy consciente de las múltiples funciones de los árboles en el paisaje. Sin embargo, solo unas pocas de las especies más importantes están disponibles en los viveros regionales. Se proponen algunas especies para restauración de bosques, sistemas agroforestales y plantaciones de enriquecimiento, que podrían ser valiosas para los propietarios de terrenos degradados.

Palabras clave: importancia cultural, restauración ecológica, etnobotánica, investigación participativa, plantas útiles, fauna silvestre

Introduction

Forestry plantations on degraded or deforested land are a strategy to recover biodiversity and soil productivity in agricultural and ranching landscapes; they act as a facilitator for forestry succession. Trees can be planted in lines, groups or as a component of agroforestry and silvopastoral systems (Lamb et al. 2005; Montagnini 2001). Generally, the use of native species is preferable, because they are already adapted to the environment, and are not a risk as an invasive species. Also, well-managed plantations of native trees can play an important social and economic role, by providing numerous goods known to and useful for the local population, as well as shelter and food for wildlife (Montagnini 2005). Mixed plantations with native species may also offer some ecological and economic advantages (Piotto et al. 2004a), be more sustainable and less prone to catastrophic damage by pests and diseases.

Selecting appropriate species for any kind of forestry plantation involves two basic principles: an adequate adaptation to the environmental conditions and compliance with the aims of production and/or conservation. This decision is a key factor for success, as forestry plantations absorb a great deal of human and financial resources for a long period of time (Evans 1992). Also, it is important to consider the “founder effect” of the planted species since they will influence the direction of ecological succession (Lamb and Gilmour 2003; the founder effect refers to the effect of the genetic composition of small initial populations on the characteristics of resulting larger populations). A bad decision in species selection that does not take into account landowner interests may also discourage tree planting among the farmers (Cervantes et al. 1996; Mekoya et al. 2008). In Mexico, after government programs have promoted exotic species for six decades, since the 90’s the focus of reforestation has partly changed to promoting the use of native species (Carabias et al. 2007).

Decisions on species selection are usually made by technicians in charge of reforestation and restoration programs, based on published information or their own experience. This practice, however, ignores local knowledge and the needs of local communities, and often leads to failures because of the lack of interest of the local population (Mekoya et al. 2008).

Various authors have proposed that traditional resource management systems and the ecological knowledge of local people can be integrated into strategies and methods of rehabilitation and conservation of tropical forests (Diemont et al. 2006; Levy 2000; Levy and Golicher 2004; Monroy-Ortiz et al. 2009). A participative approach would improve adoption of multipurpose species in agroforestry and reforestation (Mekoya et al. 2008; Montagnini et al. 2008).

Several studies from the Mesoamerican dry tropics have shown that local farmers often prefer native species for plantations to exotics, for economic or environmental reasons (Garen 2009; Piotto et al. 2004b). Analysis of local knowledge of vegetation dynamics and species preference helps to identify priority species (Lykke et al. 2004). In the Philippines, ethnobotanical studies identified species with social and ecological importance, in order to integrate them in agroforestry systems that are analogous to natural forests (Langenberger et al. 2009).

The tropical dry or deciduous forest is a vegetation type known from semiarid to subhumid tropical regions with a dry season of 5-8 months (Mooney et al. 1995; Murphy and Lugo 1986). In Mexico, it is called “selva baja caducifolia” by Miranda and Hernández-X. (1963) and “bosque tropical caducifolio” by Rzedowski (1978). The area potentially covered by this type of vegetation in Mexico is approximately 270,000 km² (14 % of the land cover). However, at the beginning of the 1990s just 27% remained intact, 50% was disturbed to different degrees and 23% had been converted to agricultural and pastureland (Trejo and Dirzo 2000).

Deforestation and land-use change in this kind of forest lead to the loss of valuable biological resources which are the base for survival of human populations in marginal areas (Bye 1995; Challenger 1998). Also, the loss of forest cover reduces resources to face a reduction in rainfall and increases in temperature predicted as a consequence of global climate change (Miles et al. 2006; Villers-Ruiz and Trejo-Vázquez 1997).

The tropical dry forest is not well-represented along the relatively humid Gulf coast of Mexico, where Veracruz is located (Rzedowski 1978). Despite its relative rarity, it is remarkable for its structural and floristic diversity, its level of endemisms and number of endangered species (Castillo-Campos 2003; Castillo-Campos et al. 2005; Medina and Castillo-Campos 1993; Williams-Linera and Lorea 2009; Zacarías 2007). It is a priority area for conservation as part of the migration corridor of birds of prey between North and Central America (Arriaga et al. 2000), and one of the richest areas in reptiles (Flores-Villela 1993). In the center of Veracruz, like in other areas of tropical dry forest, this type of vegetation has been fragmented and severely degraded by human activities, and has been replaced by secondary communities and shrubland (Rzedowski 1978).

In the region of Paso de Ovejas, Veracruz, governmental institutions have promoted both commercial plantations and restoration forestry but they have focused on commercial timber species, such as *Cedrela odorata*, *Tabebuia rosea*, *Tabebuia donnell-smithii* Rose, *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm. and *Tectona grandis* L.f. (complete scientific names of the species in the study area can be found in the tables). The first two are native and the latter three are introduced. These species are preferred by government projects because seed is easily available and their management well-known.

The use of these few species contrasts with the floristic richness found in both the remaining fragments of forest (Medina and Castillo-Campos 1993; Williams-Linera and Lorea 2009; Zacarías 2007), the secondary vegetation (Hernández 2008) and in the agro-silvopastoral and silvopastoral systems of the region (Bautista 2009). Also, locally known trees provide numerous benefits to the local population (Couttolenc-Brenis et al. 2005; Leyva 2006), apart from timber. Integrating more native species in reforestation programs is an opportunity to promote the biodiversity conservation of woody species, but also to benefit local communities.

This study is part of an international collaborative research project, ReForLan, focusing on the restoration of dryland forest landscapes for biodiversity conservation and rural development in Latin America (Newton 2008). Some previous work on restoration forestry has been carried

out in Veracruz (e.g. in cloud forest, Pedraza and Williams-Linera 2003; Alvarez-Aquino et al. 2004), and only recently in dry forests, and as part of the ReForLan project (Williams-Linera and Alvarez-Aquino 2010). Other workers experimented with species of the humid tropical forests. A very useful synthesis of the knowledge on native Mesoamerican forestry species, including dry forests, is the manual by Cordero and Boshier (2003).

Our general objective was to select woody species for tropical dry forest restoration, based on local knowledge. The selection should address both the economic interests of local communities (useful species), and conservation objectives (scarce species and those important for wildlife), according to local peoples' perceptions. Participatory surveys determined local patterns of use and the social, cultural and economic value of dry forest resources to local communities, and identified priority forest tree species for restoration. This study employs simple methods that can be used to incorporate local knowledge in the process of species selection for restoration forestry.

Materials and methods

Study area

The study area is located in the center of Veracruz State, Mexico, in six rural communities (Table 1) belonging to the municipalities of Paso de Ovejas and Comapa (19° 10' to 19° 18' N, 96° 25' to 96° 40' W, altitude 40 m near Mata Mateo to 480 m near Dos Caminos, Fig. 1). The region is hilly and is crossed from SW to NE by the Paso de Ovejas river canyon.

The dominant vegetation used to be tropical dry forest ("selva baja caducifolia") on the hills, and tropical semi-evergreen forest ("selva mediana subperennifolia") in the canyons and along rivers (Medina and Castillo-Campos 1993). Today, the region is covered mainly by tropical pastures, agricultural lands and secondary vegetation. The climate is warm and sub-humid with a long dry season of seven to eight months and a summer with rainfall between June and October. Average annual precipitation is 973 mm and evaporation 1466 mm; annual average

temperature is 24.8 °C with an average minimum and maximum of 18.7 and 30.7 °C, respectively (CNA 2008).

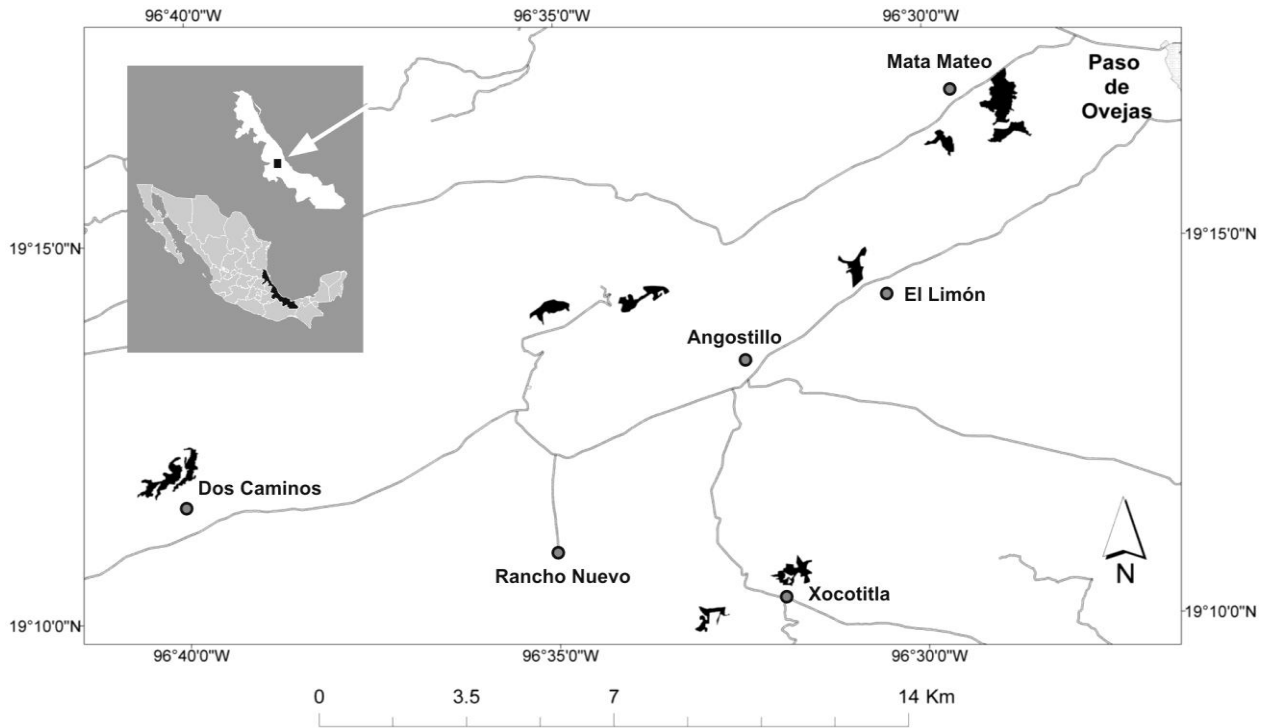


Fig. 1 Map showing the location of the study area in central Veracruz, Mexico. Short workshops were conducted in Mata Mateo, Angostillo, Dos Caminos, Rancho Nuevo and Xocotitla; the two focus group meetings were conducted in El Limon. Forest fragments studied by Williams-Linera and Lorea (2009) in the area are represented as *dark polygons*.

The main economic activity in the communities of the study area is agriculture and cattle ranching. The livestock farmers occupy almost 80% of the land, with about one to 10 ha per ranch; the land rights are of the “ejido” type, a kind of cooperative with usufruct rights (Linea 2008). The main crops are maize, beans and papaya; broom sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) is also grown, as are chilis, mangos and tamarinds (Gallardo-López et al. 2002). The cattle are double-purpose hybrids (*Bos taurus* x *Bos indicus*), held on grasslands of introduced African grasses. Guinea, *Panicum maximum* Jacq., and jaragua, *Hypharrenia rufa* (Nees) Stapf, are dominant (Bautista 2009). In general, the herds have one to 10 heads (Línea 2008).

Ranching and farming are commonly integrated, and include agrosilvopastoral (maize, trees and cattle) and silvopastoral (trees, grass and cattle) systems (Bautista 2009).

Short workshops in the rural communities and interviews

The rural communities were selected for being located near forest fragments, where farmers would use forest resources and have a better knowledge of trees (Leyva 2006). In these villages, many farmers have established forestry plantings, mainly linear ones on the edges of pastures, taking advantage of government programs. These communities could play a major role in the management and conservation of remainder forests; local knowledge and interest are important factors for creating viable biological corridors (Bennett 2003). However, they have not been a particular focus of government interventions or programs.

First, permission for the study was obtained from local authorities. The work with the communities initiated with short workshops. Local authorities invited ejido members and the general public to a meeting, where a brief project presentation was followed by an explanation of the importance of native woody species. The participants were queried on their knowledge of woody species (trees and shrubs) in three categories: 1) Useful (“útil”), including all of the local uses, 2) Scarce (“escaso”), species that were perceived to have a low abundance, and 3) Valuable for wildlife (fauna) (“valioso para animales silvestres”), as a source of food or shelter.

We conducted five workshops with a total of 95 participants (Table 1; Fig. 2), 80% male and 20% female. This gender imbalance is due to the fact that mainly men go to meetings, but also work in the pastures and forest remnants. Ages ranged from 12 to 84 yr; most (57%) were men over 39 yr of age. The key informants (see below), 36 men and 4 women, were all older than 39.

The workshops were conducted as an open group interview (Geilfus 1998). Three questions were asked in writing: Which native trees are useful? Which native trees are scarce? Which native trees are beneficial for wildlife? Cards of three different colors (one for each question)

were handed out, and participants annotated their name and age, as well as the local names of all trees in the category. Open discussion was allowed. People who could not write indicated their answers to a research assistant. The individuals who listed most names or novelties were considered key informants, and their help was solicited for field walks, in order to find and collect the trees and to supplement the preliminary lists.

Table 1 The communities where five short workshops and two focus group meetings were conducted, number of inhabitants and number of workshop/focus group participants.

Community	Municipality	Inhabitants*	Participants in workshops		
			Females	Males	Sum
A. Short workshops					
Angostillo	Paso de Ovejas	689	2	17	19
Dos Caminos	Comapa	118	4	7	11
Mata Mateo	Paso de Ovejas	124	12	12	24
Rancho Nuevo	Paso de Ovejas	364	1	21	22
Xocotitla	Paso de Ovejas	243	0	19	19
B. Workshop with focus group					
El Limón (2 meetings)	Paso de Ovejas	300	2	5	7

*Source: INEGI (2009)

About three-quarters of the key informants were identified during the workshops; a few other key informants were found by recommendations or through encounters in the field, for a total of 40 interviews and 35 field walks between May 2007 and November 2008.

Key informants were questioned more systematically with semistructured interviews on the use and management of the woody plants, and wild animals associated with them. Additional information on the use of species was gathered from two focus group meetings organized together with the anthropologist María Elena Ramos Vásquez at the El Limón community.

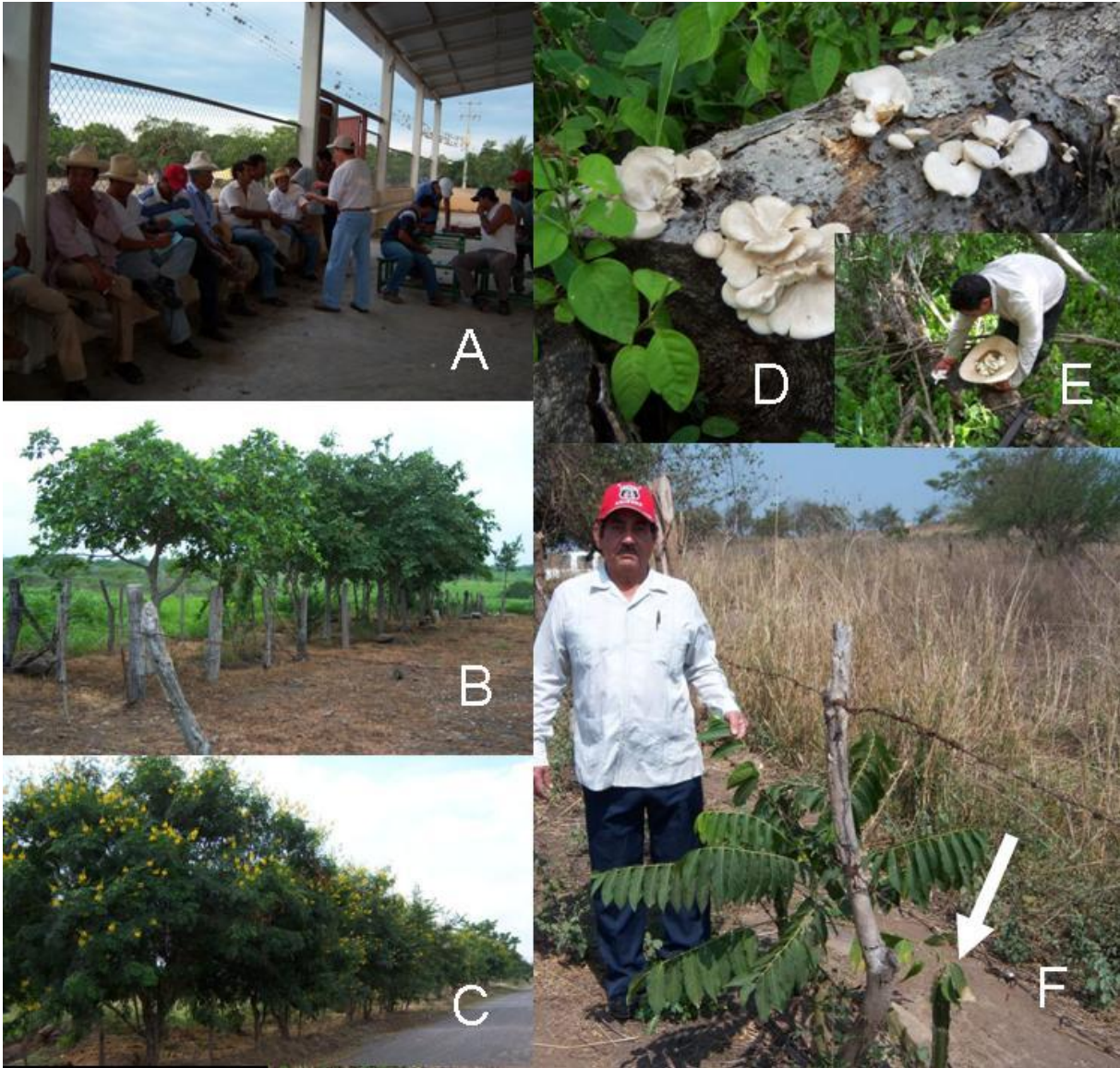


Fig. 2 Field work and agroforestry practices. A. Workshop in Xocotitla, Veracruz. B. Young trees of various species of *Ficus*, protected by a fence and irrigated during the dry season. *Ficus* is planted as a shade tree for cattle. C. Naturally regenerating *Caesalpinia cacalaco*, transplanted to form a living fence. D. *Pleurotus* mushrooms on a felled *Ipomoea wolcottiana* (“patancán”) trunk. E. Mushroom collection. F. A recently transplanted cedro (*Cedrela odorata*) from a nursery, protected against cattle by an also transplanted cactus (“cruceta”) (arrow).

Field walks and collection of vouchers

Botanical vouchers were collected based on the common names obtained in the workshops and additional indications by the key informants, during walks in the field (agricultural and pasturelands, secondary vegetation and forest fragments). The trees were classified as typical of mature forests (“matas”), secondary forests (“acahuales”), gallery forests and agroforestry systems by the informants; these classifications were verified by direct observation. Also, photographs were taken of the trees, relevant parts, management practices and products. The species were identified by the first author at the XAL herbarium, with specialized literature and reference to the herbarium; the first set has been deposited at XAL and the second set at CHAPA. The genera were assigned to families based on the taxonomy of the Angiosperm Phylogeny Group (2003).

Information analysis

The information was systematized in Microsoft Excel spread sheets. Cacti and agaves were included in the analysis, and exotic fruit trees cultivated exclusively in home gardens were excluded, though several of them were mentioned in the workshops. The main categories were those of the interviews: species that are useful, scarce, or important for wildlife.

Species richness

The efficiency of data collection in the workshops was estimated with a non-parametric estimator for expected species accumulation curves (Chao 1) using the EstimateS versión 7.5 software (Colwell 2005), with the pre-established options of the program. This estimator has been evaluated repeatedly for ecological purposes and proved to be relatively reliable (Chao 1984; Colwell and Coddington 1994; and in our region López-Gómez and William-Linera 2006). Also, the software permitted comparison of the fit of the data with various estimators and Chao1 showed the best fit. Ecological concepts and methods are often useful for understanding human-environment interactions (Begossi 1996). The Chao 1 estimates the total

number of existing species, based on data obtained from vegetation surveys (or, in our case, interviews), using abundance data and the number of rare species in the sample.

$$S_{\text{Chao1}} = S_{\text{obs}} + F_1^2 / 2F_2$$

Where S is the species number in a sample, F_1 is the species number mentioned once (*singletons*) and F_2 is the species number mentioned twice (*doubletons*) (Colwell and Coddington 1994). Sampling effort in this analysis was the number of workshops; they were plotted on the abscissa of the species accumulation curve. Complementarity (the opposite of similarity; Colwell and Coddington 1994) was calculated in order to evaluate dissimilarity between workshops. The complementarity varies from 0% when both lists are identical to 100% when the lists are completely different. We used the following formula (Colwell and Coddington 1994):

$$C = [(S_j + S_k - 2V_{jk}) / (S_j + S_k - V_{jk})] \times 100$$

Where S_j and S_k are the number of species at the workshop j and k , and V_{jk} is the number of species in common between both events.

Useful species

A number of indices have been proposed to evaluate the cultural importance or significance of species; they are based mainly on characteristics of their use (Lucena *et al.* 2007; Pieroni 2001; Turner 1988) and often incorporate an evaluation by the investigator. Albuquerque *et al.* (2009) propose an index to prioritize species relevant for conservation at a local level, based on uses, frequency in home gardens and relative density in forests; the authors suggest this index is useful for selecting species for reforestation or cultivation in overexploited areas.

However, we found that an index modified from the index proposed by Figueroa (2000) and López (2008) was the best fit for our purposes and data, particularly the quantitative data from interviews. This index was calculated for each species. It reflects the relative contribution (as

percentage) of the following variables: number of mentions (NM), for all the uses and in all the workshops; frequency of mention in the region (FR), for the number of workshops in which it was mentioned; number of uses (NU) and use value (UV). The use-related factors were based on the detailed information obtained from the key informants; the use value was assigned by the first author on a scale of three - one (low), two (middle) and three (high) based on these interviews and observations.

$$CII = (NM+FR+NU+UV) / 4$$

Scarce species

The Scarcity Perception Index (SPI) was also calculated for each species. It integrated the following variables: number of mentions (NM) in the category of scarce and frequency of mention at regional level (FR) for the number of workshops where it was mentioned as scarce.

$$SPI = (NM+FR) / 2$$

Species important for wildlife

In the same way, the Wildlife Importance Perception Index (WIPI) reflects local knowledge on the role of woody plants for wild animals. This index used the following variables: number of mentions (NM), for all species of wild fauna and in all the workshops; frequency of mentions in the region (FR), which consists of the number of workshops in which it was mentioned; number of species of fauna that use the resource (NF) and finally a usefulness value (UV) with a scale of two: one if it is used as shelter or food and two if it is used for both.

$$WIPI = (NM+FR+NF+UV) / 4$$

As each of these indices is expressed as percentage, the result for all the species for each index will add up to 100.

Results

Species mentioned in workshops

Participants in the short workshops (Fig. 2) named between 34 and 47 native species in each event, for a total of 75 native species for the categories useful, scarce and important for wildlife. The species belonged to 29 botanical families (Appendix Table 4). Fabaceae had most species (18), followed by Bignoniaceae and Malvaceae with 5 each. Exotic species were also mentioned: 13 fruit trees, two ornamentals and one timber tree. These were not included in the analysis, as this study aimed to evaluate native species only.

The species accumulation curve of the short workshops did not reach a definite asymptote, but the estimator Chao 1 indicated that the species inventory was 97.5% complete, so only two species would not have been registered. Also, the curve of the species mentioned only once (singletons) declined and crossed the curve of the species mentioned twice (doubletons), suggesting that the inventory was nearly complete (Figure 3).

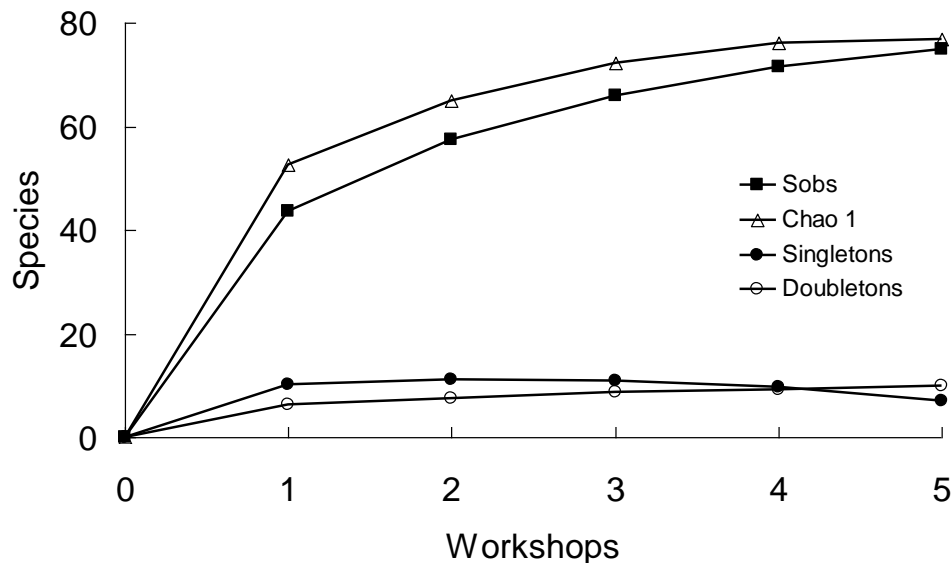


Fig. 3. Accumulation curve of species mentioned by the informants during the short workshops in central Veracruz, Mexico. Sobs are the species number mentioned by workshop. Chao 1 is an abundance-based estimator of species richness. Singletons are the species number mentioned once and doubletons are the species number mentioned twice.

The information provided in the workshops had a complementarity of 48% on average; not surprisingly, the results of places close to each other had less complementarity and more species in common (Rancho Nuevo and Xocotitla: 43.1%) than those that were more distant (Dos Caminos and Mata Mateo: 53.2%) (Table 2).

Table 2 Complementarity (%) of the native woody species mentioned in the five short workshops in the municipalities of Paso de Ovejas and Comapa, Veracruz, Mexico.

Short workshop site	Rancho Nuevo	Mata Mateo	Xocotitla	Dos Caminos
Angostillo	45.0	45.0	50.0	51.6
Rancho Nuevo		46.7	43.1	45.8
Mata Mateo			49.1	53.2
Xocotitla				50.9

Only one species was added during the walks in the field with informants (*Annona purpurea*), which was useful, scarce and important for wildlife. So, the final inventory consisted of 76 native species - 68 trees and 8 shrubs. Of these, 52 species were typical of mature forests, 27 of secondary forests, 44 of agroforestry systems and 3 of gallery (riparian) vegetation (Appendix Table 4).

Useful species

All of the 76 species included in the inventory were useful (Appendix 1). Only 54 were mentioned as such in the workshops, but the interviews with key informants complemented that information. Twelve use categories were recognized, with rural construction being the most important one with 30 species, followed by edible/food (26), fence posts (22), fuel (both firewood and charcoal) (17), medicinal (17), living fence (15), ornamental (15), forage (13), agricultural tool manufacture (for example tool handles, hooks; 10), shade tree for livestock (9), timber (8) and handicrafts (for example brooms, hammocks, receptacles; 5). Two thirds of the species (71%) had more than one use. Workshop participants agreed that the most important uses in terms of quantity were fuel and fence posts, though we have no detailed data on this.

The species with most uses - six - were *Chloroleucon mangense*, *Leucaena lanceolata* and *Tabebuia chrysantha*; the first two also had both the highest use values (UV; Table 3) and the first and third place in cultural importance (CII, Table 3); *Lysiloma acapulcense*, an important fence post species, was in second place of cultural importance. The ten species with the highest Cultural Importance Index value concentrated 36% of this index; seven of these were legumes from secondary forests (acahuales). The primary use of most was as fuel, with the following species being preferred: *Acacia cochliacantha*, *Acacia pennatula*, *Diphysa carthagenensis* and *Leucaena lanceolata*.

Other relevant uses influencing the Cultural Importance Index were those related to ranching. Trees with abundant heartwood were appreciated because their wood can be used outdoors without additional treatment, for example as fence posts and for corrals. The preferred species were *Chloroleucon mangense*, *Lysiloma acapulcense*, *Diphysa carthagenensis*, *Maclura tinctoria* and *Tabebuia chrysantha*. Forage trees were important mainly in the dry season, when grass production decreases drastically. Cattle will eat young leaves of *Leucaena lanceolata*, *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia* and fruit of *Guazuma ulmifolia*, *Acacia cochliacantha*, *Acacia pennatula*, *Chloroleucon mangense*, *Caesalpinia cacalaco* and *Senna atomaria*. Farmers valued the contribution of these species to the maintenance of their livestock, though they also knew that they were dispersed by manure, and seedlings had to be cut if numbers were too high. The main shade trees for livestock were *Lysiloma acapulcense*, *Ehretia tinifolia*, *Maclura tinctoria* and *Ficus cotinifolia*; the first one was preferred because it has a lighter shade that allows grass to grow underneath.

Properties usually had barbed wire fences with wooden posts. Live trees growing naturally on the property lines were integrated as posts and formed live fences. There was little direct planting of stakes, as they will often die in dry years (mainly *Bursera simaruba* and *Bursera cinerea*). Some farmers found that plants grown from seedlings of *Caesalpinia cacalaco* and *Chloroleucon mangense* were better for establishing live fences. Government organizations promoted planting of *Gliricidia sepium* in contour lines in the 1990s for soil erosion control in maize. However, farmers now said that they grow too fast, produce very numerous seeds and

have become weeds that are difficult to eradicate; seedlings are often not killed by cutting or even plowing).

Timber production on property borders and divisions is a relatively new practice. Farmers preferred these to compact plantations. Various government programs from the 1980s onward had provided free seedlings of exotic (*Tectona grandis* L.f., *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm. and *Tabebuia donnell-smithii* Rose) and native (*Tabebuia rosea* and *Cedrela odorata*) timber species. *Cedrela* was the most popular tree, because it produces the most valuable timber of the region. However, farmers did not yet have sufficient experience to space and prune these trees properly. *Cedrela* may have shoot borer *Hypsipyla gradella* (Zeller) infestations, but they are usually less severe in mixed cultivation (Newton et al. 1993; Rao et al. 2000).

One third of the useful species (26) produced food, for example the flowers of *Erythrina*, *Yucca* and *Gliciridia sepium*, the stems of *Nopalea*, the seeds of *Leucaena lanceolata* and *Leucaena leucocephala*; there were 20 fruit species (Appendix 1). Edible species were often fomented and protected, or transplanted to home gardens and live fences, where harvesting is easier. Two types of edible mushrooms grew on the dead wood of *Ipomoea wolcottiana* (“patancán”) in the rainy season; they were not identified, but one was probably a *Pleurotus*, known as “hongo de oreja”; the other one was called “hongo de patancán” (Fig. 2 D, E). Trees were deliberately felled in the dry season to provide substrate for these mushrooms. However, farmers also believed that live *Ipomoea* trees will attract lightning that can be fatal to people and livestock.

Scarce species

Two-thirds of the useful species (68% of 76 species) were considered scarce by farmers, in the workshops, the key informant interviews and field surveys. *Diphysa carthagenensis*, *Lysiloma acapulcense*, *Chloroleucon mangense*, *Caesalpinia cacalaco* and *Cedrela odorata* were considered scarcest (Table 3). The ten species with the highest Scarcity Perception Index (SPI) concentrated 41.2% of this index; seven were legumes and five were among the ten species with the highest Cultural Importance Index.

Farmers said that *Diphysa carthagenensis* has been overexploited for firewood and fenceposts. Even though the species resprouts from cut stems, there were hardly any trees with sufficient wood for exploitation, only mats of thin stems. *Lysiloma acapulcense* was also overexploited, but had additional problems with its natural and even artificial regeneration. Farmers had tried, without success, to grow this plant in nurseries. Seeds are attacked by a bruchid (Coleoptera: Bruchidae). In a sample of 53 fruits collected by the first author, 75% were damaged substantially by the insect and an additional 12% were decayed. Also, the seedlings are very sensitive to fire, and die during the grass fires laid every 2-3 years by the farmers in order to control weeds and rejuvenate their pastures (this is much cheaper than manual weeding or herbicides).

Species important for wildlife

Again, two-thirds of the species (70% of 76) were considered important for wildlife by the participants of the workshops and key informants. The most valuable species were *Ficus cotinifolia*, *Calyptanthes schiedeana* and *Maclura tinctoria*, all of them because their fruit provides food for animals. The ten species with the highest Wildlife Importance Perception Index value concentrated 49% of the value of the index. Moraceae was the most important family, with three species (Table 3). Wildlife reported in the workshops and interviews consisted of eight mammals and one reptile (a spiny-tailed iguana); birds and frugivorous bats were considered as a group each. Birds were provided with food or shelter by 43 species, squirrels by 10 species and white-tailed deer by 9 species (Appendix Table 4, Figure 4).

Several cultivated fruit trees were important food resources for wildlife, especially the native *Manilkara zapota* and *Spondias purpurea*. *Manilkara* requires humid soils year round, so it was found mainly in home gardens and near rivers. *Spondias* can grow in dry soil, so it was found in live fences, as well as in home gardens. Also, the exotic mango (*Mangifera indica* L.) and tamarind (*Tamarindus indicus* L.) were frequently mentioned as important for animals. Wildlife was relevant for farmers, both for hunting and because animals may cause damage to crops.

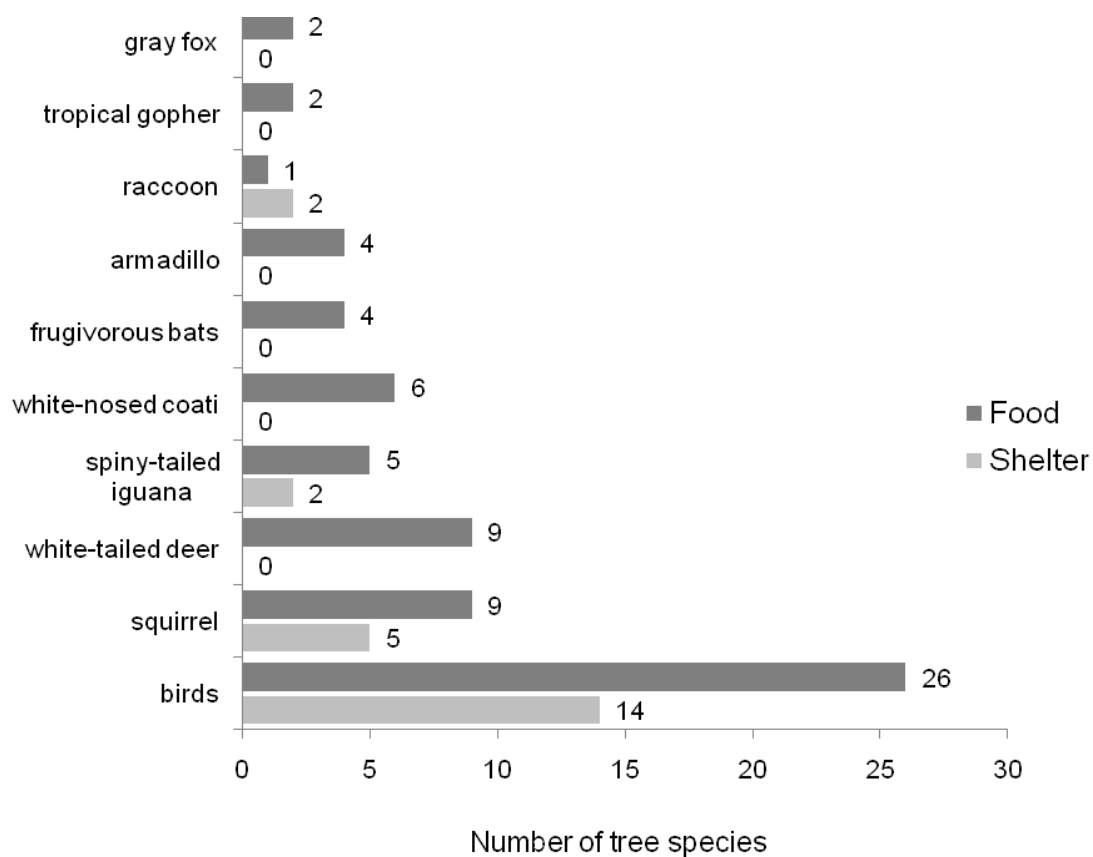


Fig. 4 Number of native woody species that provide food or shelter to wildlife, according to the informants interviewed during fieldwork in the municipalities of Paso de Ovejas and Comapa, Veracruz, Mexico. Gray Fox: *Urocyon cinereoargenteus* Schreber, 1775; tropical gopher: *Orthogeomys hispidus* (Le Conte, 1852); raccoon: *Procyon lotor* Linnaeus, 1758; armadillo: *Dasypus novemcinctus* Linnaeus, 1758; white-nosed coati: *Nasua narica* Linnaeus, 1776; spiny-tailed iguana: *Ctenosaura acanthura* Shaw, 1802; white-tailed deer: *Odocoileus virginianus veraecrucis* (Goldman & Kellog 1940), squirrel: *Sciurus aureogaster* F. Cuvier, 1829.

Table 3 Values of the indices for usefulness, scarcity and importance for wildlife (see text), for the ten most important species of each category.

Species	Useful species					Scarce species			Species important for wildlife				
	NM	RF	NU	UV	CII	NM	RF	SPI	NM	RF	NF	UV	WIPI
<i>Acacia cochliacantha</i>	4.4	3.4	1.6	2.3	2.9	3.4	2.6	3.0	0.6	2.1	1.1	1.0	1.2
<i>Brosimum alicastrum</i>	0.4	0.7	1.6	1.6	1.1	1.2	2.6	1.9	4.4	3.1	4.5	4.9	4.2
<i>Byrsonima crassifolia</i>	2.1	1.3	1.1	1.0	1.4	1.8	1.7	1.8	2.6	4.2	2.2	2.0	2.8
<i>Caesalpinia cacalaco</i>	4.9	3.4	1.6	2.3	3.0	3.4	3.5	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Calyptranthes schiedeana</i>	1.5	3.4	2.1	1.9	2.2	2.2	1.7	1.9	11.7	5.2	6.7	6.9	7.6
<i>Cedrela odorata</i>	6.4	3.4	1.6	2.6	3.5	2.2	3.5	2.8	0.3	1.0	2.2	2.0	1.4
<i>Chloroleucon mangense</i>	8.3	3.4	3.2	3.9	4.7	6.8	3.5	5.1	0.3	1.0	1.1	1.0	0.9
<i>Diphysa carthagenensis</i>	6.8	3.4	2.1	2.6	3.7	10.8	4.3	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Ehretia tinifolia</i>	2.5	2.7	1.1	1.3	1.9	1.5	1.7	1.6	7.6	4.2	2.2	2.9	4.2
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	3.0	3.4	2.1	2.9	2.8	3.1	2.6	2.8	2.9	4.2	3.4	3.9	3.6
<i>Ficus cotinifolia</i>	0.8	2.0	1.6	1.6	1.5	2.2	2.6	2.4	15.5	5.2	5.6	6.9	8.3
<i>Gliricidia sepium</i>	3.2	3.4	2.7	2.6	2.9	0.9	1.7	1.3	0.3	1.0	1.1	1.0	0.9
<i>Guazuma ulmifolia</i>	1.7	2.7	2.1	3.2	2.4	0.3	0.9	0.6	7.6	5.2	3.4	2.9	4.8
<i>Leucaena lanceolata</i>	5.1	3.4	3.2	3.9	3.9	2.8	1.7	2.3	0.9	2.1	1.1	1.0	1.3
<i>Lysiloma acapulcense</i>	8.5	3.4	2.1	3.5	4.4	8.6	3.5	6.0	0.6	2.1	2.2	2.9	2.0
<i>Lysiloma divaricatum</i>	1.7	3.4	1.6	1.9	2.1	3.1	3.5	3.3	0.3	1.0	2.2	2.9	1.6
<i>Maclura tinctoria</i>	3.8	3.4	2.7	3.2	3.3	0.6	0.9	0.7	5.0	4.2	4.5	5.9	4.9
<i>Manilkara zapota</i>	0.8	2.0	1.1	1.3	1.3	1.2	1.7	1.5	5.6	4.2	3.4	2.9	4.0
<i>Spondias purpurea</i>	2.3	2.7	1.1	1.3	1.8	0.0	0.0	0.0	7.9	4.2	3.4	2.9	4.6
<i>Tabebuia chrysantha</i>	5.1	3.4	3.2	3.5	3.8	1.8	2.6	2.2	0.3	1.0	2.2	2.0	1.4
<i>Tabebuia rosea</i>	1.5	2.0	2.7	3.5	2.4	4.0	3.5	3.7	0.3	1.0	2.2	2.0	1.4
<i>Wimmeria pubescens</i>	0.6	1.3	1.1	0.6	0.9	4.9	1.7	3.3	0.3	1.0	1.1	1.0	0.9
54 other species	24.6	38.9	56.9	47.5	42.0	33.2	47.8	40.5	25.1	42.7	43.8	41.2	38.2

Columns are number of mentions (NM), frequency of mention in the region (RF), number of uses (NU), use value (UV), number of species of fauna that use the resource (NF), Cultural Importance Index (CII), Scarcity Perception Index (SPI) and Wildlife Importance Perception Index (WIPI). All values are expressed in percentages. Bold numbers indicate the 10 most important species of each category.

Table 4 Species and local names of tropical dry forest trees in the study area of central Veracruz, Mexico.

Species	Name	LF	TP	Categories			Types of uses										Wildlife importance			
				Us	Sc	Wl	co	ed	po	fu	me	fe	or	fo	to	sh	ti	ha	Food	Habitat
Agavaceae																				
<i>Agave</i> sp	ixtle	Sh	F S	0	3	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
<i>Yucca</i> sp	izote	Sh	F A	1	0	1	-	2	-	-	1	-	2	-	-	-	-	-	sq	-
Anacardiaceae																				
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	gateado	T	F	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	bi	bi
<i>Comocladia engleriana</i> Loes.	tetlatín	T	F A	8	6	3	1	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	bi	bi
<i>Spondias mombin</i> L.	jobo	T	F	0	1	5	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ba bi	-
<i>Spondias purpurea</i> L.	ciruela	T	F A	11	0	27	-	2	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	bi de ig	-
Annonaceae																				
<i>Annona purpurea</i> Moc. & Sessé ex Dunal	ilama	T	S A	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	bi	-
<i>Annona</i> sp	anono	T	F	0	2	0	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arecaceae																				
<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.	coyol redondo	T	S A	0	0	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	bi
Bignoniacea																				
<i>Astianthus viminalis</i> (Kunth) Baill.	sauce	T	R	1	0	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Crescentia alata</i> Kunth	jicaro	T	F A	0	4	0	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	de	-
<i>Parmentiera</i> sp.	cuajilote	T	A	0	6	0	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tabebuia chrysantha</i> (Jacq.) G. Nicholson	flor de día	T	F S	24	6	1	3	-	2	1	-	1	2	-	2	-	-	-	sq	bi

Table 4 continued

Species	Name	LF	TP	Categories			Types of uses											Wildlife importance		
				Us	Sc	Wl	co	ed	po	fu	me	fe	or	fo	to	sh	ti	ha	Food	Habitat
<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) A. DC.	roble	T	FA	7	13	1	3	-	-	-	1	-	2	-	2	-	3	-	sq de	-
Boraginaceae																				
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	tres hojas	T	FS A	1	0	0	2	-	-	1	-	-	-	-	1	-	1	2	-	-
<i>Cordia dentata</i> Poir.	moquillo	T	SA	0	1	1	-	-	1	-	-	2	-	-	1	-	-	-	bi	-
<i>Ehretia tinifolia</i> L.	frutillo, palo verde	T	FA	12	5	26	-	-	-	-	-	-	1	-	-	3	-	-	bi ar	bi
Burseraceae																				
<i>Bursera cinerea</i> Engl.	mulato	T	FA	9	5	1	2	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	bi	-
<i>Bursera graveolens</i> (Kunth) Triana & Planch.	aceitillo	T	F	0	3	0	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	mulato	T	FA	9	5	1	2	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	bi	bi
Cactaceae																				
<i>Neobuxbaumia</i> sp	organo, organo de tuna	T	F	1	0	9	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	bi	-
<i>Nopalea</i> sp	nopal	Sh	F	0	0	6	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	bi	-
Celastraceae																				
<i>Wimmeria pubescens</i> Radlk.	camarón, camaroncillo	T	F	3	16	1	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	bi	-
Convolvulaceae																				
<i>Ipomoea wolcottiana</i> Rose	patancán	T	FS	7	5	4	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	bi

Table 4 continued

Species	Name	LF	TP	Categories			Types of uses											Wildlife importance		
				Us	Sc	Wl	co	ed	po	fu	me	fe	or	fo	to	sh	ti	ha	Food	Habitat
Fabaceae																				
<i>Acacia cochliacantha</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	espino blanco	T	S A	21	11	2	-	-	2	3	-	-	-	2	-	-	-	-	-	bi
<i>Acacia pennatula</i> (Schltdl. & Cham.) Benth.	huizache	T	S A	4	5	1	-	-	2	3	-	-	-	3	-	-	-	-	-	bi
<i>Albizia saman</i> (Jacq.) F. Muell.	garrobo	T	F A	0	2	0	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	2	-	-	-
<i>Caesalpinia cacalaco</i> Bonpl.	tihuixtle, tehuixtle	T	S A	23	11	0	-	-	3	-	-	2	-	2	-	-	-	-	-	-
<i>Caesalpinia pulcherrima</i> (L.) Sw.	caballero, espuela de caballero	T	S A	3	3	0	-	-	1	1	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chloroleucon mangense</i> (Jacq.) Britton & Rose	moreno, palo amarillo	T	F S A	39	22	1	2	-	3	2	-	1	-	2	2	-	-	-	-	bi
<i>Diphysa carthagenensis</i> Jacq.	quiebra hacha	T	F S A	32	35	0	2	-	2	3	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	nacastle	T	F S A	14	10	10	3	-	-	-	-	-	-	1	-	2	3	-	bi	bi ig ra
<i>Erythrina</i> sp	colorín	T	F A	3	1	0	-	1	-	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	taray	T	S	1	8	0	-	-	1	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Walp.	cocuite	T	S A	15	3	1	-	1	3	1	-	2	-	1	-	-	-	-	-	bi
<i>Haematoxylum</i> sp	brasil	T	F	1	2	0	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Table 4 continued

Species	Name	LF	TP	Categories			Types of uses											Wildlife importance					
				Us	Sc	Wl	co	ed	po	fu	me	fe	or	fo	to	sh	ti	ha	Food	Habitat			
<i>Inga</i> sp	chalaguite	T	R	1	0	0	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leucaena lanceolata</i> S. Watson	guaje de indio	T	S A	24	9	3	2	2	3	2	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	de	-
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	guaje, guaje manso	T	S A	3	0	2	1	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	de	-
<i>Lysiloma acapulcense</i> (Kunth) Benth.	guaje sabana, cañamazo	T	F A	40	28	2	3	-	3	-	-	-	-	-	3	2	-	-	-	-	bi	sq	sq
<i>Lysiloma divaricatum</i> (Jacq.) J.F. Macbr.	tepeguaje, mezquite	T	F A	8	10	1	2	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	bi	sq	sq
<i>Senna atomaria</i> (L.) H.S. Irwin & Barneby	frijolillo	T	S A	16	6	1	-	-	2	2	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	bi
Hernandiaceae																							
<i>Gyrocarpus jatrophiifolius</i> Domin	palo banco	T	F	1	2	0	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Malpighiaceae																							
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	nanche	T	A	10	6	9	-	2	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	ba	bi	-
<i>Malpighia emarginata</i> DC.	manzanita	T	F A	0	0	3	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	bi	bi	-
Malvaceae																							
<i>Ceiba aesculifolia</i> (Kunth) Britten & Baker f.	pochote	T	F	0	0	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	de	-	-	-
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	ceiba	T	F A	1	1	4	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-	bi

Table 4 continued

Species	Name	LF	TP	Categories			Types of uses												Wildlife importance	
				Us	Sc	Wl	co	ed	po	fu	me	fe	or	fo	to	sh	ti	ha	Food	Habitat
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	guazamo	T	S A	8	1	26	-	-	-	2	2	-	-	3	-	-	-	3	bi ig de	-
<i>Heliocarpus donnellsmithii</i>	jonote	T	F S	4	7	0	2	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Rose																				
<i>Luehea candida</i> (Moc. & Sessé ex DC.) Mart.	algodoncillo	T	F	5	2	0	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Meliaceae																				
<i>Cedrela odorata</i> L.	cedro	T	F A	30	7	1	-	-	-	-	-	-	2	-	3	-	3	-	-	bi ra
Moraceae																				
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	ojite	T	F	2	4	15	2	1	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	bi ig sq	sq
<i>Castilla elastica</i> Sessé ex Cerv.	palo hule	T	R	0	1	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ficus cotinifolia</i> Kunth	higuera, higuera de burro	T	F A	4	7	53	-	-	-	-	-	-	1	1	-	3	-	-	ig ar co	ig sq
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud.	moral	T	F S A	18	2	17	3	1	3	-	1	-	-	-	2	-	-	ba bi sq	bi sq	
Myrsinaceae																				
<i>Ardisia</i> sp.	capulín de mayo	Sh	F A	0	0	3	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	bi	-
Myrtaceae																				
<i>Calypttranthes schiedeana</i> O. Berg	guayabillo	T	F A	7	7	40	2	1	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	bi sq ar	sq
<i>Eugenia hypargyrea</i> Standl.	mataejuan	T	F	0	0	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	co go fo	-
Non identified 1	raijan	Sh	F	0	0	5	-	1	1	-	-	-	1	-	1	-	-	-	bi	-

Table 4 continued

Species	Name	LF	TP	Categories			Types of uses											Wildlife importance			
				Us	Sc	Wl	co	ed	po	fu	me	fe	or	fo	to	sh	ti	ha	Food	Habitat	
Non identified 2	garrapatillo	T	F	1	1	0	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Olacaceae																					
<i>Schoepfia schreberi</i> J.F. Gmel.	palo meco	T	F S	4	0	0	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fraxinus schiedeana</i> Schlttdl. & Cham.	caliche	T	F	1	0	0	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Phytolaccaceae																					
<i>Achatocarpus nigricans</i> Triana	palo dulce	Sh	S	0	0	3	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	bi	-
Polygonaceae																					
<i>Coccoloba barbadensis</i> Jacq.	overo, uvero	T	F S	2	12	0	1	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	bi	-
<i>Coccoloba</i> sp	cerezo	T	F	0	0	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	bi	-
Rhamnaceae																					
<i>Colubrina triflora</i> Brongn. ex Sweet	canelillo	T	S	15	5	0	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Colubrina heteroneura</i> (Griseb.) Standl.	huesillo	T	F	1	0	0	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	bi	-
Rubiaceae																					
<i>Genipa americana</i> var. <i>caruto</i> (Kunth) K. Schum.	yoal, yuhal	T	F A	0	2	2	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	bi co de	-
<i>Randia monantha</i> Benth.	crucetillo	Sh	F A	3	3	1	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	bi	-

Table 4 continued

Species	Name	LF	TP	Categories			Types of uses											Wildlife importance			
				Us	Sc	Wl	co	ed	po	fu	me	fe	or	fo	to	sh	ti	ha	Food	Habitat	
Ruscaceae																					
<i>Beaucarnea recurvata</i> Lem.	monja	T	F	0	0	2	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	bi	
Sapindaceae																					
<i>Thouinidium decandrum</i> (Bonpl.) Radlk.	borreguillo	T	S A	1	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	ig	-
Sapotaceae																					
<i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen	zapote chico	T	A	4	4	19	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	bi sq co	-
<i>Sideroxylon celastrinum</i> (Kunth) T.D. Penn.	pionche, pionchillo	T	F A	0	0	12	-	1	-	-	-	-	1	-	-	2	-	-	ar bi	bi	
Simaroubaceae																					
<i>Simarouba glauca</i> DC.	cedro blanco pistache	T	F A	1	0	2	1	-	-	-	-	-	2	-	-	-	1	-	bi	-	
Unknown family																					
Non identified	mano de león	T	F	1	0	1	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	co	-

LF is life form (T is tree, Sh is shrub); TP is type of vegetation (F is forest, S is secondary vegetation, R is riparian forest and A is agroforestry); species categories are useful (Us), scarce (Sc) and wildlife important (Wl); the values are frequency of mention in the workshops. Type of uses are co = construction, ed = edible, po = fence post, fu = fuel, me = medicinal, fe = living fence, or = ornamental, fo = forage, to = tools, sh = livestock shade, ti = timber, and ha = handicraft; the numbers indicate the level of the use (1=low, 3=high). Wildlife importance are for food and habitat (bi = birds such as calandria, parrot, etc. and others, ig = spiny-tailed iguana, ar = armadillo, ra = racoon, sq = squirrel, ba = frugivorous bats, co = white-nosed coati, go = tropical gopher, de = white-tailed deer, fo = gray fox).

Discussion

Importance of the ethnobotanical approach

A study of the canopy of ten mature forest fragments in the same region as our study area (Williams-Linera and Lorea 2009) recorded 98 trees, with only 39 (40%) coinciding with this work. Another study of the secondary vegetation (five plots) of the same area found 33 species (Hernández 2008), of which only half (17) coincided. This study shows that the ethnobotanical approach is an important complement for regional forestry inventories, because it contributes taxa of secondary vegetation, agroforestry systems and riparian sites, that are not covered by other types of surveys.

In contrast, a study of the agroforestry systems of El Limón (Bautista 2009), adjacent to our study area, found 63 native species, of which 82% coincided. This shows that our study covered most common species of agroforestry systems used in smallholder agriculture of the region, as farmers promote useful species and eliminate unwanted ones. Also, our data show that farmers are quite knowledgeable not only about uses, but also on subjects relevant for conservation, such as wildlife habitat.

Useful species

The number of native, useful woody species found in this study was higher than those reported in other investigations carried out in the center of the State of Veracruz (21 - Couttolenc-Brenis et al. 2005, in Camarón de Tejada; 34 - Leyva 2006, two localities of Paso de Ovejas; 63 - Bautista 2009, one locality of the same municipality). Figueroa (2000) found 53 useful species in a community in the south of the State of Mexico with a similar vegetation type. In a larger Mesoamerican context, Joya et al. (without date) identified 70 useful species, both native and introduced, in the cattle ranches of the Pacific coast of Nicaragua.

Those results can be explained both by different sampling methods, and by an approximate relationship between the size of the study site and the number of useful woody species found.

Very small studies report 20-30 species; a larger area, such as a village and its surroundings with some natural vegetation, have around 50 species (Figueroa 2000), and larger-scale regional studies report 70-80 useful species.

We confirmed that the traditional agroforestry systems can play an important role both in the conservation of the genetic diversity of the region and in improving local livelihoods, through the production of a variety of goods, especially fuel, fenceposts and timber. These systems are adapted to the way of life and the economic constraints on farmers (Quinsavi and Sokpon 2008), though there appears to be some room for improvement.

For example, seven of the ten species with the highest Cultural Importance Index value were legumes of secondary vegetation. Improving the availability, conservation and management of these species should be possible with just some training and/or minimal investigation. Particularly *Lysiloma acapulcense*, a common species in Mexico and one of the most useful ones, could be promoted by systematic collection of seeds, nursery propagation and a better fire management in the pastures. This species, to our knowledge, is not included in government or NGO nurseries of the region.

Some Mesoamerican species found to be useful, such as *Leucaena* and *Gliciridia*, are widely grown in other parts of the world, to the point of having cultivars adapted to different habitats. However, in this region it is rare to encounter them in government or NGO nurseries, and cultivars are unknown. We do not know if this is due to technical difficulties, cultural reasons of the providers or because farmers do not demand them. *Leucaena* and *Gliciridia* are available to farmers without much effort. They are more interested in species that are not easily available, such as *Lysiloma acapulcense* and *Chloroleucon mangense*. These are not available in nurseries and represent an opportunity and challenge for tropical forestry research.

Ethnobotanical methods could also assist in the systematic searches for superior germplasm for these species. It is well-known that Mesoamerican farmers manage useful species in situ, often selecting desirable lines (see the overview by Casas et al. 2007). Though this

characteristic has been studied mainly for fruit trees, local knowledge on desirable traits and ecology should also be useful for these multipurpose species.

Most of the forage species found are well-known and studied. They are particularly important for ruminants during the dry season (Carranza-Montaña et al. 2003; Cecconello et al. 2003; Román et al. 2004). Their exploitation could be improved in the study region through systematic harvest, milling and rationing, particularly of legume fruit. For example, *Enterolobium cyclocarpum* has a reputation in the region for causing bloating in cattle and is often removed from pastures for this reason. However, investigations by Zamora et al. (2001) in Nicaragua showed that milling and rationing converts these abundant fruit into a very useful component of mixed rations. Trees could also be employed for improving stocking and rotations (Bautista 2009).

The timber species of the region are important germplasm adapted to seasonally dry, tropical regions. *Cedrela odorata*, *Tabebuia rosea*, *Astronium graveolens*, *Enterolobium cyclocarpum*, and *Gyrocarpus jatrophifolius* have excellent timber. They could improve the long-term value of the secondary vegetation that 68% of the farmers have on their properties (Línea 2008), through enrichment planting, particularly if management (spacing, pruning, pest control) helps to raise quality. Of these, only *Cedrela* is obtainable from official nurseries, however, monocultures of this species have pest problems and suffer in droughts.

While it is possible to sell good-quality timber to carpenters, traditionally most timber has been used in the past for self-construction. Traditional use is in decline, because cement and block constructions are considered a sign of progress (even though people widely acknowledge that they are much less comfortable than traditional constructions in the tropical climate).

The same process of devaluation of local custom could be observed with other uses, such as hammocks made of ixtle (*Agave* fiber) and straw brooms with a handle of *Guazuma ulmifolia* wood. Here, systematic stimulus and revaloration could improve the status of these uses, and with it the appreciation of timber species. Gordon et al. (2003) emphasize the fact that

prohibition of use of certain species for conservation purposes, can also lead to a loss of interest in a species.

The food products of the trees were not usually commercialized, but diversified the diet of the local population and are a potential resource for genetic improvement and domestication.

Scarce species

Of the ten species considered to be the scarcest, five were also among the ten most important trees culturally (*Diphysa carthagenensis*, *Lysiloma acapulcense*, *Chloroleucon mangense*, *Caesalpinia cacalaco*, *Cedrela odorata*), because of their utility as good-quality fuel and source of fenceposts. Most of them were rare in natural forest fragments (Williams-Linera and Lorea 2009) and secondary vegetation (Hernández 2008) of the region, though they may be relatively common in agroforestry systems (Bautista 2009). This is not due to the forests and secondary vegetation being commons (which they are not) and the latter being private, but rather to habitat requirements. Scarce does not necessarily mean rare, but rather not sufficient for the desired level of exploitation. Barrance *et al.* (2003) found a similar situation in the south of Honduras, where the overexploitation of a few highly useful species led to the perception of scarceness, though they might not be rare. The results point to high level pressure on these species, and an opportunity for their inclusion in tree-planting schemes.

None of the ten species perceived as the scarcest appear in the official list of protected species (SEMARNAT 2002- Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001). The Mesoamerican trees *Astronium graveolens* and the widely used *Tabebuia chrysantha* are mentioned in this list as endangered but not endemic to Veracruz. These species were restricted to natural vegetation in the study area. *Astronium* was known only to a few people and has a use that is almost extinct today: for beams or rafters of the large houses of the haciendas. After the abandonment of the haciendas, some of these beams were integrated into current houses or corrals; some are still in use and estimated to be more than 200 yr old.

Beaucarnea recurvata, which is also listed as endangered and endemic, was not mentioned as scarce, only as important for birds. There were no large populations in the area - the individuals in pastures suffered from fire, so the only large, wild specimens were found in canyons. However, they were widely cultivated as ornamentals in home gardens, and were probably perceived as common for this reason.

There were two species of *Bursera*, *B. simaruba* and *B. cinerea* that were not perceived as different by the population: both were called “mulato”. They were considered scarce and with declining populations, mainly because of the influence of fire. However, *B. simaruba* is a common species elsewhere and widely distributed in the Mexican tropics, whereas *B. cinerea* is a narrow endemic of the center of Veracruz. It used to be very common in primary dry forests (Castillo-Campos et al. 2005; Rzedowski and Calderón de Rzedowski 1996).

Some of the scarce and useful species could be particularly interesting for promotion, even though they obtained low values in the Scarcity Perception Index. An example is *Randia monantha*; an alcoholic (rum) extract of its fruit is employed as an antidote for the bites of snakes, scorpions, wasps and spiders, both for humans and domestic animals. Some farmers have transplanted seedlings from the forest to their home gardens, but none of them reported to have fruit. It is a dioecious species, so it would be necessary to have at least a small population to assure fruit set.

Scarce and rare species are an important component of the diversity of an ecosystem. Without them, restoration and conservation efforts are incomplete (Lamb and Gilmour 2003). This study shows that interviewing the local population on useful, important and scarce species leads to interesting and fruitful answers; particularly it helps to trace the history and dynamics of the species and their response to human disturbance (Lykke 1998; Lykke et al. 2004).

Species relevant for wildlife

In this study, *Ficus cotinifolia* was perceived as the most important species for food and habitat of animals. This confirms the result of numerous ecological studies in the tropics,

which show that *Ficus* trees are frequently a keystone plant resource, because they sustain frugivorous animal species and communities through periods of resource scarcity (Terborgh 1986). However, species with a very wide crown, such as *Ficus cotinifolia* or *Maclura tinctoria* were unwelcome in small pastures. They were more attractive for large lots or rocky sites. *Calyptrocalyx schiedeana* was a species with a smaller crown, which was also attractive for wildlife, and it is endemic to Veracruz.

Water sources during the dry season are of prime importance for wildlife anywhere. Some tree species provided alternative sources of water in this time of the year, for example, the flowers of *Ceiba* and the fruit of *Spondias* and *Ficus* for the white-tailed deer (Villarreal Espino-Barros and Marín 2005). Another important consideration was animals that disperse tree seeds, such as the white-nosed coati (*Nasua narica*) (Saenz 1994; Valenzuela 1998). The farmers mentioned six tree species that provide food to the coati, among them *Genipa americana* var. *caruto*. Cattle also like the fruit, and it is probably a water source for them as well.

There was an indirect benefit of conserving wildlife (apart from their intrinsic conservation value): 18 species of animals were used either as food or as medicine, especially among less well-off people (Leyva 2006). The species that provide food and habitat to the local spiny-tailed iguana (“tilcampo”, *Ctenosaura acanthura*) could be important if this species were to be domesticated, as it is a very popular food, but also an endemic species subject to special protection under NOM-059-ECOL-2001.

Species selection for restoration

A combination of the top third of the species of each index results in 17 species that we suggest should be the primary candidates for restoration and reforestation programs. This is a manageable number, particularly as the local population already knows successful propagation techniques, though sometimes rudimentary, and will be interested in the success of the planting. Only two of these (*Cedrela* and *Tabebuia rosea*) are currently available in the

nurseries of the region. Moreover, 16 are considered scarce and 15 important for wildlife (Fig. 5).

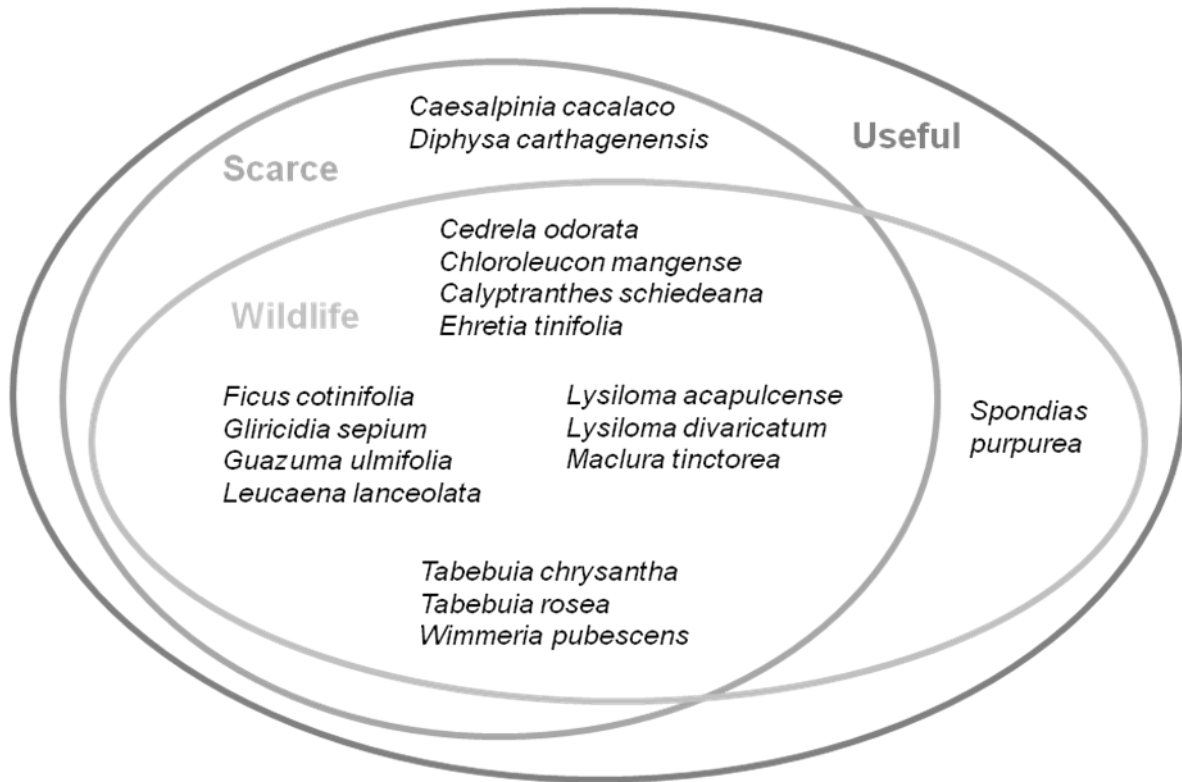


Fig. 5. Summary of the information on the most important woody species of the study area. The species mentioned should be explored further for their inclusion in reforestation and agroforestry projects.

Conclusions

The results of this study provide information that is useful for formulating and implementing sustainable management alternatives that will allow conservation and restoration of tropical dry forest to proceed in practice. The methods used in this study are viable and practical, and allow a preliminary selection of woody species for restoration purposes, when no detailed information is available on the vegetation and ecology of a region. It shows that the species cultivated in formal nurseries are often not those that would be the most useful or appropriate

for the rural population. Of the species cultivated in these, only *Cedrela* and *Tabebuia rosea* are considered important both by nurseries and by the interviewed farmers.

Relatively little is known about tree species selection and appropriate techniques for restoring dryland forests in Latin America (Newton 2008). The standard strategy is the planting of mainly exotic timber species, for which technical knowledge is readily available. This strategy frequently fails, for various reasons. Studies such as this one are necessary to improve species selection, in order to increase acceptance and interest of the local population in woody species for restoration, as well as to formulate practical management recommendations.

Data generated from this study will revert to the local people. All the gathered information is being included in a guide of the trees of the region. Additionally, some species were evaluated technically in restoration experiments (Williams-Linera et al. 2011). The project ReForLan has integrated general guidelines for the restoration of drylands to be adapted to the conditions of several dry forest regions into a book (Newton and Tejedor 2011). The results have become even more topical after the extensive destruction of Hurricane Karl in Veracruz in September 2010, which extensively damaged existing woodlands and human settlements and underscored the necessity of forest recovery to slow runoff and reduce flooding.

Acknowledgments

We are grateful to the farmers of the municipality of Paso de Ovejas and Comapa, Veracruz, for their participation in workshops, interviews and field work, and for sharing their knowledge and experience on the use and management of the native trees of the region. We also thank Dr. Francisco Lorea and Biól. Claudia Gallardo of XAL for some species identifications, as well as the Biól. Oscar Ponce and Ing. Victor Carreto for their valuable assistance in the workshops. This research was financed in part by a CONACyT grant 208226 to the first author, and the European Community as part of the INCO (International Cooperation) Project ReForLan (CT2006-032132).

Appendix

See Table 4.

References

- Albuquerque UP, Araujo TAS, Ramos MA, Nascimento VT, Lucena RFP, Monteiro JM, Alencar NL, Araujo EL (2009) How ethnobotany can aid biodiversity conservation: reflections on investigations in the semi-arid region of NE Brazil. *Biodivers Conserv* 18:127–150
- Alvarez-Aquino C, Williams-Linera G, Newton AC (2004) Experimental native tree seedling establishment for the restoration of a Mexican cloud forest. *Restor Ecol* 12: 412-418
- Angiosperm Phylogeny Group (2003) An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Bot J Linn Soc* 141:399–436.
- Arriaga L, Espinoza JM, Aguilar C, Martínez E, Gómez L, Loa E (2000) Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F.
- Barrance AJ, Flores L, Padilla E, Gordon JE, Schreckenberg K (2003) Trees and farming in the dry zone of southern Honduras I: Campesino tree husbandry practices. *Agroforest Syst* 59:97-106
- Bautista M (2009) Sistemas agro y silvopastoriles en El Limón, Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México. Master's Thesis. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, Veracruz, México.
- Begossi A (1996) Use of ecological methods in ethnobotany: diversity indices. *Econ Bot* 50(3):280-289
- Bennett AF (2003) Linkages in the landscape: The role of corridors and connectivity in wildlife conservation. *Conserving Forest Ecosystems Series No. 1*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Bye R (1995) Ethnobotany of the Mexican tropical dry forests. In: Bullock SH, Mooney HA, Medina E, (eds.) *Seasonally dry tropical forest*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp 423-438
- Carabias J, Arriaga V, Cervantes V (2007) Las políticas públicas de la restauración ambiental en México: limitantes, avances, rezagos y retos. *Bol Soc Bot Méx* 80 (Suplemento): 85-100
- Carranza-Montaña MA, Sánchez-Velásquez LR, Pineda-López MR, Cuevas-Guzmán R (2003) Forage quality and potential of species from the Sierra de Manantlán (México) tropical dry forest. *Agrociencia* 37: 203-210
- Casas A, Otero-Arnaiz A, Pérez-Negrón E, Valiente-Banuet A (2007) In situ management and domestication of plants in Mesoamerica. *Ann Bot* 100: 1101–1115
- Castillo-Campos G (2003) Biodiversidad de la selva baja caducifolia en un sustrato rocoso de origen volcánico en el centro del estado de Veracruz. Dissertation. Universidad Autónoma Metropolitana. México, D.F.
- Castillo-Campos G, Medina-Abreo ME, Dávila-Aranda PD, Zabala-Hurtado JA (2005)

- Contribución al conocimiento del endemismo de la flora vascular en Veracruz, México. *Acta Bot Mex* 73:19-57
- Ceconello G, Benezra M, Obispo NE (2003) Composición química y degradabilidad ruminal de los frutos de algunas especies forrajeras leñosas de un bosque seco tropical. *Zootec Trop* 21(2):149-165
- Cervantes V, Arriaga V, Carabias J (1996) La problemática socioambiental e institucional de la reforestación en la Región de la Montaña, Guerrero, México. *Bol Soc Bot Mex* 59: 67-80
- Challenger A (1998) Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Universidad Nacional Autónoma de México, Agrupación Sierra Madre SC. México, D.F. México
- Chao A (1984) Non-parametric estimation of the number of classes in a population. *Scand J Stat* 11:265-70
- CNA (2008) Servicio Meteorológico Nacional. México, D.F. <http://smn.cna.gob.mx/> Accessed 27 Jan 2008
- Couttolenc-Brenis E, Cruz-Rodríguez JA, Cedillo E, Musálem MA (2005) Uso local y potencial de las especies arbóreas en Camarón de Tejada, Veracruz. *Rev Chapingo Ser Cienc Forest Ambient* 11(1): 45-50
- Colwell RK, Coddington JA (1994) Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philos Trans R Soc Ser B* 345: 101-118
- Colwell RK (2005) EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. V 7.5. User's guide and application. Available via DIALOG. <http://purl.oclc.org/estimates> Accessed 9 Jan 2008
- Cordero J, Boshier DH (eds) (2003) Árboles de Centroamérica: Un Manual para Extensionista. Oxford Forestry Institute, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, El Salvador.
- Diemont SAW, Martin JF, Levy-Tacher SI, Nigh RB, Ramirez LP, Golicher JD (2006) Lacandon Maya forest management: Restoration of soil fertility using native tree species. *Ecol Eng* 28:205-212
- Evans J (1992) *Plantation forestry in the tropics*. Second ed. Clarendon Press, Oxford, UK
- Figuroa ME (2000) Uso agroecológico, actual y potencial de especies arbóreas en una selva baja caducifolia perturbada del suroeste del estado de México. Master's Thesis. Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Montecillo, Texcoco, México.
- Flores-Villela O (1993). Herpetofauna de México: distribución y endemismo. In: Ramamoorthy TP, Bye R, Lot A, Fa J (eds) *Diversidad biológica de México, orígenes y distribución*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F, pp 251-279
- Gallardo-López FD, Riestra-Díaz A, Aluja-Schunemann, Martínez-Dávila JP (2002) Factores que determinan la diversidad agrícola y los propósitos de producción en los

- agroecosistemas del Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México. *Agrociencia* 36(4):495-502
- Garen EJ, Saltonstall K, Slusser JL, Mathias S, Ashton MS, Hall JS (2009) An evaluation of farmers' experiences planting native trees in rural Panama: implications for reforestation with native species in agricultural landscapes. *Agroforest Syst* 76:219-236.
- Geilfus F (1998) 80 herramientas para el desarrollo participativo. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) – Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). San Salvador, El Salvador.
- Gordon JE, Hawthorne WD, Sandoval G, Barrance AJ (2003) Trees and farming in the dry zone of southern Honduras II: the potential for tree diversity conservation. *Agroforest Syst* 59:107-117
- Hernández E (2008) Biodiversidad y sucesión secundaria en el bosque tropical seco del centro de Veracruz, México. Undergraduate Thesis. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, Puebla.
- INEGI (2009) Censo de población y vivienda 2005: principales resultados por localidad. www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/conteo2005/localidad/iter/default.asp?s=est&c=10395 . Accessed 10 Feb 2009
- Joya M, López M, Gómez R, Harvey C (no date) Conocimiento local sobre el uso y manejo de los árboles en las fincas ganaderas del municipio de Belén, Rivas. *Rev Encuentro* 68. <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/nicargua/uca/encuen/encuen68/art3.rtf> Accessed 18 Feb 2008
- Lamb D, Gilmour D (2003) Rehabilitation and restoration of degraded forests. IUCNWWF, Gland, Switzerland and Cambridge, UK
- Lamb D, Erskine PD, Parrotta JA (2005) Restoration of degraded tropical forest landscapes. *Science* 310:1628-1632
- Langenberger G, Prigge V, Martin K, Belonias B, Sauerborn J (2009) Ethnobotanical knowledge of Philippine lowland farmers and its application in agroforestry. *Agroforest Syst* 76:173–194.
- Levy SI (2000) Sucesión causada por roza-tumba-quema en las selvas de Lacanhá Chansayab, Chiapas. Dissertation, Colegio de Postgraduados, México
- Levy SI, Golicher JD (2004) How predictive is traditional ecological knowledge? The case of the Lacandon Maya fallow enrichment system. *Interciencia* 29(9):496-503
- Leyva V (2006) Uso, extracción y manejo de los acahuals de la selva baja caducifolia en las localidades Acazónica y Paso de Ovejas de la zona sotavento del estado de Veracruz. Master's Thesis. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, Veracruz, México.
- Línea AES (2008) Diagnóstico transdisciplinario en los municipios de Cárdenas, Tabasco y Paso de Ovejas, Veracruz. Documento Ejecutivo Línea de Investigación en Agroecosistemas Sustentables. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, México
- López JF (2008) Estructura e importancia cultural de la vegetación arbórea en La Mica, Chiapas. Master's Thesis. Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, México.

- López-Gómez AM, Williams-Linera G (2006) Evaluación de métodos no paramétricos para la estimación de riqueza de especies de plantas leñosas en cafetales. *Bol Soc Bot Méx* 78:7-15
- Lucena RFP, Araujo EL, Albuquerque UP (2007) Does the local availability of woody *Caatinga* plants (northeastern Brazil) explain their use value? *Econ Bot* 61: 347- 361
- Lykke AM (1998) Assessment of species composition change in savanna vegetation by means of woody plants' size class distributions and local information. *Biodivers Conserv* 7:1261-1275
- Lykke AM, Kristensen MK, Ganaba S (2004) Valuation of local use and dynamics of 56 woody species in the Sahel. *Biodivers Conserv* 13:1961-1990
- Medina ME, Castillo-Campos G (1993) Vegetación y listado florístico de la Barranca de Acazónica, Veracruz, México. *Bol Soc Bot Mex* 57:73-111
- Mekoya A, Oosting SJ, Fernandez-Rivera S, Van der Zijpp AJ (2008) Farmers' perceptions about exotic multipurpose fodder trees and constraints to their adoption. *Agroforest Syst* 73:141–153.
- Miles L, Newton AC, DeFries RS, Ravilious C, May I, Blyth S, Kapos V, Gordon JE (2006) A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *J Biogeogr* 33:491-505
- Miranda F, Hernández-X E (1963) Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Bol Soc Bot Mex* 28: 29-179
- Monroy-Ortiz, C; Garcia-Moya, E; Romero-Manzanares, A; Sanchez-Quintanar, C; Luna-Cavazos, M; Uscanga-Mortera, E; Gonzalez-Romero, V; Flores-Guido, JS (2009) Participative generation of local indicators for conservation in Morelos, Mexico. *Int J Sustain Dev World Ecol* 16(6): 381-391
- Montagnini F (2001) Strategies for the recovery of degraded ecosystems: experiences from Latin America. *Interciencia* 26(10): 498-503
- Montagnini F (2005) Plantaciones forestales con especies nativas. Una alternativa para la producción de madera y la provisión de servicios ambientales. *Rev Recur Nat y Ambient* 43:26-33
- Montagnini F, Suárez A, Santana MR (2008) Participatory approaches to ecological restoration in Hidalgo, México. *Bois et Forêts des Tropiques* 295(1):5-20
- Mooney HA, Bullock SH, Medina E (1995) Introduction. In: Bullock SH, Mooney HA, Medina E (eds) *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp 1-8
- Murphy PG, Lugo AE (1986) Ecology of tropical dry forest. *Ann Rev Ecol Syst* 17:67- 88
- Newton AC (2008) Restoration of dryland forests in Latin America: The ReForLan Project. *Ecol Restor* 26(1):10-13
- Newton AC, Tejedor N (eds) (2011) *Principles and Practice of Forest Landscape Restoration. Case studies from the drylands of Latin America*, IUCN, Gland, Switzerland, pp 353-383

- Newton AC, Baker P, Ramnarine S, Mesén JF, Leakey RRB (1993) The mahogany shoot borer: prospects for control. *For Ecol Manage* 57: 301-328
- Ouinsavi C, Sokpon N (2008) Traditional agroforestry systems as tools for conservation of genetic resources of *Milicia excelsa* (Welw.) C.C. Berg in Benin. *Agroforest Syst* 74:17-26.
- Pedraza RA, Williams-Linera G (2003) Evaluation of native tree species for the rehabilitation of deforested areas in a Mexican cloud forest. *New Forests* 26: 83-99
- Pieroni A (2001) Evaluation of the cultural significance of wild food botanicals traditionally consumed in Northwestern Tuscany, Italy. *J Ethnobiol* 21: 89-104.
- Piotto D, Viquez E, Montagnini F, Kanninen M (2004a) Pure and mixed forest plantations with native species of the dry tropics of Costa Rica: a comparison of growth and productivity. *For Ecol Manage* 190:359-372
- Piotto D, Montagnini F, Kanninen M, Ugalde L, Vasquez E (2004b) Forest plantations in Costa Rica and Nicaragua: Performance of species and preferences of farmers. *J Sustain For* 18:59-65.
- Rao MR, Singh MP, Day R (2000) Insect pest problems in tropical agroforestry systems: Contributory factors and strategies for management. *Agroforest Syst* 50:243-277
- Román ML, Mora A, Gallegos A (2004) Especies arbóreas de la costa de Jalisco, México, utilizadas como forraje en sistemas silvopastoriles. *Scientia-CUCBA* 6(1- 2):3-11
- Rzedowski J (1978) *Vegetación de México*. Limusa, México, D.F.
- Rzedowski J, Calderón de Rzedowski G (1996) Nota sobre *Bursera cinerea* Engl. (Burseraceae) en el Estado de Veracruz. *Acta Bot Mex* 37:33-38
- Sáenz J (1994) Ecología del pizote (*Nasua narica*) y su papel como dispersador de semillas en el bosque seco tropical, Costa Rica. Master's Thesis in Wildlife Management, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
- SEMARNAT – Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (2002) Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, México, D.F.
- Terborgh J (1986) Keystone plant resources in the tropical forest. In: Soule ME (ed) *Conservation biology: the science of scarcity and diversity*. Sinauer, Sunderland MA, pp 330-344
- Turner N J (1988) The Importance of a rose: evaluating the cultural significance of plants in Thompson and Lillooet Interior Salish. *Am Anthropol, New Series* 90(2): 272-290
- Trejo I, Dirzo R (2000) Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. *Biol Conserv* 94:133-142.
- Valenzuela D (1998). Natural history of the white-nosed coati, *Nasua narica*, in a tropical dry forest of western Mexico. *Rev Mex Mastozool* 3: 26-44

- Villarreal Espino-Barros OA, Marín MM (2006) Agua de origen vegetal para el venado cola blanca mexicano. Arch Zootec 54:191-196
- Villers-Ruiz L, Trejo-Vázquez I (1997) Assessment of the vulnerability of forest ecosystems to climate change in Mexico. Clim Res 9:37-93
- Williams-Linera G, Alvarez-Aquino C (2010) Tropical dry forest landscape restoration in Central Veracruz, Mexico. Ecol Restor 28(3): 259-261
- Williams-Linera G, Lorea F (2009) Tree species diversity driven by environmental and anthropogenic factors in tropical dry forest fragments of central Veracruz, Mexico. Biodivers Conserv 18:3269-3293.
- Williams-Linera G, Alvarez-Aquino C, Suárez A, Blundo C, Smith-Ramírez C, Echeverría C, Cruz-Cruz E, Bolados G, Armesto JJ, Heinemann K, Malizia L, Becerra P, del Castillo RF, Urrutia R (2011) Experimental analysis of dryland forest restoration techniques. In: Newton AC, Tejedor N (Eds.). Principles and Practice of Forest Landscape Restoration: Case studies from the drylands of Latin America. IUCN, Gland, Switzerland, pp 131-181
- Zacarías LE (2007) Estructura, composición y diversidad de la selva baja caducifolia del centro de Veracruz, México. Undergraduate Thesis. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México.
- Zamora S, García J, Bonilla G, Aguilar H, Harvey CA, Ibrahim M (2001) ¿Cómo utilizar los frutos de guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*), genízaro (*Pithecellobium saman*) y jícaro (*Crescentia alata*) en alimentación animal? Agrofor en las Américas 8(31):45-49

CAPITULO II

DESEMPEÑO INICIAL DE OCHO ESPECIES ARBÓREAS ÚTILES DEL BOSQUE SECO EN PLANTACIONES DE RESTAURACIÓN EN EL CENTRO DE VERACRUZ, MÉXICO

Resumen

En un potrero degradado se ensayaron ocho especies arbóreas nativas, de importancia cultural y ambiental, en plantaciones de restauración de selva baja caducifolia; los experimentos se establecieron en plantación mixta (ocho especies) y de enriquecimiento de vegetación secundaria con *Cedrela odorata*. En la plantación mixta, el diseño fue completamente al azar, con unidades experimentales de nueve plantas (2 × 2 m) y cuatro repeticiones por especie. La plantación de enriquecimiento se estableció dentro de un acahual en cuatro líneas de nueve árboles cada una (2 m entre árboles y 8 m entre líneas). Se evaluó la supervivencia, el diámetro a la base del tallo y la altura cada cuatro meses, seis veces en total. Las curvas de supervivencia se analizaron mediante el método de tablas de vida y se compararon por pares mediante las pruebas Wilcoxon y Log-Rank. Las tasas de crecimiento relativo en diámetro (TCRd) y altura (TCRa) se analizaron mediante ANOVA y Kruskal-Wallis. En la plantación mixta, las ocho especies mostraron una respuesta diferencial en sus curvas de supervivencia a los 25 meses. *Leucaena lanceolata* fue la de mejor desempeño (78%); sin embargo, fue estadísticamente similar a *Maclura tinctoria* y *Chloroleucon mangense*. *Diphysa carthagenensis*, *Cordia alliodora*, *Lysiloma acapulcense* y *Lysiloma divaricatum* tuvieron una supervivencia intermedia entre 39% y 53%. La curva de supervivencia de *Cedrela odorata* fue la menor (11%), pero fue estadísticamente mayor en la plantación de enriquecimiento (31%). Las TCRd y TCRa fueron estadísticamente similares entre las ocho especies en la plantación mixta; también para *Cedrela odorata* fueron similar en plantación mixta y en enriquecimiento. Los resultados sugieren que *Leucaena lanceolata*, *Maclura tinctoria* y *Chloroleucon mangense* son las especies más promisorias para plantaciones mixtas de restauración, mientras que *Cedrela odorata* sólo se recomienda en enriquecimiento.

Palabras clave: plantación de enriquecimiento, plantación mixta, restauración, selva baja caducifolia, supervivencia, tasa de crecimiento relativo

EARLY PERFORMANCE OF EIGHT USEFUL TREE SPECIES OF SEASONALLY DRY TROPICAL FOREST IN RESTORATION PLANTATIONS IN CENTRAL VERACRUZ, MEXICO

Abstract

Eight native tree species with cultural and environmental importance were selected to be tested in restoration plantations in a seasonally dry forest. The experiments were established in a degraded pasture as mixed plantation (eight species) and enrichment of secondary vegetation (*Cedrela odorata*). The experimental design was completely random in the mixed plantation, with nine plants units (2 × 2 m) and four replications per species. The enrichment plantation was established in four lines with nine trees each one (2 m between trees, 8 m between lines). Tree survival, diameter at the stem base and height were evaluated every four months, a total of six times. Survival curves were analyzed using life tables method, and pairs of species curves were compared using Wilcoxon test and Log-Rank. Relative growth rate in height (RGRh) and diameter (RGRd) were analyzed using ANOVA and Kruskal-Wallis. In the mixed plantation, the eight species displayed different survival curves at 25 months. *Leucaena lanceolata* showed the best performance (78%), however, its survival response was statistically similar to those of *Maclura tinctoria* and *Chloroleucon mangense*. *Diphysa carthagenensis*, *Cordia alliodora*, *Lysiloma acapulcense* and *Lysiloma divaricatum* had intermediate survival (39% to 53%). *Cedrela odorata* displayed the lowest survival (11%) in mixed plantation, but it was statistically higher in the enrichment planting (31%). RGRh and RGRd were statistically similar among the eight species in mixed plantation; also *Cedrela odorata* behaved similarly in mixed and enrichment plantation. The results suggest that *Leucaena lanceolata*, *Maclura mangense* and *Chloroleucon tinctoria* are the most promising species for restoration activities in mixed plantation whereas *Cedrela odorata* may be recommended in enrichment plantation only.

Key words: enrichment, mixed plantation, relative growth rate, restoration, seasonally dry tropical forest, survival

Introducción

En las regiones tropicales, la escala de deforestación y las grandes áreas de tierras degradadas alertan sobre la necesidad de restaurar la biodiversidad, las funciones ecológicas y los bienes y servicios usados por las comunidades rurales (Lamb et al. 2005). Esto es más urgente en los bosques tropicales secos que en los húmedos, donde a nivel mundial se ha identificado que un 97% de su extensión está expuesto a amenazas como: cambio climático, fragmentación, incendios, conversión a agricultura y crecimiento de la población (Miles et al. 2006). En México, el bosque tropical seco, mejor conocido como selva baja caducifolia (SBC), anteriormente fue el ecosistema tropical de mayor extensión. Se estima que cubría aproximadamente un 60% del total de vegetación tropical del país (Trejo y Dirzo 2000).

La restauración ecológica de la SBC degradada enfrenta dificultades debido a que la regeneración es inhibida por la falta de fuentes cercanas de semillas, pérdida de fauna nativa, incendios frecuentes y degradación del suelo (Bonfil y Trejo 2010). En los paisajes agropecuarios con pastizales degradados y tierras agrícolas abandonadas, la restauración del ecosistema forestal es aún más difícil. En estos casos, las plantaciones forestales con especies nativas pueden ser una estrategia para facilitar la recuperación y mantenimiento de la biodiversidad, así como la fertilidad del suelo (Montagnini 2001).

Las especies nativas tienen más potencial para la restauración que las exóticas, debido a que están adaptadas a las condiciones ambientales locales, las semillas y otros propágulos están localmente disponibles y los productores están familiarizados con sus usos (Montagnini 2001). Las especies nativas en plantaciones mixtas o mezcladas proporcionan una mayor biodiversidad, así como bienes y servicios semejantes al bosque natural (Montagnini 2005; Piotto et al. 2004). Por otra parte, en los bosques degradados o en la vegetación secundaria de escaso valor ecológico y/o socioeconómico, las plantaciones de enriquecimiento con especies que provean estos valores son una herramienta potencial para la reforestación, para complementar la regeneración natural, además de aprovechar las condiciones favorables de microambiente que genera la vegetación leñosa remanente (Griscom et al. 2005; Vieira y Scariot 2006; Vieira et al. 2007). En México, muchos proyectos de reforestación en el trópico

seco no han tenido el éxito deseado con especies exóticas, debido a que no se tomó en cuenta las necesidades e intereses de la población local, que por lo general son cubiertas mejor con especies nativas (Cervantes et al. 1996; Cruz-Cruz 2011).

En el ámbito seco del Neotrópico se tiene documentado el desempeño de especies nativas en plantaciones comerciales y de recuperación en países como Costa Rica (Fonseca-González y Morera 2008; Piotto et al. 2004), Panamá (Griscom et al. 2005; Potvin y Gotelli 2008) y Brasil (Sampaio et al. 2007; Souza y Batista 2004). En México se tienen algunas experiencias (Álvarez-Aquino y Williams-Linera en revisión; Ayala-García 2008; Barajas-Guzman et al. 2006; Castellanos-Castro y Bonfil 2010; Ortiz-Arrona et al. 2005). Pero, es necesario conocer el desempeño en plantaciones de restauración de las especies nativas para cada zona en particular, debido entre otras cosas a la amplia distribución de la SBC en el país, la gran diversidad de especies leñosas presentes en estas selvas, su importancia socioeconómica y cultural, así como el ritmo acelerado de deforestación. Por ello los protocolos de restauración deben ser específicos a cada zona del país, con las especies apropiadas a las condiciones ecológicas del sitio y a las necesidades y preferencias de la población local. Por ejemplo, en el trópico seco los esfuerzos de restauración forestal mediante plantaciones requieren que las especies seleccionadas estén bien adaptadas a las condiciones de estrés hídrico y temperaturas altas que ocurren en el periodo seco del año, que por lo general es más largo que el húmedo (McLaren y McDonald 2003; Vieira y Scariot 2006).

En la zona central de Veracruz, diversas instituciones gubernamentales han promovido la reforestación con especies maderables como *Cedrela odorata* L. y *Tabebuia rosea* (Bertol.) A. DC. (nativas), así como *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm., *Tectona grandis* L. f. y *Tabebuia donnell-smithii* J. N. Rose (exóticas). La especie preferida ha sido *Cedrela odorata*, ya que es bien conocida por la belleza y trabajabilidad de su madera. Es la especie más producida en los viveros locales (Benitez et al. 2002). Pero, generalmente se ha plantado en plantaciones monoespecíficas, en una gran variedad de sitios y regímenes de manejo, por lo que la supervivencia y crecimiento también han sido muy variables entre sitios (Pedraza 2011). Además, recuperar la biodiversidad de especies leñosas locales no ha sido objetivo en este tipo de plantaciones, ni la provisión de otros bienes y servicios aparte del maderable. A pesar de

que los campesinos de la zona reconocen los bienes y servicios que éstas les proveen y que incluso algunas especies están en peligro de desaparecer por sobreexplotación (Suárez et al. 2011).

Para estimular el uso de especies leñosas nativas en plantaciones de restauración, es necesario contar con información sobre el comportamiento de éstas durante la fase de establecimiento, lo cual permite detectar a las especies con mayores ventajas para sobrevivir y crecer en sitios degradados. Por ello, en esta investigación se ensayaron en un potrero degradado ocho especies nativas de esta zona en una plantación mixta y una especie en enriquecimiento de vegetación secundaria; las especies fueron seleccionadas a partir del conocimiento local como especies útiles, escasas y/o con valor para el hábitat y/o alimento de fauna silvestre (Suárez et al. 2011 o ver capítulo anterior). Los objetivos de este estudio fueron: 1) evaluar el desempeño inicial de ocho especies nativas en una plantación mixta y 2) comparar el desempeño inicial de una especie de alto valor comercial en plantación mixta contra una de enriquecimiento.

Materiales y métodos

Sitio de estudio

El ensayo se estableció en el año 2008 en un potrero degradado del predio denominado Rancho Xocotitla, Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México, localizado a 19° 11' 04'' N y 96° 32' 11'' O y a una altitud de 245 m (Fig. 1). La topografía es de lomeríos con una pendiente < 5%. Las características físico-químicas del suelo a una profundidad de 0 a 15 cm se describen en el Cuadro 1. El tipo de clima predominante es el Aw₀, los registros de los últimos 60 años de la estación meteorológica más cercana (24.5 km, Loma Fina; 19° 10' N, 96° 18' O, 30 m altitud) indican una temperatura promedio anual de 25.3 °C y una precipitación promedio anual de 894.1 mm. Para los propósitos de este estudio el año se dividió en tres periodos principales: seco (F, M, A y M), lluvias (J, J, A y S) y nortes (O, N, D y E) (Cuadro 2).

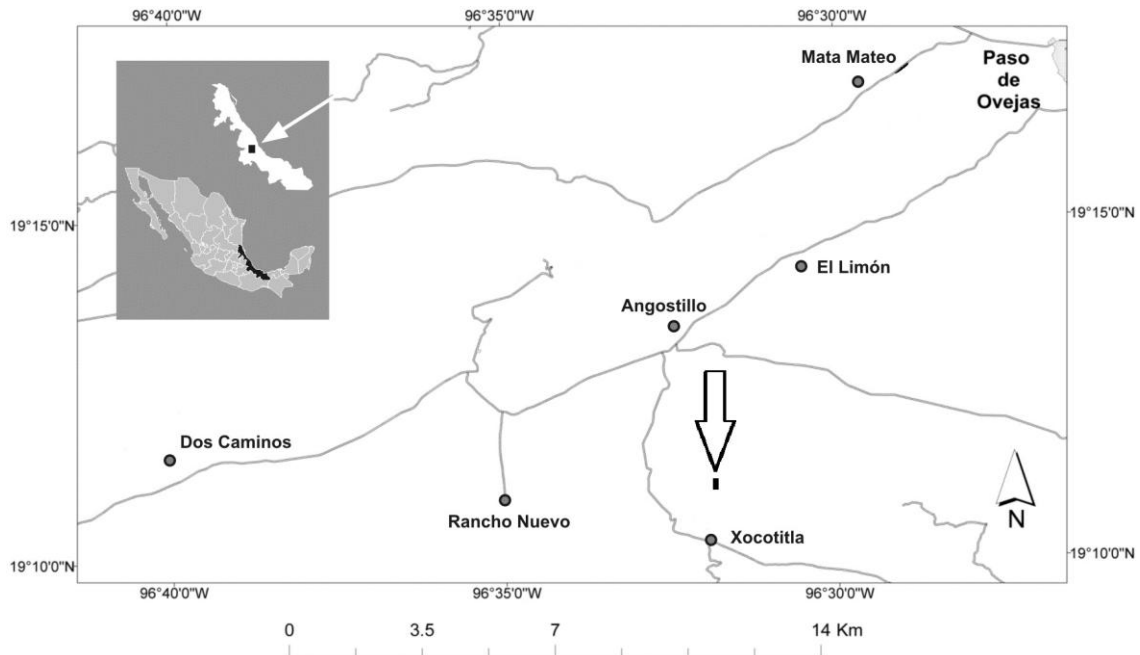


Fig. 1 Localización del área de estudio en el Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México. La punta de la flecha vertical señala la ubicación de la parcela del ensayo.

De acuerdo con el propietario del terreno, este potrero a mediados de los años 70's estaba ocupado por un bosque secundario con predominancia de leñosas de la familia Fabaceae, posteriormente fue talado y se quemaron los residuos para cultivar maíz. En los años posteriores se cultivó tomate y papaya, esta fase agrícola duró unos 10 años. Finalmente se estableció un potrero con los pastos "privilegio", *Panicum maximum* Jacq., y "jaragua", *Hypparrhenia rufa* (Nees) Stapf. El potrero fue utilizado para el pastoreo de ganado bovino por unos 23 años, sin embargo la cobertura de los pastos fue disminuyendo por la invasión de malezas. El control de malezas se ha hecho mediante quemas periódicas cada dos o tres años, la última quema fue en el año 2004. El sitio, un año antes del establecimiento de la plantación, tenía una cobertura del suelo de 58% de pastos y 8% de otras herbáceas, y la estructura de la vegetación de especies leñosa consistía de un área basal de $3.9 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ con altura media de 1.7 m; las especies dominantes eran *Cordia* sp, *Randia aculeata* L., *Guazuma ulmifolia* Lam., *Thouinidium decandrum* (Bonpl.) Radlk. e *Ipomoea wolcottiana* J. N. Rose (Williams-Linera et al. 2011a).

Cuadro 1 Características físicas y químicas del suelo (a una profundidad de 0 a 15 cm) en el terreno del ensayo de desempeño en campo, Rancho Xocotitla, Paso de Ovejas, Veracruz, México. Los valores son medias y desviación estándar entre paréntesis, n=4.

Variable	Media (Desv. Std.)
pH	6.93 (0.44)
Densidad aparente (g cm ⁻³)	1.73 (0.15)
Materia orgánica (%)	4.76 (1.49)
Carbono orgánico (%)	2.76 (0.86)
Carbono total (%)	2.22 (0.77)
Nitrógeno (%)	0.34 (0.09)
C/N	6.96 (2.89)
Textura	Migajón arcilloso

Cuadro 2 Valores promedio de temperatura y precipitación durante las estaciones de secas, de lluvias y de nortes en el área de estudio. Datos climáticos registrados en la estación meteorológica de Loma Fina, Paso de Ovejas, Veracruz, México.

Periodo	secas	lluvias	nortes
Meses	F M A M	J J A S	O N D E
Temperatura máxima mensual promedio (°C)	31.3	32.1	28.9
Temperatura mínima mensual promedio (°C)	19.4	22.1	17.8
Temperatura media (°C)	25.4	27.1	23.4
Precipitación mensual media (mm)	14.9	179.8	28.8
Precipitación media (mm)	59.6	719.1	115.4

Especies seleccionadas

Las especies ensayadas fueron seleccionadas del diagnóstico de conocimiento local sobre leñosas efectuado por Suárez et al. (2011) en los municipios de Paso de Ovejas y Comapa, Veracruz, México, en el cual se sugieren las especies potenciales para restauración de la selva baja caducifolia con base en su importancia como especies útiles, escasas y para fauna silvestre (Cuadro 3).

Cuadro 3 Especies ensayadas en plantaciones de restauración de selva baja caducifolia en un potrero degradado del Rancho Xocotitla, Paso de Ovejas, Veracruz, México.

Familia y especie	Tipos de usos	Importancia para la fauna silvestre
Boraginaceae		
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	co, cm, he, ma, ar	
Fabaceae		
<i>Chloroleucon mangense</i> (Jacq.) Britton & Rose	co, po, cm, he, cv, fo	av
<i>Diphysa carthagenensis</i> Jacq.	co, po, cm, cv	
<i>Leucaena lanceolata</i> S. Watson	co, po, cm, al, cv, fo	ve
<i>Lysiloma acapulcense</i> (Kunth) Benth.	po, co, he, so	av, ar,
<i>Lysiloma divaricatum</i> (Jacq.) J.F. Macbr.	co, po, cm	av, ar
Meliaceae		
<i>Cedrela odorata</i> L.	ma, he, or	av, mp
Moraceae		
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud.	po, co, al, me, so	av, ar, mp, mu

Tipos de usos: co = construcción, al= alimento, po = postes, cm = combustible, me = medicinal, cv = cerca viva, or = ornamental, fo = forraje, he = herramientas, so = sombra para el ganado, ma = madera, y ar = artesanías
 Importancia para la fauna silvestre como hábitat y/o alimento: av = aves, mp = mapache, ar = ardilla, mu = murciélagos frugívoros, ve = venado cola blanca.

Material empleado

Se recolectó semilla de las especies seleccionadas de entre cinco a doce árboles sanos y vigorosos por especie, todos en el municipio de Paso de Ovejas, Veracruz. Las semillas se germinaron en un vivero rústico a finales de abril y principios de mayo del 2008. Las plántulas se trasplantaron a bolsas de polietileno negro de 15 × 25 cm; el sustrato empleado fue de tierra lama, hojarasca composteada y bagazo de caña en proporción 1:1:1. El manejo en vivero consistió en una fertilización con 1g de Nitrofoska azul MR (12-12-17 + 2 Mg) al momento del trasplante y ocho dosis semanales de fertilización foliar con CytoRaizan 600 (10-40-10 + 0.7 Mg + 0.8 S + Acido Indolbutírico 500 ppm); se desyerbó regularmente de forma manual y los riegos fueron diarios. A los 105 días de edad (una semana antes de plantarlas en el campo) se midieron el diámetro a la base del tallo, la altura y la biomasa de raíz y vástago en cinco plantas por especie seleccionas al azar de la parte central de la platabanda (Cuadro 4).

Cuadro 4 Características morfológicas de ocho especies arbóreas producidas en un vivero rústico en Paso de Ovejas, Veracruz, México, una semana antes del trasplante a campo.

Especie	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Índice de esbeltez Altura / Diámetro	Biomasa raíz (g)	Biomasa vástago (g)	Relación: vástago / raíz
<i>Cordia alliodora</i>	3.1 d	20.9 b	6.6	0.58	1.24	2.3
<i>Chloroleucon mangense</i>	3.6 bcd	29.9 b	8.5	0.53	1.51	2.8
<i>Diphysa carthagenensis</i>	5.0 abc	64.6 a	12.9	1.91	6.00	3.1
<i>Lysiloma acapulcense</i>	5.3 ab	32.1 b	6.2	1.28	3.20	2.6
<i>Lysiloma divaricatum</i>	3.5 bcd	34.7 b	9.9	0.67	1.59	2.4
<i>Leucaena lanceolata</i>	4.6 abcd	80.8 a	18.3	1.50	5.18	3.6
<i>Cedrela odorata</i>	5.5 a	36.3 b	6.9	0.76	2.24	3.3
<i>Maclura tinctoria</i>	3.4 cd	22.0 b	6.4	0.37	1.19	3.4

Medias con distinta letra en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).

ANOVA: Diámetro, $F = 5.5$, $P = 0.0003$; Altura, $F = 31.37$, $P = 0.0001$

Diseño experimental y manejo de las plantaciones

Se delimitó una parcela rectangular de 2376 m², la cual fue cercada con alambre de púas para excluir la interferencia por el ganado bovino. En esta parcela se establecieron dos tipos de plantaciones: una mixta y una de enriquecimiento. El trasplante al sitio fue entre el 2 y 9 de septiembre del 2008. En la plantación mixta se ensayaron las ocho especies seleccionadas (Cuadro 3), plantadas en marco real a 2 × 2 m de distancia. La preparación del sitio consistió en el chapeo de la vegetación herbácea y leñosa. Se dejaron algunos árboles de especies útiles, quedando una cobertura del dosel del 5.5%. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, los tratamientos fueron las ocho especies seleccionadas, las unidades experimentales fueron grupos de nueve árboles de cada especie (3 × 3) con cuatro repeticiones (36 árboles por especie y 288 en total), la unidad de observación fue cada planta dentro de una unidad experimental.

En la plantación de enriquecimiento se plantó *Cedrela odorata* en cuatro líneas de nueve árboles cada una, el espaciamiento fue de 2 m entre árboles y 8 m entre líneas. La preparación del sitio consistió del chapeo de leñosas y herbáceas en una franja de aproximadamente 1.5 m de ancho a lo largo de las líneas de plantación, la cobertura del dosel remanente en esas

franjas fue del 22.1%. Los tratamientos comparados fueron *Cedrela odorata* en plantación de enriquecimiento contra *Cedrela odorata* en plantación mixta. Una vez establecidas las plantas en el campo, el control de malezas y bejucos se llevó a cabo manualmente poco antes de efectuar cada medición.

Variables medidas

Las plantas se midieron en seis ocasiones: al mes de haberse plantado y después en cuatro intervalos cada cuatro meses al final de cada periodo de nortes, seco y lluvias; la evaluación final se efectuó a los 25 meses. A cada planta se le midió el diámetro a la base del tallo con un Vernier digital (± 0.01 mm) y la altura total con una regla de madera (± 1 cm); además se registraron las plantas muertas, el rebrote desde la base del tallo, los daños por insectos defoliadores y ramoneo, necrosis en hojas, quemaduras por sol y ceñimiento del tallo. Con los datos de altura total y diámetro a la base del tallo se calcularon las tasas de crecimiento relativo (TCR) (Hunt 1978). Las TCR fueron calculadas con la formula:

$$TCR = \ln H_2 - \ln H_1 / t_2 - t_1$$

Donde H_2 y H_1 son la altura total o diámetro de la base del tallo a diferentes tiempos (t_2 y t_1).

Análisis estadístico

La supervivencia se analizó mediante la función: $S(t) = \Pr(T > t)$, donde $S(t)$ es la distribución de supervivencia y T es el tiempo de vida de una unidad experimental seleccionada al azar. La función de supervivencia evaluada al tiempo t es la probabilidad de que una unidad experimental de la población tendrá un tiempo de vida superior a t . Esta función de supervivencia es aplicable cuando se desconoce el tiempo exacto de muerte de una plántula y cuando no todos los individuos mueren durante el tiempo del experimento (Fox 1993). La función de supervivencia se obtuvo con el método de tablas de vida, mediante el procedimiento LIFETEST (SAS 1998). Con este mismo procedimiento se compararon por pares las curvas de supervivencia de las especies ensayadas, para detectar diferencias

estadísticas significativas entre ellas ($p \leq 0.05$) usando la prueba de X^2 ; la hipótesis nula de que la función de supervivencia es idéntica entre pares de curvas se analizó mediante las pruebas Wilcoxon y Log-Rank, dependiendo si había o no cruce entre pares de curvas, respectivamente (Der y Everitt 2002).

Las tasas de crecimiento relativo en altura (TCR_{alt}) y en diámetro (TCR_{diam}) se compararon entre especies. Antes del análisis estadístico se verificaron los supuestos de normalidad (prueba de Shapiro y Wilk) y homogeneidad de varianzas (prueba de Bartlett). Cuando se cumplieron estos supuestos se utilizó ANOVA de una vía y cuando no se cumplieron dichos supuestos se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Cuando se encontraron diferencias estadísticas se procedió a hacer la comparación de medias mediante la prueba de Tukey.

Los análisis de supervivencia y TCR se efectuaron para los intervalos de medición a 17 y 25 meses para observar los cambios en tendencias después de uno y dos periodos secos, respectivamente. Todos los análisis estadísticos se calcularon en el Sistema SAS V6.12 (SAS 1998).

Resultados

Supervivencia

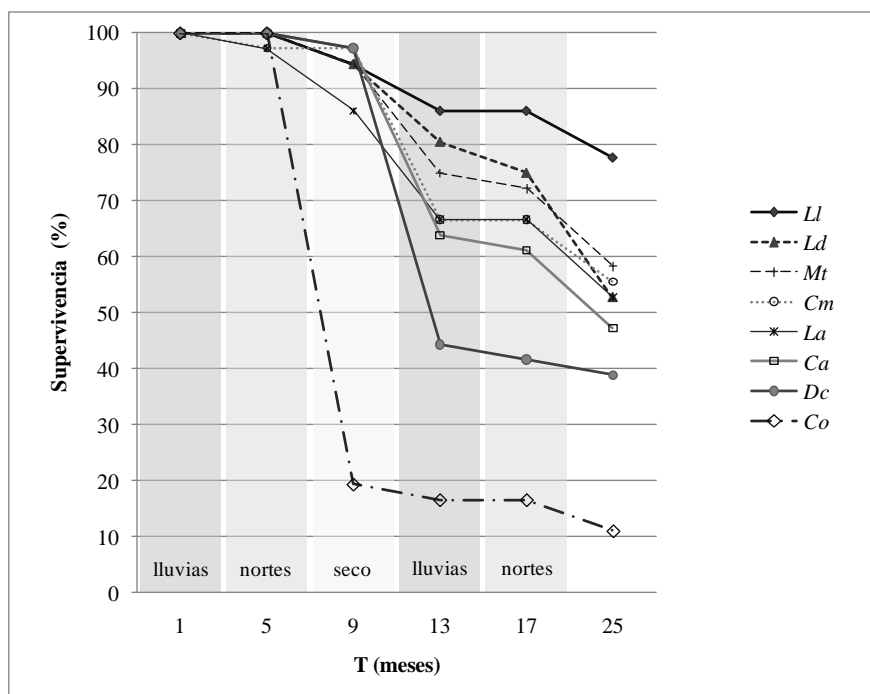
Durante el primer mes después del trasplante a campo se replantaron los individuos que murieron antes de efectuar la primera medición. Estos individuos pertenecen a las especies *Leucaena lanceolata* y *Cedrela odorata* (tanto en la plantación mixta como en la de enriquecimiento) en un 8% de cada especie, mientras que *Cordia alliodora* y *Chloroleucon mangense* en un 3% cada una. En el caso de *Cedrela odorata*, todos los árboles que fueron sustituidos en la plantación mixta presentaron un daño en la base del tallo en forma de anillamiento, aparentemente ocasionado por alguna especie de caracol; en contraste, en la plantación de enriquecimiento este tipo de daño solo se observó en un individuo.

En la plantación mixta, las ocho especies ensayadas mostraron una respuesta diferencial en sus curvas de supervivencia (Fig. 2A, Cuadro 5). Tanto después de la estación seca del primer año (17 meses) como después de la del segundo año (25 meses), la mayor y menor supervivencia la presentaron *Leucaena lanceolata* (86% y 78%) y *Cedrela odorata* (17% y 11%), respectivamente (Fig. 2A). Sin embargo, las curvas de supervivencia fueron estadísticamente similares entre *Leucaena lanceolata*, *Maclura tinctoria* y *Chloroleucon mangense* a los 25 meses, en contraste la de *Cedrela odorata* fue significativamente diferente a la de todas las demás especies en ambos periodos evaluados (Cuadro 5). Al final del experimento, *Diphysa carthagenensis*, *Cordia alliodora*, *Lysiloma acapulcense* y *Lysiloma divaricatum* tuvieron una supervivencia intermedia entre 39% y 53% (Fig. 2A).

Cuadro 5 Matriz de comparación entre pares de curvas de supervivencia de ocho especies en plantación mixta a los 17 (renglón superior) y 25 meses (renglón inferior) en un potrero degradado en Paso de Ovejas, Veracruz, México. Las abreviaturas de los nombres de las especies corresponden a: Cm es *Chloroleucon mangense*, Dc es *Diphysa carthagenensis*, La es *Lysiloma acapulcense*, Ld es *Lysiloma divaricatum*, Ll es *Leucaena lanceolata*, Ca es *Cordia alliodora*, Mt es *Maclura tinctoria*, Co es *Cedrela odorata*. Los valores de X^2 corresponden a la prueba Log-Rank (L) y Wilcoxon (W); grados de libertad en todas las comparaciones pareadas =1; ns es no significativo, * es $P < 0.05$, ** es $P < =0.01$, *** es $P < =0.001$

	Cm		Dc		La		Ld		Ll		Ca		Mt	
	X ²	P	X ²	P	X ²	P	X ²	P	X ²	P	X ²	P	X ²	P
Dc	3.79 ^W	ns												
	2.76 ^W	ns												
La	0.06 ^L	ns	1.99 ^W	ns										
	0.18 ^W	ns	1.10 ^W	ns										
Ld	0.69 ^W	ns	7.77 ^W	**	0.79 ^L	ns								
	0.04 ^W	ns	4.27 ^W	*	0.09 ^L	ns								
Ll	3.20 ^W	ns	12.84 ^W	***	3.76 ^L	ns	1.28 ^L	ns						
	3.76 ^W	ns	11.30 ^L	***	5.07 ^L	*	4.39 ^L	*						
Ca	0.10 ^W	ns	2.95 ^L	ns	0.00 ^L	ns	1.42 ^W	ns	4.62 ^W	*				
	0.24 ^W	ns	0.95 ^L	ns	0.00 ^W	ns	0.65 ^W	ns	6.26 ^W	*				
Mt	0.25 ^W	ns	5.85 ^W	*	0.42 ^L	ns	0.07 ^L	ns	1.91 ^L	ns	0.69 ^W	ns		
	0.14 ^W	ns	4.13 ^W	*	0.43 ^L	ns	0.14 ^L	ns	2.88 ^L	ns	0.84 ^W	ns		
Co	34.60 ^W	***	21.19 ^L	***	26.41 ^W	***	31.39 ^L	***	38.19 ^L	***	28.84 ^L	***	30.18 ^L	***
	35.40 ^W	***	23.54 ^L	***	26.74 ^W	***	27.01 ^L	***	40.19 ^L	***	26.90 ^L	***	29.52 ^L	***

A



B

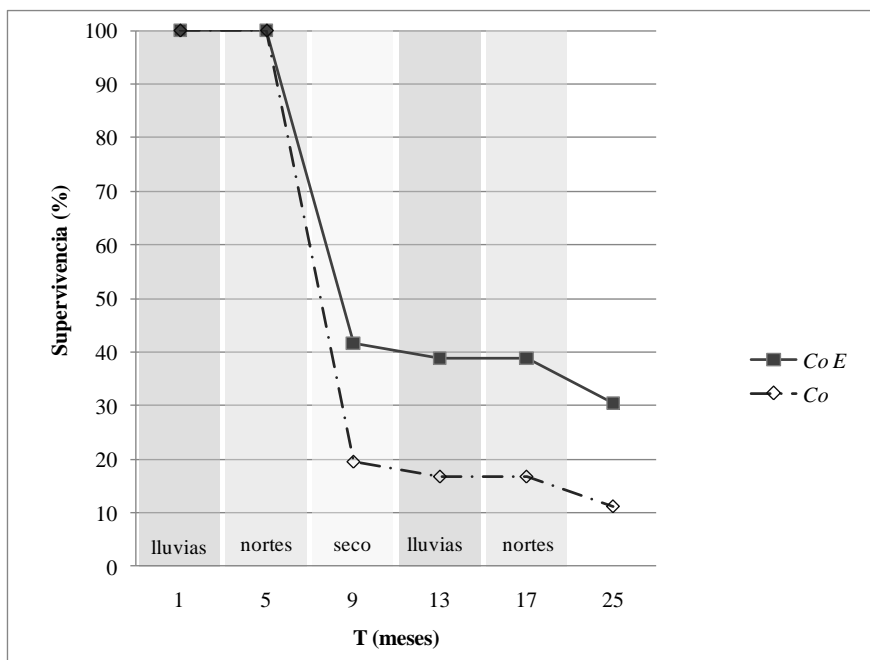


Fig. 2 Curvas de supervivencia (25 meses) de ocho especies leñosas plantadas en un potrero degradado en Paso de Ovejas, Veracruz, México. A: en plantación mixta; y B: comparación de *Cedrele odorata* en enriquecimiento (Co E) contra plantación mixta (Co). Ver Cuadro 5 para comparación entre pares de curvas y abreviaturas de los nombres de las especies.

Al comparar la supervivencia de plántulas de *Cedrela odorata* entre plantación de enriquecimiento vs mixta, se detectaron diferencias estadísticamente significativas en las curvas de supervivencia tanto a los 17 meses (Log-Rank $X^2 = 4.44$, $gl = 1$, $P = 0.04$), como a los 25 meses (Log-Rank $X^2 = 4.62$, $gl = 1$, $P = 0.03$) (Fig. 2B). Al final de ambos periodos de medición, *Cedrela odorata* en enriquecimiento presentó una mayor supervivencia (39% y 31%) que en plantación mixta (17% y 11%).

Las diferencias entre pares de curvas de las especies en las evaluaciones a 17 y 25 meses mostraron pocos cambios en su nivel de significancia (Cuadro 5). Cabe destacar los cambios en significancia entre las curvas de supervivencia de *Leucaena lanceolata* vs *Lysiloma acapulcense* y *Lysiloma divaricatum*. Estas curvas cambiaron de no presentar diferencias significativas a los 17 meses a ser significativamente diferentes en 25 meses.

En general se observaron dos caídas en las curvas de supervivencia para todas las especies y en los dos tipos de plantación (Fig. 3A y B). La caída más importante en las curvas de supervivencia ocurrió durante el primer año. En la Fig. 3 se observa que la mortalidad en la plantación mixta alcanzó un 83% en *Cedrela odorata* y entre 14 y 56% en las demás especies; mientras que en la plantación de enriquecimiento, *Cedrela odorata* tuvo una mortalidad del 61%. La segunda caída fue en el segundo año, aquí la mortalidad fue menor, en la plantación mixta fue de 6% en *Cedrela odorata* y entre 8 a 28 % en las demás especies; en tanto que en enriquecimiento *Cedrela odorata* presentó una mortalidad del 8%.

Las caídas en las curvas de supervivencia estuvieron asociadas con los periodos de estrés hídrico: durante el primer año, nortes y seco en *Cedrela odorata* tanto en plantación mixta como de enriquecimiento; para las siete especies restantes ocurrió en los periodos seco y de lluvias, sin embargo probablemente las plantas murieron al inicio de las lluvias. En el segundo año, la caída se registró al final de la evaluación, entre los 17 y 25 meses, abarcando los periodos seco y de lluvias; durante los nortes la mortalidad fue mínima.

Todas las especies manifestaron el evento de muerte aparente y rebrote de la parte aérea en al menos un individuo (Cuadro 6). La especie que presentó en mayor número este evento fue

Cordia alliodora y el menor fue *Maclura tinctoria*. La muerte y rebrote de la parte aérea en la misma planta en dos ocasiones fue registrada en *Leucaena lanceolata*, *Chloroleucon mangense*, *Lysiloma divaricatum* y *Cordia alliodora*. En la plantación de enriquecimiento con *Cedrela odorata* se dió el caso de rebrote en cinco plantas después de dos evaluaciones (8 meses) en las que se habían registrado como muertas; esto también ocurrió en la plantación mixta con *Lysiloma acapulcense*, *Lysiloma divaricatum* y *Cedrela odorata*, pero en una sola planta de cada especie.

Cuadro 6 Número de plantas que presentaron muerte de parte aérea y rebrote (n = 36 plantas por especie) en una plantación mixta en un potrero degradado de Paso de Ovejas, Veracruz, México.

Especie	1 vez	2 veces	Total	Supervivencia de rebrotos a 25 meses (%)
<i>Chloroleucon mangense</i>	3	2	5	80
<i>Dyphisa carthagenensis</i>	2	0	2	0
<i>Lysiloma acapulcense</i>	3	0	3	30
<i>Lysiloma divaricatum</i>	2	1	3	70
<i>Leucaena lanceolata</i>	0	5	5	80
<i>Cordia alliodora</i>	6	1	7	40
<i>Cedrela odorata</i>	4	0	4	50
<i>Cedrela odorata</i> E	6	1	7	100
<i>Maclura tinctoria</i>	1	0	1	100

Crecimiento relativo

En la plantación mixta, la TCR_{diam} a los 17 meses después del trasplante fue estadísticamente diferente entre las ocho especies ensayadas (ANOVA, $F = 2.69$, $gl = 7$, $P = 0.03$). La diferencia se debió a que *Cedrela odorata* y *Maclura tinctoria* tienen una TCR_{diam} significativamente diferente entre si, aunque similar a las otras especies (Cuadro 7). Sin embargo, a los 25 meses después del trasplante las diferencias entre especies no fueron significativas (Kruskall-Wallis, $X^2 = 7.79$, $gl = 7$, $P = 0.35$). En el caso de la TCR_{alt} no se detectaron diferencias significativas a 17 meses (Kruskall-Wallis, $X^2 = 9.06$, $gl = 7$, $P = 0.25$) ni a 25 meses (Kruskall-Wallis, $X^2 = 11.13$, $gl = 7$, $P = 0.13$) (Cuadro 7).

Cuadro 7 Tasa de crecimiento relativo en diámetro (TCR_{diam}) y en altura (TCR_{alt}) de ocho especies en plantación mixta a 17 y 25 meses del trasplante a campo, en un potrero degradado en Paso de Ovejas, Veracruz, México. Los valores son media y desviación estándar están entre paréntesis. Medias con distinta letra en una columna son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey, $P \leq 0.05$

Especie	TCR_{diam} (mm mm ⁻¹ mes ⁻¹)		TCR_{alt} (cm cm ⁻¹ mes ⁻¹)	
	17 meses	25 meses	17 meses	25 meses
<i>Cordia alliodora</i>	0.051 (0.009) ab	0.033 (0.014) a	0.044 (0.008) a	0.045 (0.016) a
<i>Chloroleucon mangense</i>	0.049 (0.004) ab	0.037 (0.005) a	0.049 (0.003) a	0.044 (0.005) a
<i>Diphysa carthagenensis</i>	0.040 (0.011) ab	0.039 (0.009) a	0.028 (0.019) a	0.030 (0.008) a
<i>Leucaena lanceolata</i>	0.052 (0.015) ab	0.047 (0.021) a	0.046 (0.023) a	0.043 (0.025) a
<i>Lysiloma acapulcense</i>	0.061 (0.002) ab	0.049 (0.008) a	0.044 (0.004) a	0.051 (0.013) a
<i>Lysiloma divaricatum</i>	0.045 (0.016) ab	0.041 (0.020) a	0.028 (0.024) a	0.015 (0.026) a
<i>Cedrela odorata</i>	0.068 (0.019) a	0.048 (0.001) a	0.051 (0.016) a	0.061 (0.017) a
<i>Maclura tinctoria</i>	0.036 (0.015) b	0.033 (0.013) a	0.034 (0.012) a	0.032 (0.012) a

En la comparación de *Cedrela odorata* en plantación mixta contra *Cedrela odorata* en plantación de enriquecimiento no se detectaron diferencias significativas en la TCR_{diam} a 17 meses ($t = 1.16$, $P = 0.30$) ni a 25 meses ($t = -0.30$, $P = 0.78$). En el caso de la TCR_{alt} , tampoco se detectaron diferencias significativas a 17 meses ($t = 1.14$, $P = 0.31$) ni a 25 meses ($t = 0.35$, $P = 0.74$) (Cuadro 8).

Cuadro 8 Tasa de crecimiento relativo en diámetro (TCR_{diam}) y en altura (TCR_{alt}) de *Cedrela odorata* en plantación mixta y de enriquecimiento a 17 y 25 meses del trasplante a campo. Medias con distinta letra en una columna son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de t de Student, $P \leq 0.05$

Tipo de plantación	TCR_{diam} (mm mm ⁻¹ mes ⁻¹)		TCR_{alt} (cm cm ⁻¹ mes ⁻¹)	
	17 meses	25 meses	17 meses	25 meses
Mixta	0.068 (0.019) a	0.048 (0.001) a	0.051 (0.016) a	0.061 (0.017) a
Enriquecimiento	0.054 (0.015) a	0.052 (0.020) a	0.035 (0.02) a	0.057 (0.015) a

Daños

Los tipos de daños observados en las plantas durante 17 meses de evaluación fueron: necrosis en hojas y ápices, quemaduras en la base del tallo por insolación, herbivoría por insectos defoliadores y ramoneo por fauna silvestre. Una necrosis parcial en hojas y ápices se observó en *Maclura tinctoria* durante la primera evaluación en un 22% de plantas, sin embargo en las siguientes evaluaciones ya no se observó este daño. Los daños por quemaduras en la base del tallo se observaron frecuentemente en *Cedrela odorata* (33%) en la plantación mixta; otras especies que presentaron este daño fueron *Leucaena lanceolata* (6%), *Chloroleucon mangense* (4 %) y *Maclura tinctoria* (3%). El daño por herbivoría en hojas, se observó principalmente en *Lysiloma acapulcense* en un 15% de las plantas, así como en *Cordia alliodora* (7%) y *Cedrela odorata* (4%) en plantación de enriquecimiento, en el resto de las especies fue igual o menor al 3%. El daño por ramoneo de brotes terminales se observó en *Diphysa carthagenensis* (13%), *Leucaena lanceolata* (7%) y *Lysiloma acapulcense* (6%); *Cordia alliodora* y *Cedrela odorata* no presentaron este tipo de daño; en el resto de las especies fue entre 2 y 3%.

Otras observaciones

Un evento de floración precoz se observó a los nueve meses de la plantación en *Diphysa carthagenensis* en el 26% de las plantas supervivientes, y a los 13 meses en el 8% de las plantas de *Leucaena lanceolata*. En el caso de *Cedrela odorata*, tanto en plantación mixta como de enriquecimiento, no se observó en ningún arbolito signos de daños por el barrenador del tallo de las meliáceas *Hypsipyla gradella* (Zeller) durante todo el periodo de medición.

Discusión

La supervivencia es quizás el atributo más importante a tomar en cuenta en la elección de las especies en plantaciones de restauración. El establecimiento de la planta en condiciones de estrés hídrico es un evento crítico, que tiene un efecto directo en el desarrollo de la sucesión y en los costos de establecimiento (Ceccon 2011; Elliot et al. 2003; Vieira y Scariot 2006).

En este ensayo se observaron diferencias en las curvas de supervivencia de las especies ensayadas en plantación mixta, siendo más evidente la de *Cedrela odorata* con respecto a las demás especies; dado que su curva de supervivencia tuvo una caída más drástica y ocurrió antes que las demás, esto puede indicar que fue la más sensible al estrés hídrico del periodo seco. En el resto de las especies la mortalidad fue menos pronunciada y ocurrió después, en el periodo de lluvias. De manera similar, en experimentos independientes en la misma region, Alvarez-Aquino y Williams-Linera (en revisión) registraron una mayor mortalidad en *Luehea candida* y *Tabebuia rosea* durante el periodo de lluvias que en el seco.

Cedrela odorata tuvo el doble de supervivencia en la plantación de enriquecimiento que en plantación mixta, lo cual indica un efecto de protección de la desecación por parte de la vegetación secundaria. Varios autores han reportado que la presencia de vegetación ayuda a la supervivencia y crecimiento de especies plantadas en bosques tropicales secos. Por ejemplo, Aerts et al. (2007) reportan que la supervivencia de *Olea europaea* ssp. *cuspidata* es significativamente más alta cuando se planta bajo cobertura vegetal que en suelo desnudo. Igualmente se ha reportado que se debe tomar en cuenta la vegetación existente en experimentos de restauración (Álvarez-Aquino y Williams-Linera en revisión) y aun, que no es siempre necesario eliminar la cobertura herbácea en las plantaciones (Williams-Linera et al. 2011b).

La supervivencia de plantas en el presente ensayo fue alta y se encuentra dentro de los valores reportados para muchos estudios llevados a cabo en otros bosques secos. En una síntesis de estudios sobre plantaciones de restauración de selva baja caducifolia en varias regiones de México, Bonfil y Trejo (2010) reportan que la supervivencia de seis especies nativas a 24 meses de edad está en un intervalo de 77 a 8%, pero en tres de ellas esta por debajo de 50%. En el presente ensayo, se encontró que las especies *Leucaena lanceolata*, *Maclura tinctoria* y *Chloroleucon mangense* tuvieron una supervivencia muy alta (78 a 56%), mientras que especies como *Diphysa carthagenensis*, *Cordia alliodora*, *Lysiloma acapulcense* y *Lysiloma divaricatum* presentaron una supervivencia relativamente alta (53 a 39%).

Otros ensayos de restauración con árboles procedentes de vivero, tanto de México como de otras áreas de América tropical proporcionan información de este atributo de desempeño. En la Sierra de Huautla, Morelos, en plantaciones mixtas con 19 especies arbóreas de SBC, plantas de *Lysiloma divaricatum* presentaron una supervivencia de 45% a los 12 meses, (Carrasco-Carballido y Martínez-Garza 2011). En Jalisco, en las riveras del río Ayuquila, Ortiz-Arrona et al. (2005) reportan una supervivencia promedio de 52% para seis especies arbóreas de bosque seco a un año de plantadas. En la región del Cerrado en Brasil, la supervivencia fue > 60% en una plantación de 14 meses de edad (Sampaio et al. 2007). Por otra parte en Los Santos, Panamá, Griscom et al. (2005) reportan que a los 16 meses *C. odorata* en ensayos de plantación en potreros tuvo una supervivencia del 42%; mientras que en la parte central de Panamá, Potvin y Gotelli (2008) reportan una tasa de mortalidad instantánea de 57% año⁻¹ en *Cordia alliodora* en una plantación mixta de cinco años. En el norte de Argentina, en plantaciones mixtas de especies nativas y exóticas se reporta a 3.7 años de edad una supervivencia de entre 70 a 95% en las nativas y < 70% en las exóticas (Williams-Linera et al. 2011b).

Como una referencia para la comparación de los resultados obtenidos en este ensayo se tiene el estudio del proyecto ReForLan, con plantaciones mixtas de especies nativas en Veracruz (Alvarez-Aquino y Williams-Linera en revisión). A dos años de establecimiento, los porcentajes de supervivencia reportados por estos autores son similares a los encontrados en el presente ensayo; los mayores porcentajes de supervivencia fueron con *Ceiba aesculifolia* y *Guazuma ulmifolia* con 65 y 52%, respectivamente. Las plantaciones de restauración de ReForLan, también incluyeron a *Cedrela odorata*, con la cual obtuvieron un 3% de árboles vivos, casi una cuarta parte de los que sobrevivieron en el presente ensayo con la misma especie. Los mejores resultados en supervivencia obtenidos con las especies ensayadas en el presente estudio sugieren la inclusión de éstas a los programas de plantaciones con fines de restauración.

La respuesta diferencial en la supervivencia entre las ocho especies ensayadas es el resultado de adaptaciones ecológicas y fisiológicas propias de cada especie. Aunque en este ensayo todas las especies presentaron la capacidad de rebrote, para el caso de *Cedrela odorata* la baja

supervivencia sugiere que esta especie es la más sensible a estrés hídrico, los mecanismos de evitación de la sequía parecen ser la caída de hojas para disminuir la superficie de transpiración y en el caso extremo, la muerte de la parte aérea y el posterior rebrote en la época de lluvias. El rebrote es un mecanismo importante de regeneración de los árboles en el bosque seco después de disturbios como la agricultura migratoria, el fuego y los aprovechamientos maderables (Sampaio et al. 2007; Mostacedo et al. 2008); por lo tanto es una característica importante para la restauración de bosques en ambientes secos (Vieira y Scariot 2006).

En este ensayo las plantas provenientes de vivero que se llevaron a campo tenían una relación vástago/raíz de 2.3 a 3.6, un balance mejor que 3.2 a 4.5, obtenido en el estudio de Negreros-Castillo et al. (2010) con *Cedrela odorata*, *Swietenia macrophylla* y *Tabebuia rosea*, en un vivero con sistema de producción tradicional en bolsa del Sur de Veracruz. Una relación tallo/raíz baja indica abundancia de raíces que es más deseable que el caso inverso (Bernier et al. 1995), especialmente en sitios secos. Pero esa relación no siempre se interpreta como una mejor capacidad de establecimiento ya que en el caso de *Leucaena lanceolata*, que aún cuando tenía un índice de esbeltez muy alto, debido a un desbalance entre el vástago y la raíz, tuvo la mayor supervivencia, lo que indica una buena capacidad de establecimiento.

El crecimiento de las especies seleccionadas, tanto en plantación mixta como de enriquecimiento fue alto. No obstante que el tamaño inicial de las plantas entre las especies ensayadas mostraba diferencias significativas en diámetro y altura, al final del experimento las TCR, en diámetro y altura fueron estadísticamente similares. La tasa de crecimiento en diámetro cambió de ser significativamente diferente a los 1.5 años a ya no mostrar diferencias a los 2 años, esto sugiere que la evaluación del desempeño en campo en árboles de la SBC debe considerar al menos dos estaciones secas.

Dado que hasta los 25 meses no se encontraron diferencias significativas entre las especies en las tasas de crecimiento relativo en diámetro y altura, se puede considerar que todas las especies ensayadas tienen potencial para emplearse en plantaciones de restauración en la zona de estudio. Sin embargo, es necesario considerar estudios de más largo plazo y en diferentes

tipos de suelo de la zona, para detectar cambios en las tendencias de crecimiento y en la arquitectura de la copa, lo cual determinará la compatibilidad de crecimiento de las especies en plantaciones mixtas o en sistemas agroforestales (Interián-Ku et al. 2009; Menalled et al. 1998). Además también sería deseable ensayar diferentes tratamientos y prácticas silvícolas, como podas y raleos, para conducir el desarrollo de los árboles y rodales hacia los objetivos de restauración y también de producción.

Al comparar el crecimiento absoluto entre plantaciones establecidas por Álvarez-Aquino y Williams-Linera (en revisión), se aprecia que el crecimiento absoluto en el presente estudio fue mayor. La diferencia se puede deber tanto a la calidad del sitio como a la calidad de planta. En el caso de las plantaciones de ReForLan, la planta se obtuvo en un vivero oficial, mientras que la planta en el presente estudio se produjo con cuidados en un vivero rústico (patio). El establecimiento de las plantas y su desempeño en campo depende de la calidad del sitio y de los propágulos, en especial la edad, tamaño y calidad de planta al momento de la plantación (Mexal et al. 2009). En ambientes de trópico seco esto ha sido confirmada por Andrés et al. (2011) con *Cedrela odorata* en Nicaragua; además Bayala et al. (2009) reportan la relación del desempeño en el campo con la calidad de planta de cinco especies de bosque seco (*Acacia angustissima* (Mill.) Kuntze, *Acacia mangium* Willd., *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth, *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit y un híbrido de *Leucaena* (LL)).

Dos especies leguminosas (*Leucaena lanceolata* y *Chloroleucon mangense*) así como *Maclura tinctoria* mostraron una tendencia similar en su supervivencia a lo largo de poco más de dos años. Estas tres especies están entre las más apreciadas por la población local. Su madera es muy durable a la intemperie y son muy utilizadas como postes y en la construcción rural, además las dos leguminosas son forrajeras, mientras que *Maclura tinctoria* es una especie valiosa para la fauna silvestre (Suárez et al. 2011). Por ello se pueden considerar como las más promisorias para plantaciones mixtas de restauración. Los resultados de estudios en plantaciones con especies nativas en Panamá, sugieren ventajas del uso de especies leguminosas fijadoras de nitrógeno para proyectos de restauración en sitios secos e infértiles (Craven et al. 2007).

Un caso especial es el de *Cedrela odorata*, ya que presentó la más baja supervivencia, sin embargo es la especie maderable más apreciada por la población local. En plantación mixta no se recomienda por la baja supervivencia, dado que es muy sensible a la sequía, pero en plantación de enriquecimiento presentó mejor desempeño, por la protección de la insolación directa que le brinda la vegetación acompañante. Es importante destacar que durante el periodo de evaluación no se observó en ningún arbolito de *Cedrela odorata* el ataque del barrenador del tallo de las meliáceas *Hypsipyla gradella* (Zeller), probablemente por un efecto protector de la mezcla con las demás especies plantadas, así como de la vegetación acompañante en enriquecimiento (Newton et al. 1993). En contraste, Griscom et al. (2005) reportan un 19% de árboles afectados entre los 6 y 11 meses, así como del 32% después de los 32 meses en plantaciones en potreros.

Conclusiones

A partir de los resultados de supervivencia y tasa de crecimiento relativo durante los dos años de evaluación, se puede sugerir para la zona de estudio, el siguiente orden de preferencia en la selección de especies para plantaciones mixtas de restauración: *Leucaena lanceolata*, *Maclura tinctoria*, *Chloroleucon mangense*, *Lysiloma acapulcense*, *Lysiloma divaricatum*, *Cordia alliodora* y *Diphysa carthagenensis*. En el caso de *Cedrela odorata* solo se recomienda en plantaciones de enriquecimiento, donde tuvo un mejor desempeño por la protección de la vegetación acompañante.

Por otra parte, también es importante considerar el manejo de la planta en vivero previo a la introducción en el campo, el utilizar planta de calidad da ventajas en el desempeño temprano tanto en plantación mixta como de enriquecimiento.

Literatura citada

- Aerts R, Negussie A, Maes W, November E, Hermy M, Muys B (2007) Restoration of dry Afromontane forest using pioneer shrubs as nurse-plants for *Olea europea* ssp. *cuspidata*. *Restor Ecol* 15(1):129–138
- Álvarez-Aquino C, Williams-Linera G. Seedling survival and growth of tree species: site condition and seasonality in tropical dry forest restoration. En revisión.
- Andrés P, Salgado C, Espelta JM (2011) Optimizing nursery and plantation methods to grow *Cedrela odorata* seedlings in tropical dry agroecosystems. *Agroforest Syst*. DOI 10.1007/s10457-011-9404-5
- Ayala-García F (2008) Desempeño de plantas de tres especies arbóreas en tres unidades de ladera de la estación de restauración “Barranca del Río Tembembe”, Morelos, México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México DF.
- Barajas-Guzman MG, Campo J, Barradas VL (2006) Soil water, nutrient availability and sapling survival under organic and polyethylene mulch in a seasonally dry tropical forest. *Plant Soil* 287: 347–357
- Bayala J, Dianda M, Wilson J, Ouédraogo SJ, Sanon K (2009) Predicting field performance of five irrigated tree species using seedling quality assessment in Burkina Faso, West Africa. *New Forests* 38:309-322.
- Benítez G, Equihua M, Pulido-Salas MT (2002) Diagnóstico de la situación de los viveros oficiales de Veracruz y su papel para apoyar programas de reforestación y restauración. *Rev Chapingo Ser Cienc Forest Ambient* 8(1): 5-12
- Bernier PY, Lamhamedi MS, Simpson DG (1995) Shoot/root ratio is of limited use in evaluating the quality of container conifer stock. *Tree Planters' Notes* 46(3):102-106
- Bonfil C, Trejo I (2010) Plant Propagation and the Ecological Restoration of Mexican Tropical Deciduous Forests. *Ecol Restor* 28(3): 369-376
- Carrasco-Carballido V, Martínez-Garza C (2011) Recuperación de la biodiversidad con plantaciones experimentales de especies nativas en selvas húmedas y secas de México, tres estudios de caso. In: Vargas Ríos O, Reyes B. SP. Eds. Memorias del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración Ecológica. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D. C., Colombia pp 299-305
- Castellanos-Castro C, Bonfil C (2010) Establecimiento y crecimiento inicial de estacas de tres especies de *Bursera* Jacq. ex L. *Rev Mex Cienc Forest*. 1(2): 93-108
- Ceccon E (2011) Los bosques tropicales estacionalmente secos: ¿una prueba acida para la restauración? In: Vargas Ríos O, Reyes B. SP. Eds. Memorias del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración Ecológica. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D. C., Colombia pp 119-130

- Cervantes V, Arriaga V, Carabias J (1996) La problemática socioambiental e institucional de la reforestación en la Región de la Montaña, Guerrero, México. *Bol Soc Bot Mex* 59: 67-80
- Craven D, Braden D, Ashton MS, Berlyn GP, Wishnie M, Dent D (2007) Between and within-site comparisons of structural and physiological characteristics and foliar nutrient content of 14 tree species at a wet, fertile site and a dry, infertile site in Panama. *For Ecol Manage* 238(1-3):335-346
- Cruz-Cruz E (2011) Terraces to reforest degraded lands in Oaxaca, México. *In: Newton, AC, Tejedor, N (Eds). Principles and Practice of Forest Landscape Restoration: Case studies from the drylands of Latin America. IUCN, Gland, Switzerland. pp 140-142*
- Der G, Everitt BS (2002) A handbook of Statistical Analyses using SAS. Sec. ed. Chapman & Hall/CRC. Boca Raton, Florida. 360 pp.
- Elliott S, Navakitbumrung P, Kuarak C, Zangkum S, Anusarnsunthorn V, Blakesley D (2003) Selecting framework tree species for restoring seasonally dry tropical forests in northern Thailand based on field performance. *For Ecol Manage* 184:177–191
- Fonseca-González W, Morera BA (2008) El bosque seco tropical en Costa Rica: caracterización ecológica y acciones para la restauración. *In: M González-Espinosa, JM Rey-Benayas and N Ramírez-Marcial (Eds) Restauración de bosques en América Latina. Mundi-Prensa, Mexico, DF.*
- Fox GP (1993) Failure-time analysis: Emergence, flowering, survivorship, and other waiting times. *In: Scheiner SM, Gurevitch J (Eds.) Design and analysis of ecological experiments. Chapman Hall. New York. pp. 253-289*
- Griscom HP, Ashton PMS, Berlyn GP (2005) Seedling survival and growth of native tree species in pastures: Implications for dry tropical forest rehabilitation in central Panama. *For Ecol Manage* 218:306-318
- Interián-Ku VM, Valdez-Hernández JI, García-Moya E, Romero-Manzanarez A, Borja-de-la-Rosa MA, Vaquera-Huerta H (2009) Arquitectura y morfometría de dos especies arbóreas en una selva baja caducifolia del sur de Yucatán, México. *Bol Soc Bot Mex* 85: 17-29
- Lamb D, Erskine PD, Parrotta JA (2005) Restoration of degraded tropical forest landscapes. *Science* 310:1628-1632
- McLaren KP, McDonald MA (2003) The effects of moisture and shade on seed germination and seedling survival in a tropical dry forest in Jamaica. *For Ecol Manage* 183:61-75
- Menalled FD, Keltly MJ, Ewel JJ (1998) Canopy development in tropical tree plantations: a comparison of species mixtures and monocultures. *For Ecol Manage* 104:249-263
- Mexal JG, Cuevas Rangel RA, Landis TD (2009) Reforestation success in Central Mexico: factors determining survival and early growth. *Tree Plant Notes* 53: 16-22
- Miles L, Newton AC, DeFries RS, Ravilious C, May I, Blyth S, Kapos V, Gordon JE (2006) A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *J Biogeogr* 33:491-505

- Montagnini F (2001) Strategies for the recovery of degraded ecosystems: experiences from Latin America. *Interciencia* 26(10): 498-503
- Montagnini, F (2005) Selecting tree species for plantation. In: Mansourian, S., Vallauri, D., Dudley, N. (Eds.), *Forest restoration in landscapes: beyond planting trees*. Springer-WWF. New York, pp. 262-268
- Mostacedo B, Putz FE, Fredericksen TS, Villca A, Palacios T (2008) Contributions of root and stump sprouts to natural regeneration of a logged tropical dry forest in Bolivia. *For Ecol Manage* doi:10.1016/j.foreco.2008.09.059
- Negreros-Castillo P, Apodaca-Martinez M, Mize CW (2010) Efecto de sustrato y densidad en la calidad de plántulas de cedro, caoba y roble. *Madera y Bosques* 16 (2):7-18
- Newton AC, Baker P, Ramnarine S, Mesén JF, Leakey RRB (1993) The mahogany shoot borer: prospects for control. *For Ecol Manage* 57: 301-328
- Ortiz-Arrona C I, Gerritsen PRW, Martínez RLM, Snoep M (2005) Restauración de bosques ribereños en paisajes antropogénicos, en el occidente de México. Cuba. ISBN 959-250-156-4. <http://www.dama.gov.co>
- Pedraza PRA (2011) Evaluation of commercial plantations and their management in the tropical dry forest region of Paso de Ovejas, Mexico. *In*: Newton AC, Tejedor N (Eds.). *Principles and practice of forest landscape restoration: Case studies from the drylands of Latin America*. IUCN, Gland, Switzerland. pp 139-140
- Piotto D, Viquez E, Montagnini F, Kanninen M (2004) Pure and mixed forest plantations with native species of the dry tropics of Costa Rica: a comparison of growth and productivity. *For Ecol Manage* 190, 359-372
- Potvin C, Gotelli NJ (2008) Biodiversity enhances individual performance but does not affect survivorship in tropical trees. *Ecol Letters* (11): 217–223
- SAS (1998) SAS/STAT User guide, V6. Fourth Edition, Volume 2. SAS Institute, Cary, North Carolina.
- Sampaio AB, Holl KD, Scariot A (2007) Does restoration enhance regeneration of seasonal deciduous forests in pastures in Central Brazil? *Restor Ecol* 15(3):462–471
- Souza FM, Batista JLF (2004) Restoration of seasonal semideciduous forests in Brazil: influence of age and restoration design on forest structure. *For Ecol Manage* 191:185–200.
- Suárez A, Williams-Linera G, Trejo C, Valdez-Hernández JI, Cetina-Alcalá VM, Vibrans H (2011) Local knowledge helps select species for forest restoration in a tropical dry forest of central Veracruz, Mexico. *Agroforest Syst* DOI 10.1007/s10457-011-9437-9.
- Trejo I, Dirzo R (2000) Deforestation of seasonally dry tropical forests: A national and local analysis in Mexico. *Biol Conserv* 94: 33–142.
- Vieira DLM, Scariot A (2006) Principles of natural regeneration of tropical dry forests for restoration. *Restor Ecol* 14: 11-20
- Vieira DLM, Scariot A, Holl KD (2007) Effects of gap, cattle and selective logging on seedling survival and growth in dry forests of Central Brazil. *Biotropica* 39: 269-274

- Williams-Linera G, Alvarez-Aquino C, Hernández-Ascención E, Toledo M (2011a) Early successional sites and the recovery of vegetation structure and tree species of the tropical dry forest in Veracruz, Mexico. *New Forests* 42:131-148. DOI 10.1007/s11056-010-9242-8
- Williams-Linera G, Alvarez-Aquino C, Suárez A, Blundo C, Smith-Ramírez C, Echeverría C, Cruz-Cruz E, Bolados G, Armesto JJ, Heinemann K, Malizia L, Becerra P, del Castillo RF, Urrutia R (2011b) Experimental analysis of dryland forest restoration techniques. *In: Newton AC, Tejedor N (Eds.). Principles and practice of forest landscape restoration: Case studies from the drylands of Latin America.* IUCN, Gland, Switzerland. pp 131-181

CONCLUSIONES GENERALES

A partir de los resultados obtenidos en los dos estudios desarrollados en esta tesis se llegó a las conclusiones que se enumeran a continuación.

El conocimiento local sobre las especies leñosas nativas fue una base muy importante para poder determinar las especies promisorias para la restauración de la selva baja caducifolia de Paso de Ovejas, Veracruz, México. Las 76 especies mencionadas en talleres y entrevistas con informantes clave tienen una importancia cultural para la población local, además dos terceras parte de estas especies tiene valor para la conservación de fauna silvestre y una proporción similar es considerada como escasa. De éstas se seleccionó un conjunto de 17 especies con mayor importancia dentro de las tres categorías estudiadas: *Caesalpinia cacalaco*, *Calyptranthes schiedeana*, *Cedrela odorata*, *Chloroleucon mangense*, *Diphysa carthagenensis*, *Ehretia tinifolia*, *Ficus cotinifolia*, *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia*, *Leucaena lanceolata*, *Lysiloma acapulcense*, *Lysiloma divaricatum*, *Maclura tinctoria*, *Spondias purpurea*, *Tabebuia chrysantha*, *Tabebuia rosea* y *Wimmeria pubescens*. Este es un número manejable de especies que requieren mayor atención, tanto en programas gubernamentales de mejoramiento ambiental y productivo, así como de proyectos de investigación.

En el ensayo de desempeño en campo, durante la fase inicial de establecimiento con ocho especies (*Cedrela odorata*, *Cordia alliodora*, *Chloroleucon mangense*, *Diphysa carthagenensis*, *Leucaena lanceolata*, *Lysiloma acapulcense*, *Lysiloma divaricatum* y *Maclura tinctoria*) fue posible detectar diferencias significativas en el desarrollo de las curvas de supervivencia, aunque no se detectaron diferencias en las tasas de crecimiento relativo en diámetro a la base del tallo y altura total. Con base en los resultados y el mejor desempeño en supervivencia se proponen como especies promisorias a *Chloroleucon mangense*, *Leucaena lanceolata* y *Maclura tinctoria*, para plantaciones mixtas. *Cedrela odorata* se recomienda solo en plantaciones de enriquecimiento. Los resultados de desempeño destacan la necesidad de seguimiento de las mediciones en periodos mayores a dos años para poder ofrecer

recomendaciones confiables sobre la restauración de sistemas de selva seca utilizando árboles nativos.

Las especies propuestas en esta investigación se pueden propagar en viveros rústicos (patios de las casas), con técnicas sencillas al alcance de la población local y obtener planta de buena calidad. Además de ser empleadas en plantaciones de restauración, las especies también tienen un amplio potencial en sistemas agroforestales y plantaciones de enriquecimiento. Una enseñanza que se desprende de esta investigación se integra dentro del concepto de restauración del paisaje forestal, el cual está enfocado en re-establecer funciones y procesos en ecosistemas clave a través de intervenciones específicas en el contexto de un paisaje completo, más que en sólo plantar o restaurar sitios individuales. Por ejemplo, en los alrededores de áreas protegidas, el establecimiento de árboles que tienen un abanico de funciones sociales o comerciales puede apoyar la conservación de la biodiversidad nativa y ayudar a amortiguar el impacto de las actividades humanas.

El impacto de la presente investigación se verá reflejado en la conservación y la restauración de la SBC para mantener la biodiversidad y el acervo genético. La integración de los factores culturales y socioeconómicos con los ecológico-agroforestales, permitirá desarrollar una solución más realista de los problemas locales y proporcionar herramientas útiles para encontrar las alternativas sustentables para la población local. Finalmente, los experimentos de restauración proveen las bases para el desarrollo de técnicas para mitigar la degradación del bosque y para usar especies de árboles como fuente de madera, combustible, forraje y fertilización en áreas con gran necesidad de ser restauradas.