

YOLANDA NAVA E IRMA ROSAS COORDINADORAS

# EL PARQUE ECOLÓGICO JAGUAROUNDI

Conservación de la selva  
tropical veracruzana en una  
zona industrializada

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales  
Instituto Nacional de Ecología  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Programa Universitario de Medio Ambiente  
PEMEX-Petroquímica

YOLANDA NAVA E IRMA ROSAS  
(COORDINADORAS)

PRÓLOGO DE RODOLFO DIRZO

**El Parque Ecológico Jaguaroundi**  
*Conservación de la selva tropical veracruzana  
en una zona industrializada*

Programa Universitario de Medio Ambiente  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales  
Instituto Nacional de Ecología  
Petróleos Mexicanos-Petroquímica

Primera edición: marzo de 2008

D.R. © Programa Universitario de Medio Ambiente  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Edificio de los Programas Universitarios.  
Costado Norte del Conjunto D y E de la Facultad de Química  
Circuito de la Investigación Científica s/n.  
Ciudad Universitaria, D.F., CP 04510  
[www.puma.unam.mx](http://www.puma.unam.mx)

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)  
Bld. Adolfo Ruiz Cortines 4209. Col. Jardines de la Montaña  
C.P. 14210. Delegación Tlalpan, México, D.F.  
[www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx)

Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT  
Periférico sur 5000. Col. Insurgentes Cuicuilco  
Deleg. Coyoacán, C.P. 04530, México, D.F.  
[www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx)

TIPOGRAFÍA: Dirección de Publicaciones, INE  
con el apoyo de S y G Editores  
DISEÑO DE LA PORTADA: Álvaro Figueroa  
COMPILACIÓN Y REVISIÓN DE MATERIALES: Yolanda Nava  
FOTO DE LA PORTADA: Fulvio Eccardi

ISBN: 978-968-7623-28-4  
Impreso y hecho en México

# ÍNDICE

9 Agradecimientos

11 Prólogo  
*Rodolfo Dirzo*

15 Presentación  
*Yolanda Nava e Irma Rosas*

## PARTE I. ASPECTOS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO

19 Descripción de la zona de estudio

23 Suelos: caracterización de las unidades morfoedafológicas, estrategias para su reforestación y captura de carbono  
*Christina Siebe, Víctor Peña y Andrea Herre*

## PARTE II. LA BIODIVERSIDAD EN EL PARQUE JAGUAROUNDI

53 Descripción de la vegetación y diagnóstico de la diversidad florística en el Parque Ecológico Jaguaroundi  
*Clara H. Ramos Álvarez, Esteban Martínez, Yolanda Nava-Cruz, René Martínez-Bravo y Martin Ricker*

79 La riqueza faunística en un ambiente perturbado: El caso del Parque Ecológico Jaguaroundi  
*Luis Gerardo Herrera, Víctor Hugo Reynoso, David Curiel, Nicté Ramírez, Malinalli Rodríguez, Leticia Mirón, René Sánchez, Saúl Aguilar, Fahd Carmona, José Urbina y Adriana González*

### PARTE III. SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL PARQUE ECOLÓGICO JAGUAROUNDI

- 101 La captura de carbono como servicio ecosistémico del Parque Jaguaroundi: una estrategia para la conservación y manejo de los recursos forestales  
*René Martínez-Bravo y Omar Maserá*
- 115 El Programa experimental de reforestación en el Parque Ecológico Jaguaroundi.  
*Martin Ricker, Eladio Velasco, Genaro Gutiérrez-García, Ricarda Palacios y Braulio Gómez*
- 137 Emisión de gases de efecto invernadero  
*Gerardo Ruiz, Amparo Martínez y Adrián Saldaña*
- 157 Manejo y conservación de fauna silvestre en paisajes dominados por actividades humanas en la región del Parque Jaguaroundi, Coatzacoalcos, Veracruz.  
*Gerardo Ceballos y Rurik List*

### PARTE IV. EL AMBIENTE SOCIAL

- 171 Población y percepciones sociales sobre el deterioro de los recursos naturales del Parque Jaguaroundi  
*Isabel Patiño, Leticia Merino y Luis Ángel López*
- 189 Lista de participantes en el proyecto “Conservación, reforestación, captura de carbono y paseo ecológico Jaguaroundi”, UNAM-PEMEX Petroquímica

# EL PROGRAMA EXPERIMENTAL DE REFORESTACIÓN EN EL PARQUE ECOLÓGICO JAGUAROUNDI

*Martin Ricker, Eladio Velasco,  
Genaro Gutiérrez-García,  
Ricarda Palacios y Braulio Gómez*

## RESUMEN

En el programa experimental de reforestación del Parque Ecológico Jaguaroundi se buscaron las especies adecuadas para restaurar áreas con diferentes grados de perturbación. Para este propósito se llevaron a cabo tres sistemas de siembra en un área de aproximadamente 70 hectáreas: 1) un *sistema de enriquecimiento* con 4,164 plántulas de 15 especies a una densidad de aproximadamente 400 plántulas por hectárea, 2) un *sistema de reforestación en pastizal con plántulas germinadas en vivero a partir de semillas* con 13,397 plántulas de 36 especies a una densidad de aproximadamente 1,600 plántulas por hectárea, y 3) un *sistema de reforestación en pastizal con plántulas trasplantadas de la selva local* con 14,415 plántulas de 8 especies. Por la invasión de ganado en el

área, el último sistema presentó una sobrevivencia promedio de solamente 0.6%.

En el sistema de enriquecimiento destacó la sobrevivencia después de 22 meses de *Cojoba arborea* con 59%, *Pouteria sapota* con 42%, y *Lonchocarpus guatemalensis* con 42%. Las tasas de crecimiento más altas se observaron en *Senna multijuga* con 111%, *Lonchocarpus guatemalensis* con 106%, y *Cojoba arborea* con 93%. En el sistema de reforestación en pastizal destacó la sobrevivencia después de 11 meses de *Lonchocarpus cruentus* con 100%, *Cojoba arborea* con 68%, y *Coccoloba hondurensis*. En comparación, la sobrevivencia promedio de todas las 36 especies fue solamente de 12% después de 11 meses (en un rango de 0 a 100%).

En un estudio de crecimiento del diámetro troncal de árboles adultos de especies frecuentes en el Parque destacó *Zanthoxylum belizense* con un crecimiento promedio de 2.8 cm en un año. El crecimiento a largo plazo de una selva resultó ser relativamente lento: el modelo predijo que los árboles de *Terminalia amazonia* alcanzan un diámetro troncal de 10 cm después de 20 años, y un diámetro de 80 cm con 80 años.

## INTRODUCCIÓN

El objetivo del *Programa experimental de reforestación y plantaciones perimetrales* fue “diseñar y aplicar un programa experimental de reforestación con especies nativas, para restaurar y enriquecer áreas deterioradas y/o desprovistas de vegetación arbórea en la zona del estudio”. La investigación debía servir para recomendar las especies adecuadas para restaurar áreas con diferentes grados de perturbación, desde bosque secundario (“acahual”) hasta pastizal abierto. Se usaron exclusivamente especies arbóreas con flores (angiospermas) de la selva de la región de Los Tuxtlas y Coatzacoalcos en Veracruz. El Parque Ecológico Jaguaroundi se encuentra a ca. 100 kilómetros en línea recta de la Estación de Biología Tropical “Los Tuxtlas”. En el inventario florístico del Parque destacan muchas especies arbóreas comunes entre las dos áreas, como *Brosimum guianense*, *Bursera simaruba*, *Cecropia obtusifolia*, *Faramea occidentalis*, *Ficus pertusa*, *Guarea glabra*, *Nectandra ambigens*, *Pithecellobium hymenaeifolium*, *Pleuranthodendron lindenii*, *Pouteria campechiana*, *Rollinia mucosa*, *Senna multijuga*, *Stemmadenia donnell-smithii*, y *Trema micrantha*. Hay varias razones en favor de aprovechar, por lo menos para una parte de la reforestación, el germoplasma de la reserva de la UNAM para el Parque Ecológico Jaguaroundi:

- 1) La vegetación en el Parque Ecológico Jaguaroundi presentó un alto grado de perturbación. La mayor parte del área está cubierta con vegetación secundaria. En varios sitios la vegetación se re-estableció sobre cascajo y basura. Excepto en algunas islas de vegetación, no se puede saber la composición exacta de ésta cuando el área se encontraba en su estado natural.
- 2) Para las especies que existen en la reserva de la UNAM en Los Tuxtlas y en el Parque Ecológico Jaguaroundi, el traer plántulas de Los Tuxtlas lleva a un enriquecimiento genético de las poblaciones vegetales. Aunque existe controversia acerca de la necesidad de “rescatar genéticamente” poblaciones en peligro de extinción, se considera generalmente benéfico ampliar la diversidad genética para evitar *depresiones por consanguinidad* (“inbreeding depressions”).
- 3) En un Parque Ecológico, el objetivo no tiene que ser necesariamente re-establecer el estado natural exacto. Parte del área puede fungir como un Jardín Botánico donde se quiere demostrar la alta diversidad biológica del conjunto de la región.

## SITIOS DE SIEMBRA

En el mapa general se delimitó al sur de la Colonia PEMEX “La Cangrejera” un área para la reforestación con más de 100 hectáreas (Figura 1). Esta área se presta para la reforestación experimental y demostrativa por las siguientes razones:

- 1) Se encuentra entre las bardas de la Colonia PEMEX “La Cangrejera” en el norte, el Complejo Petroquímico “La Cangrejera” en el sur, y la calle que va de la colonia al Complejo en el oeste. De esta manera, existe una delimitación “natural” que dificulta la introducción de ganado de algunos lados, y facilita la vigilancia.
- 2) La vecindad con la Colonia La Cangrejera permite usar esta área para propósitos de recreación de las fa-



Figura 1. Área de reforestación con cerca viva (azul marino), cerca muerta (blanco), y los parches donde se reforestó. Zona 1: sistema de enriquecimiento con 4,164 plántulas de 15 especies, Zona 2: sistema de reforestación en pastizal con 13,397 plántulas de 36 especies, germinados a partir de semillas, Zona 3a y Zona 3b: sistema de reforestación en pastizal con 14,415 plántulas de 5 especies, transplantadas de la selva local. Casi todo el alambre de las cercas en el oriente fue robado, lo que causó la invasión y fuerte perturbación por vacas en la Zona 3





Figura 2. a) Pastizal para reforestar y b) cerca viva para excluir al ganado



milias que viven en la colonia, y desarrollar un programa de educación ambiental sobre “reforestación demostrativa.”

- 3) El estudio edafológico y la inspección del área indicó características heterogéneas que permiten analizar el crecimiento de las diferentes especies en diferentes condiciones de suelo, bajo variación de acidez, compactación, disponibilidad del agua, presencia de materia orgánica, y exposición al sol y a la sequía. Fue especialmente notoria la diferencia entre acahual (vegetación secundaria) en el norte del área, y suelo casi “desnudo” en el sur del área. La siembra de plántulas en acahual favorece el establecimiento de las plántulas de muchas especies en comparación con las condiciones extremas en pastizal y áreas completamente abiertas.

El mapa en la Figura 1 muestra la subdivisión del área de reforestación para aplicar tres sistemas de plantaciones: (1) un *sistema de enriquecimiento* con plántulas germinadas en vivero a partir de semillas, con 4,164 plántulas de 15 especies a una densidad de

aproximadamente 400 plántulas por hectárea, (2) un *sistema de reforestación en pastizal con plántulas germinadas en vivero a partir de semillas*, con 13,397 plántulas de 36 especies a una densidad de aproximadamente 1,600 plántulas por hectárea, y (3) un *sistema de reforestación en pastizal con plántulas trasplantadas de la selva local*, con 14,415 plántulas de 5 especies (1,600 plántulas por hectárea). La Figura 2 presenta una imagen del pastizal y de la cerca viva que se estableció.

### SELECCIÓN DE ESPECIES

Entre octubre del 2001 y agosto del 2003 se colectaron aproximadamente 80,000 semillas de 45 especies arbóreas en la reserva de la Estación de Biología Tropical “Los Tuxtles” de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), a 30 km de Catemaco (Cuadro 1). Solamente las semillas de una especie, *Terminalia amazonia*, fueron colectadas en el Parque Jaguarundi, ya que es una especie típica del Parque Jaguarundi que no existe en la reserva de la UNAM. Por lo tanto, 44 especies se encuentran en el listado florístico de la Estación de Biología Tropical “Los Tuxt-

Cuadro 1. Información general sobre las 53 especies sembradas

Nr	Género	Especie	Autor	Familia	Nombre común	Forma de vida
1	<i>Albizia</i>	<i>purpusii</i>	Britton et Rose	Leguminosae- Mimosoideae	“tepozonte”	árbol de 12 a 25 m
2	<i>Ampelocera</i>	<i>hottlei</i>	(Standl.) Standl.	Ulmaceae	“guaya de monte”	árbol de 15 a 30 m
3	<i>Brosimum</i>	<i>alicastrum</i>	Sw.	Moraceae	“ojoche”	árbol de 20 a 30 m
4	<i>Brosimum</i>	<i>guianense</i>	(Aubl.) Huber	Moraceae	-	árbol de 20 a 30 m
5	<i>Calatola</i>	<i>laevigata</i>	Standl.	Icacinaceae	“nuez”	árbol de 15 a 20 m
6	<i>Calophyllum</i>	<i>brasiliense</i>	Camb.	Clusiaceae	“barí”	árbol de 20 a 40 m
7	<i>Casearia</i>	<i>corymbosa</i>	Kunth.	Flacourtiaceae	-	árbol de 2-4 m
8	<i>Clarisia</i>	<i>biflora</i>	Ruiz et Pav.	Moraceae	“lecherillo”	árbol de 15 a 25 m
9	<i>Coccoloba</i>	<i>hondurensis</i>	Lundell	Polygonaceae	“uvero”	árbol de 15 a 20 m
10	<i>Cojoba</i>	<i>arborea</i>	(L.) Britton et Rose	Leguminosae- Mimosoideae	“camaronero”	árbol de 15 a 20 m
11	<i>Cordia</i>	<i>megalantha</i>	S.F. Blake	Boraginaceae	“súchil”	árbol de 20 a 35 m
12	<i>Couepia</i>	<i>polyandra</i>	(Kunth) Rose	Chrysobalanaceae	“olozapote”	árbol de 15 a 25 m
13	<i>Croton</i>	<i>schiedeanus</i>	Schltld.	Euphorbiaceae	“cascarillo”	árbol de 6 a 15 m
14	<i>Chrysophyllum</i>	<i>mexicanum</i>	Brandege ex Standl.	Sapotaceae	“caimito”	árbol de 6 a 15 m
15	<i>Deherainia</i>	<i>smaragdina</i>	(Planch. ex Linden) Decne.	Theophrastaceae	-	arbusto o árbol de 2 a 3 m
16	<i>Dialium</i>	<i>guianense</i>	(Aubl.) Sandwith	Leguminosae- Caesalpinioideae	“paque”	árbol de 20 a 40 m
17	<i>Diospyros</i>	<i>digyna</i>	Jacq.	Ebenaceae	“zapote negro” o “zapote prieto”	árbol de 20 a 25 m
18	<i>Dussia</i>	<i>mexicana</i>	(Standl.) Harms	Leguminosae- Papilionoideae	“palo de burra”	árbol de 25 a 40 m
19	<i>Eugenia</i>	<i>acapulcensis</i>	Steud.	Myrtaceae	“escobilla”	árbol de 10 a 15 m
20	<i>Eugenia</i>	<i>inirebensis</i>	P.E. Sánchez	Myrtaceae	“escobilla”	árbol de 8 a 15 m
21	<i>Faramea</i>	<i>occidentalis</i>	(L.) A. Rich.	Rubiaceae	“cafesillo”	árbol de 2.5 a 10 m
22	<i>Ficus</i>	<i>pertusa</i>	L. f.	Moraceae	“mata palo”	árbol epífita
23	<i>Ficus</i>	<i>yoponensis</i>	Desv.	Moraceae	“amate”	árbol de 25 a 35 m
24	<i>Garcinia</i>	<i>intermedia</i>	(Pittier) Hammel	Clusiaceae	“limoncillo”	árbol de 5 a 15 m
25	<i>Guarea</i>	<i>grandifolia</i>	DC.	Meliaceae	“sabino”	árbol de 20 a 30 m
26	<i>Inga</i>	<i>paterno</i>	Harms	Leguminosae- -Mimosoideae	“jinicuil”	árbol de 10 a 25 m

Cuadro 1. Información general sobre las 53 especies sembradas

Nr	Género	Especie	Autor	Familia	Nombre común	Forma de vida
27	<i>Inga</i>	<i>pavoniana</i>	Don	Leguminosae- Mimosoideae	“acotope”	árbol de 9 a 15 m
28	<i>Inga</i>	<i>sinacae</i>	M. Sousa et Ibarra-Manríquez	Leguminosae- Mimosoideae	“vaina peluda”	árbol de 6 a 20 m
29	<i>Licaria</i>	<i>velutina</i>	van der Werff	Lauraceae	“laurel baboso”	árbol de 10 a 15 m
30	<i>Linociera</i>	<i>dominguensis</i>	(Lam.) Krug et Urb.	Oleaceae	“fierrillo” o “canica”	árbol de 20 a 35 m
31	<i>Lonchocarpus</i>	<i>cruentus</i>	Lundell	Leguminosae- Papilionoideae	“rosa morada”	árbol de 20 a 25 m
32	<i>Lonchocarpus</i>	<i>guatemalensis</i>	Benth.	Leguminosae- Papilionoideae	“palo de gusano”	árbol de 15 a 25 m
33	<i>Manilkara</i>	<i>chicle</i>	(Pittier) Gilly	Sapotaceae	“chicozapote de montaña”	árbol de 20 a 35 m
34	<i>Nectandra</i>	<i>ambigens</i>	(S.F. Blake) C.K. Allen	Lauraceae	“laurel”	árbol de 20 a 40 m
35	<i>Nectandra</i>	<i>lundellii</i>	C.K. Allen	Lauraceae	“laurel aguacatillo”	árbol de 20 a 35 m
36	<i>Nectandra</i>	<i>salicifolia</i>	(Kunth) Nees	Lauraceae	“laurel”	árbol de 10 a 25 m
37	<i>Ocotea</i>	<i>uxpanapana</i>	T. Wendt et van der Werff	Lauraceae	-	árbol de 20 a 30 m
38	<i>Omphalea</i>	<i>oleifera</i>	Hemsl.	Euphorbiaceae	“corcho”	árbol de 15 a 30 m
39	<i>Pimenta</i>	<i>dioica</i>	(L.) Merr.	Myrtaceae	“pimienta gorda”	árbol de 8 a 30 m
40	<i>Platymiscium</i>	<i>dimorphandrum</i>	Donn. Sm.	Leguminosae- Papilionoideae	“chagani”	árbol de 15 a 30 m
41	<i>Pleuranthodendron</i>	<i>lindenii</i>	(Turcz.) Sleumer	Flacourtiaceae	“catarrita”	árbol de 12 a 20 m
42	<i>Pouteria</i>	<i>campechiana</i>	(Kunth) Baehni	Sapotaceae	“zapote amarillo”	árbol de 15 a 20 m
43	<i>Pouteria</i>	<i>sapota</i>	(Jacq.) H. Moore et Stearn	Sapotaceae	“zapote mamey”	árbol de 15 a 30 m
44	<i>Quercus</i>	<i>skinneri</i>	Benth.	Fagaceae	“encino”	árbol de 30 a 35 m
45	<i>Rollinia</i>	<i>mucosa</i>	(Jacq.) Baille	Annonaceae	“chirimoya”	árbol de 8 a 25 m
46	<i>Senna</i>	<i>multijuga</i>	(Rich.) Irwin et Barneby	Leguminosae- Caesalpinioideae	“cachimba”	árbol de 10 a 15 m
47	<i>Tapirira</i>	<i>mexicana</i>	Marchand	Anacardiaceae	“nompi”	árbol de 15 a 20 m
48	<i>Terminalia</i>	<i>amazonia</i>	(J. F. Gmelin) Exell	Combretaceae	“tepsúchil”	árbol de hasta 70 m
49	<i>Trichilia</i>	<i>martiana</i>	C. DC.	Meliaceae	-	árbol de 15 a 25 m
50	<i>Vatairea</i>	<i>lundellii</i>	(Standl.) Killip ex Record	Papilionaceae	“picho”	árbol de 20 a 25 m

Cuadro 1. Información general sobre las 53 especies sembradas

Nr	Género	Especie	Autor	Familia	Nombre común	Forma de vida
51	<i>Virola</i>	<i>guatemalensis</i>	(Hemsl.) Warb.	Myristicaceae	“cedrillo”	árbol de 20 a 30 m
52	<i>Vochysia</i>	<i>guatemalensis</i>	Donn. Sm.	Vochysiaceae	“palo de agua”	árbol de 20 a 40 m
53	<i>Xylopia</i>	<i>frutescens</i>	Aubl.	Annonaceae	“capulincillo”	árbol de 15 a 20 m

las” (Ibarra-Manríquez y Sinaca-Colín 1995, 1996a, 1996b). Muchas especies del presente estudio también están descritas en el libro de árboles tropicales de México de Pennington y Sarukhán (2005). Algunos usos y una discusión del potencial de mercado están en Ibarra-Manríquez *et al.* (1997). Para coleccionar semillas, se dió prioridad a las especies típicas de la selva primaria, y se pretendió incluir algunas con valor comercial y algunas con distribución restringida (endémicas). En el Cuadro 1 se encuentran los detalles de las 45 especies propagadas por semilla en el vivero (autor, familia, nombre común, altura), además de las 8 especies de las plántulas que se trasplantaron de la selva local al pastizal. Imágenes de las plántulas de 14 especies se presentan en orden alfabético en las Figuras 3a-3n.

El Cuadro 2 presenta un resumen de las 31,976 plántulas sembradas, especie por especie y por separado en los tres sistemas. Además indica si las especies también están reportadas en el listado florístico para el Parque Jaguaroundi, descrito en el capítulo de “Descripción de la vegetación y diagnóstico de la diversidad florística” del presente libro. En total hay 23 especies (43%) que están en el listado florístico del Parque Jaguaroundi, 2 especies (4%) que no están aunque las habíamos visto en campo (sin coleccionar ejemplares de herbario), y 28 especies (53%) que no están. Hay que tomar en cuenta que el listado florístico del Parque Jaguaroundi no está completo, ya que se coleccionaron ejemplares de especies exclusivamente con flores o frutos. Sobre todo contiene especies frecuentes (“a la vista”), así

que algunas de las 28 especies todavía se podrían “descubrir” en el Parque.

### PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS

Para la colecta de semillas se buscaron árboles en buen estado en la reserva de la Estación de Biología Tropical “Los Tuxtlas” de la UNAM, sin daño físico o biológico. Una vez seleccionado, se utilizó equipo de arnés y picos para el ascenso y la obtención de semilla. En varios casos, se coleccionaron semillas de hasta seis árboles de la misma especie para juntar alrededor de 2,000 semillas, y así tener mayor diversidad genética. Además de las semillas, se coleccionó un ejemplar de herbario de un árbol en cada especie, para corroborar la identificación del árbol en campo. Las semillas se germinaron unos días después de su colecta, ya que son recalcitrantes (es decir, pierden rápidamente su viabilidad).

Para la germinación de las semillas se estableció un vivero rústico en el Ejido Laguna Escondida, cerca de la Estación de Biología. Se utilizó suelo local, el cual es de tipo andosol-mólico, con rangos de densidad aparente de 0.72-0.79 dm<sup>3</sup>/kg, de pH de 5.0-5.5, y cantidad de materia orgánica (humus) de 3.7-12.3% (según análisis de suelo en la región por M. Ricker y C. Siebe). El suelo (4-6 kg) fue introducido en bolsas negras de polietileno para plantas. Posteriormente se colocaron de 1 a 4 semillas, según ta-

Cuadro 2. Resumen de las 31,976 plántulas de 53 especies sembradas, por sistema de siembra

Nr	Género	Especie	Especie reportada en listado florístico	Plántulas de vivero en sistema de enriquecimiento	Plántulas de vivero en reforestación de pastizal	Plántulas del bosque local en reforestación de pastizal
1	<i>Albizia</i>	<i>purpusii</i>	Si		260	
2	<i>Ampelocera</i>	<i>hottlei</i>	No	300		
3	<i>Brosimum</i>	<i>alicastrum</i>	Si	348	185	
4	<i>Brosimum</i>	<i>guianense</i>	Si			1,508
5	<i>Calatola</i>	<i>laevigata</i>	No		203	
6	<i>Calophyllum</i>	<i>brasiliense</i>	Si			2,488
7	<i>Casearia</i>	<i>corymbosa</i>	No		351	
8	<i>Clarisia</i>	<i>biflora</i>	Si		65	
9	<i>Coccoloba</i>	<i>hondurensis</i>	No		150	
10	<i>Cojoba</i>	<i>arborea</i>	No	334	59	
11	<i>Cordia</i>	<i>megalantha</i>	No		1,680	
12	<i>Couepia</i>	<i>polyandra</i>	No		518	
13	<i>Croton</i>	<i>schiedeanus</i>	No		349	
14	<i>Chrysophyllum</i>	<i>mexicanum</i>	No (aunque visto)			3,154
15	<i>Deherainia</i>	<i>smaragdina</i>	Si	113		
16	<i>Dialium</i>	<i>guianense</i>	Si		60	
17	<i>Diospyros</i>	<i>digyna</i>	No	119		
18	<i>Dussia</i>	<i>mexicana</i>	No	315		
19	<i>Eugenia</i>	<i>acapulcensis</i>	Si		187	
20	<i>Eugenia</i>	<i>inirebensis</i>	No		315	
21	<i>Faramea</i>	<i>occidentalis</i>	Si	156		
22	<i>Ficus</i>	<i>pertusa</i>	Si		155	
23	<i>Ficus</i>	<i>yoponensis</i>	No		454	
24	<i>Garcinia</i>	<i>intermedia</i>	Si		594	
25	<i>Guarea</i>	<i>grandiflora</i>	No		291	
26	<i>Inga</i>	<i>paterno</i>	No		197	
27	<i>Inga</i>	<i>pavoniana</i>	No		539	
28	<i>Inga</i>	<i>sinacae</i>	Si	384		
29	<i>Licaria</i>	<i>velutina</i>	No	332		
30	<i>Linociera</i>	<i>dominguensis</i>	No		530	
31	<i>Lonchocarpus</i>	<i>cruentus</i>	No		80	

Cuadro 2. Resumen de las 31,976 plántulas de 53 especies sembradas, por sistema de siembra

Nr	Género	Especie	Especie reportada en listado florístico	Plántulas de vivero en sistema de enriquecimiento	Plántulas de vivero en reforestación de pastizal	Plántulas del bosque local en reforestación de pastizal
32	<i>Lonchocarpus</i>	<i>guatemalensis</i>	No	342	294	
33	<i>Manilkara</i>	<i>chicle</i>	Si		350	
34	<i>Nectandra</i>	<i>ambigens</i>	Si	308	449	
35	<i>Nectandra</i>	<i>lundellii</i>	No		61	
36	<i>Nectandra</i>	<i>salicifolia</i>	Si			2,000
37	<i>Ocotea</i>	<i>uxpanapana</i>	No			294
38	<i>Omphalea</i>	<i>oleifera</i>	Si		135	
39	<i>Pimenta</i>	<i>dioica</i>	No		1,587	
40	<i>Platymiscium</i>	<i>dimorphandrum</i>	No		466	
41	<i>Pleuranthodendron</i>	<i>lindenii</i>	Si		401	
42	<i>Pouteria</i>	<i>campechiana</i>	Si			1,158
43	<i>Pouteria</i>	<i>sapota</i>	No (aunque visto)	416	530	
44	<i>Quercus</i>	<i>skinneri</i>	No		86	
45	<i>Rollinia</i>	<i>mucosa</i>	Si		616	
46	<i>Senna</i>	<i>multijuga</i>	Si	141		
47	<i>Tapirira</i>	<i>mexicana</i>	No		207	
48	<i>Terminalia</i>	<i>amazonia</i>	Si		404	
49	<i>Trichilia</i>	<i>martiana</i>	No		295	
50	<i>Vatairea</i>	<i>lundellii</i>	No	299		
51	<i>Virola</i>	<i>guatemalensis</i>	No	257		
52	<i>Vochysia</i>	<i>guatemalensis</i>	Si			3,001
53	<i>Xylopia</i>	<i>frutescens</i>	Si			1,106
	SUMA		47% "Sí" o "visto"	4,164	13,103	14,709

maño, y se enterraron superficialmente bajo la tierra. Las bolsas se dejaron debajo de unos árboles para reducir el impacto de sol y lluvia. Se colocó una malla alrededor de las bolsas para evitar la perturbación por animales domésticos. Hubo un máximo de 12,000 bolsas en el vivero, en un área de aproximadamente 150 metros cuadrados.

Durante y después el proceso de germinación se regó todos los días en la mañana para evitar mortalidad por falta de agua. Las plántulas fueron trasladadas al Parque Ecológico Jaguaroundi en un camión (tortón de 8 toneladas), en él se habían colocadas las plántulas una sobre otra de forma intercalada en tres "camas".



Figura 3a. Plántulas de *Clarisia biflora*. 3b. *Cojoba arborea*. 3c. *Cordia megalantha*.  
3d. *Dialium guianense*. 3e. *Garcinia intermedia*.

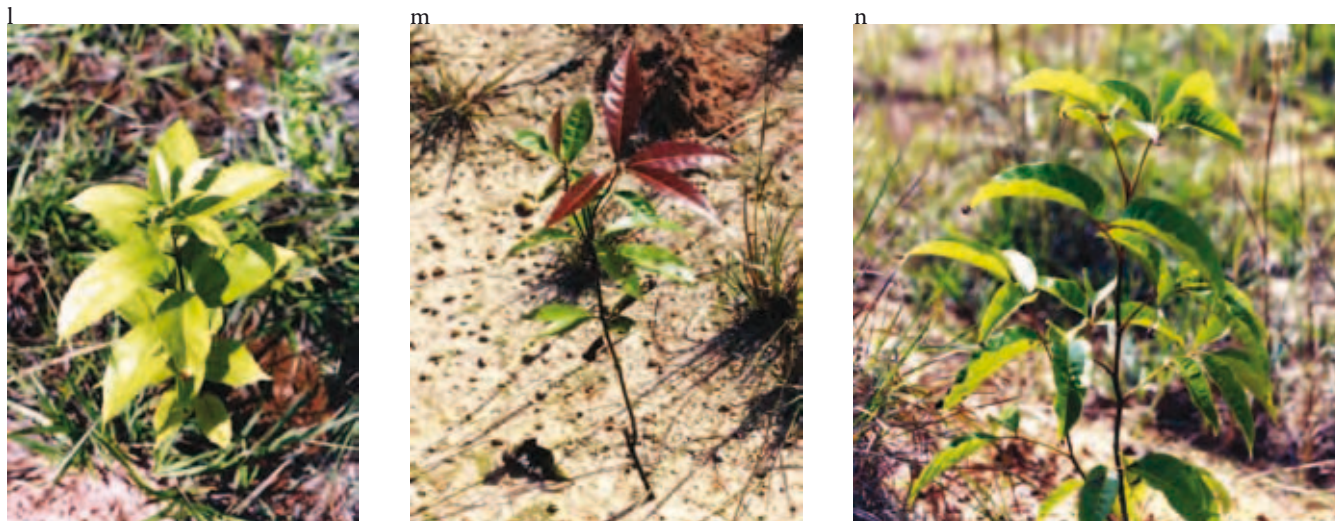




Figura 3f. Plántula de *Guarea grandifolia*. 3g. *Inga pavoniana*. 3h. *Lonchocarpus cruentus*.  
3i. *Ocotea uxpanapana*. 3j. *Omphalea oleifera*. 3k. *Platymiscium dimorphandrum*.



Figura 3l. *Plántula de Pleuranthodendron lindenii*.  
3m. *Quercus skinneri*. 3n. *Tapirira mexicana*



### SISTEMA DE ENRIQUECIMIENTO

“Enriquecimiento” se refiere a modificar la composición de especies de un bosque “pobre”, sea en términos de especies deseadas para tener alta diversidad arbórea. El enriquecimiento se aplicó aquí a vegetación secundaria relativamente densa con una altura de 3 a 10 metros bosque (“acahual”).

La siembra en este sistema se llevó a cabo entre la primera semana de septiembre y la primera semana de noviembre de 2002. Se usaron plántulas germinadas en vivero a partir de semillas. Hasta diez personas trabajaron para abrir brechas en el acahual cada 5 metros de Oeste a Este, entrando desde la calle que conecta la Colonia y el Procesador Petroquímico “La Cangrejera”. Para establecer brechas se talaron con machete árboles y arbustos de pequeño tamaño, para

permitir la entrada de luz a las plántulas sembradas. Este adelgazamiento es ventajoso para acelerar la formación de un bosque estéticamente atractivo.

Terminado las brechas, se distribuyeron las plántulas en carretillas a lo largo de las brechas, dejando una cada cinco metros. La secuencia de las especies fue al azar. Se procedió a preparar la cepa con un cava-hoyos, se quitó la bolsa de la plántula, se colocó en la cepa, y se tapó la cepa con el suelo sacado. Debido a la extensión del área no fue posible regar, y la humedad en el suelo dependía del periodo de lluvias.

Pocos meses después de haber sembrado, se hizo una primera medición de la altura y se categorizó la situación lumínica en uno de tres niveles según cobertura por el dosel: 2,946 plántulas ó 70.7% quedaron en lo “semiabierto” (1/3 - 2/3 de cobertura

Cuadro 3. Supervivencia y altura promedio en el sistema de enriquecimiento

Nr	Género	Especie	Oct/nov 2002 Número de plántulas	Mar/abr 2003	Ago 2004	Supervivencia después de 22 meses
1	<i>Cojoba</i>	<i>arborea</i>	334	309 (16.2 cm)	197 (56.1 cm)	59.0%
2	<i>Pouteria</i>	<i>sapota</i>	416	384 (35.7 cm)	176 (57.8 cm)	42.3%
3	<i>Lonchocarpus</i>	<i>guatemalensis</i>	342	292 (19.5 cm)	144 (79.9 cm)	42.1%
4	<i>Licaria</i>	<i>velutina</i>	332	289 (19.7 cm)	137 (44.8 cm)	41.3%
5	<i>Inga</i>	<i>sinacae</i>	384	310 (15.6 cm)	149 (52.8 cm)	38.8%
6	<i>Vatairea</i>	<i>lundellii</i>	299	244 (20.7 cm)	101 (68.4 cm)	33.8%
7	<i>Brosimum</i>	<i>alicastrum</i>	348	262 (21.3 cm)	115 (51.8 cm)	33.0%
8	<i>Diospyros</i>	<i>digyna</i>	119	106 (28.3cm)	35 (57.4 cm)	29.4%
9	<i>Ampelocera</i>	<i>hottlei</i>	300	211 (11.6 cm)	63 (29.9 cm)	21.0%
10	<i>Nectandra</i>	<i>ambigens</i>	308	253 (36.6 cm)	57 (52.7 cm)	18.5%
11	<i>Dussia</i>	<i>mexicana</i>	315	268 (26.2 cm)	54 (76.3 cm)	17.1%
12	<i>Virola</i>	<i>guatemalensis</i>	257	213 (37.7 cm)	35 (78.5 cm)	13.6%
13	<i>Senna</i>	<i>multijuga</i>	141	84 (33.5 cm)	19 (146.4 cm)	13.5%
14	<i>Deherainia</i>	<i>smaragdina</i>	113	77 (6.9 cm)	12 (15.2 cm)	10.6%
15	<i>Faramea</i>	<i>occidentalis</i>	156	91 (8.6 cm)	2 (17.0 cm)	1.3%
		SUMA	4,164	3,393	1,296	

por el dosel), 1,146 plántulas ó 27.5% quedaron en lo “abierto”, y 72 plántulas ó 1.7% bajo el dosel en un ambiente “cerrado”. La condición de semiabierto es la situación más conveniente para muchas especies (véase Ricker *et al.* 2000).

El Cuadro 3 y las Figuras 4 y 5 demuestran el resultado para las 15 especies en este sistema de plantación. Se midieron dos veces la altura de las plantas del sistema de enriquecimiento, la primera vez entre el 16 de marzo y 11 de abril 2003, y la segunda vez entre el 12 y 19 de agosto 2004. En el sistema de enriquecimiento destacó la supervivencia después de 22 meses de *Cojoba arborea* con 59%, *Pouteria sapota* con 42%, y *Lonchocarpus guatemalensis* con 42%. En comparación, la supervivencia promedio de todas las 15 especies del sistema fue solamente de 28% después de 11 meses (en un rango de 1 a 59%).

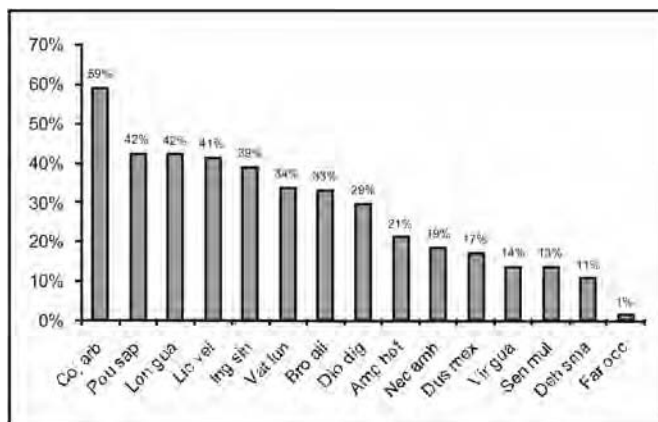
En la primer medición se apuntaron observaciones sobre la posible causa de muerte de plántulas (Cuadro 4). Destacó el alto porcentaje (54%) de plántulas desaparecidas, seguido por las “pisadas por vacas” y “comidas por insectos”. Parte de las plántulas desaparecidas probablemente se debían también a las vacas que las comieron o dañaron. Entre los insectos que dañaron las plántulas (12% de las muertas), destacaron las termitas.

Con dos mediciones de altura se puede comparar el crecimiento relativo anual entre especies. Las plántulas presentan en su primer año generalmente una curva de crecimiento que asemeja una curva exponencial, es decir, con una tasa de crecimiento (o crecimiento relativo) constante que se puede calcular de la siguiente manera:



$Tasa\ de\ crecimiento = \ln(Altura_2 / Altura_1) / (Edad_2 - Edad_1)$   
con  $Edad_2 = 22$  meses = 1.833 años,  $Edad_1 = 0.5$  años

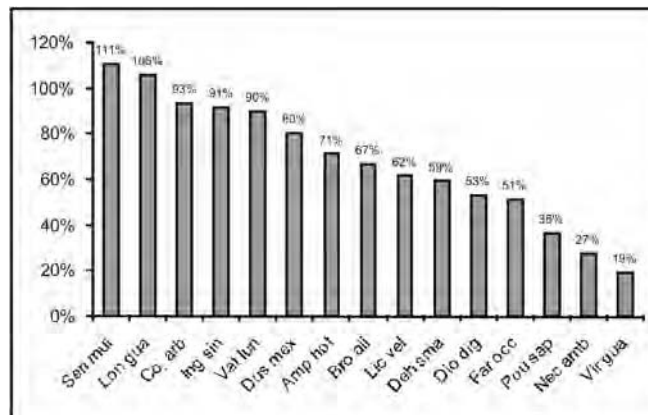
Figura 4. Supervivencia después de 22 meses de las especies arbóreas en el sistema de enriquecimiento. Las especies están abreviadas con tres letras del nombre del género y tres letras del nombre de la especie



Se calculó para cada especie la tasa de crecimiento promedio a partir de las alturas promedio. La Figura 5 presenta las tasas de crecimiento por especie en el sistema de enriquecimiento. Las tasas de crecimiento más altas se observaron en 6 especies de leguminosas en el sistema de enriquecimiento: *Senna multijuga* con 111%, *Lonchocarpus guatemalensis* con 106%, *Cojoba arborea* con 93%, *Inga sinacae* con 91%, *Vatairea lundellii* con 90%, y *Dussia mexicana* con 80%.

En nuestro estudio, las tasa de crecimiento y las tasas de supervivencia no estaban correlacionadas estadísticamente entre sí. El coeficiente de correlación de Pearson era 0.34 (probabilidad = 0.22,  $n = 15$ ). Por ejemplo, las plántulas de *Senna multijuga* crecieron muy bien (tasa de crecimiento 111%) pero la supervivencia fue solamente de 13%. Por el otro lado las plántulas de *Pouteria sapota* sobrevivieron relativamente

Figura 5. Crecimiento relativo después de 12 meses de las especies arbóreas en el sistema de enriquecimiento



bien (42%) pero la tasa de crecimiento fue de 36%. En este caso, las plantas de *Senna multijuga* ya eran relativamente grandes cuando se hizo el trasplante, y no se pudo transportar mucha tierra alrededor de los raíces, lo que podría explicar la baja supervivencia. Por otro lado, *Pouteria sapota* es una especie que solamente crece rápidamente cuando está en suelo con buena humedad.

#### SISTEMA DE REFORESTACIÓN EN PASTIZAL CON PLÁNTULAS GERMINADAS EN VIVERO A PARTIR DE SEMILLAS

Entre el 1 de septiembre y el 30 de octubre 2003 se sembraron 13,397 plántulas germinadas a partir de semillas, para reforestar el área abierta de pastizal. En un sistema abierto, se puede aumentar la densidad de las plántulas sembradas, tomando en cuenta que un porcentaje no va a sobrevivir. Mientras en el sistema de enriquecimiento se sembró con una distancia de 5 m entre plántulas, con líneas cada 5 m (400 plántulas por hectárea), en las áreas abiertas se sembró

Cuadro 4. Observaciones acerca de las causas de muerte de las 4,164 plántulas en el sistema de enriquecimiento

Causa de muerte	Individuos	Porcentaje
Desaparecida	1,555	54.2%
Pisada de vaca	405	14.1%
Comida por insectos	353	12.3%
Hojas manchadas	181	6.3%
Comida por insectos y hojas manchadas	128	4.5%
Con competencia	92	3.2%
Muerta (sin causa obvia)	89	3.1%
Muerta por sequía	44	1.5%
Con retoño	5	0.2%
Muerta por actividades humanas	5	0.2%
Muerta por presencia de hormigas	5	0.2%
Aplastada por hojas de palma	2	0.1%
Comida por vacas	2	0.1%
Cortada	2	0.1%
	2,868	100.0%

a una distancia de 2.5 m, con líneas cada 2.5 m (1,600 plántulas por hectárea).

Entre el 25 de agosto y el 25 de septiembre 2004, después de aproximadamente un año, se buscaron todas las plántulas, se chapeó alrededor de las que se encontraron, y se midió su altura. De las 13,397 plántulas sobrevivieron 1,593, es decir, el 11.9%. En estos estudios, la tasa de re-encuentro de plántulas generalmente era buena, así que suponíamos que el número de plántulas re-encontradas correspondía aproximadamente al número de plántulas que sobrevivieron.

La altura después de un año en el campo era en promedio 35 cm (rango entre un promedio de 10 cm para *Clarisia bifora* y 78 cm para *Platymiscium dimorphandrum*). Esta altura promedio es pequeña, dado la competencia por gramíneas, y aquí se dió por las fechas límites establecidas en el proyecto. En este sentido es recomendable tener “paciencia” hasta que las plántu-

las alcancen un tamaño adecuado en el vivero, y no trasplantar plántulas demasiado pequeñas. Especialmente en el caso de las 1,587 plántulas de *Pimenta dioica* atribuimos la nula sobrevivencia a haber sembrado con un tamaño demasiado pequeño (Cuadro 5). Recomendamos un diámetro en la base del tallo de por lo menos 1 cm, y una altura de más de 50 cm. Aún algunas de las especies con altura final por encima de 50 cm aparentemente no toleraron las condiciones de pastizal, independientemente de su altura de siembra. Por ejemplo, *Pouteria sapota* es muy sensible a la acidez (Peña-Ramírez 2002) como la hubo en el suelo en áreas del pastizal. De cualquier manera, las plántulas de especies que toleran condiciones más extremas sí tienen una fuerte ventaja al ser sembradas de un tamaño suficientemente alto. Si es posible en términos de costos, es recomendable chapear en el primer año cada 3 meses un círculo de aproximadamente 1 m diámetro alrededor de cada plántula, y asegurar que durante más de un año permanezca un claro encima de la plántula, sin exceso de competencia por otras plantas.

El Cuadro 5 y la Figura 6 demuestran los resultados de sobrevivencia en el pastizal de las plántulas germinadas en Los Tuxtles. En este ambiente destacó la sobrevivencia después de 11 meses de *Lonchocarpus cruentus* con 100%, *Cojoba arborea* con 68%, *Coccoloba hondurensis* con 63%, *Inga pavoniana* con 58%, y *Omphalea oleifera* con 50%. En comparación, la sobrevivencia promedio de todas las 36 especies en este sistema fue solamente de 12% después de 11 meses (en un rango de 0 a 100%).

Hay 5 especies en el estudio que se sembraron en ambos sistemas, el sistema de enriquecimiento y la reforestación en pastizal (Cuadro 6). En este caso podemos comparar la sobrevivencia entre los dos sistemas de siembra. En promedio, la sobrevivencia era 2.2 veces mayor en el sistema de enriquecimiento que en el sistema de reforestación en pastizal, y en el caso de *Pouteria sapota* era casi 12 veces mayor. La única excepción es *Cojoba arborea*, cuya sobrevivencia fue un poco mejor en el pastizal (68%) que en el sistema de enriquecimiento (59%). Esta especie

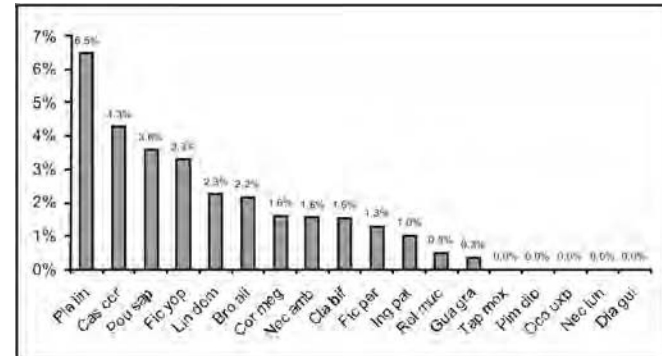
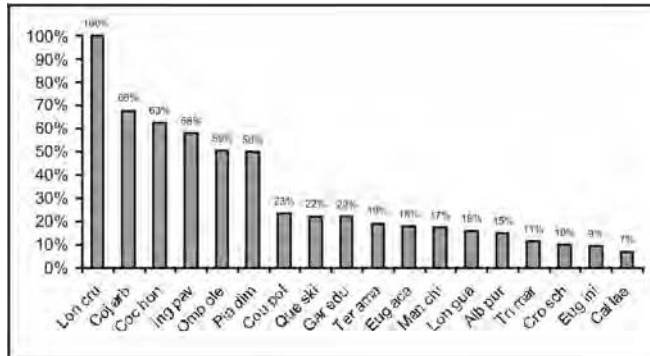
Cuadro 5. Supervivencia de las plántulas en el sistema de reforestación en pastizal con plántulas germinadas en vivero a partir de semilla

Nr	Género	Especie	Sep/oct/nov 2003 Número de plántulas	Sep 2004	Supervivencia después de 12 meses	Altura promedio (cm)
1	<i>Lonchocarpus</i>	<i>cruentus</i>	80	80	100.0%	35.1
2	<i>Cojoba</i>	<i>arborea</i>	59	40	67.8%	44.0
3	<i>Coccoloba</i>	<i>hondurensis</i>	150	94	62.7%	21.8
4	<i>Inga</i>	<i>pavoniana</i>	539	313	58.1%	32.2
5	<i>Omphalea</i>	<i>oleifera</i>	135	68	50.4%	53.9
6	<i>Platymiscium</i>	<i>dimorphandrum</i>	466	232	49.8%	78.4
7	<i>Couepia</i>	<i>polyandra</i>	518	121	23.4%	36.9
8	<i>Quercus</i>	<i>skinneri</i>	86	19	22.1%	51.8
9	<i>Garcinia</i>	<i>intermedia</i>	594	129	21.7%	19.2
10	<i>Terminalia</i>	<i>amazonia</i>	404	77	19.1%	21.8
11	<i>Eugenia</i>	<i>acapulcensis</i>	187	33	17.6%	22.8
12	<i>Manilkara</i>	<i>chicle</i>	350	61	17.4%	22.2
13	<i>Lonchocarpus</i>	<i>guatemalensis</i>	294	46	15.6%	33.1
14	<i>Albizia</i>	<i>purpusii</i>	260	38	14.6%	39.9
15	<i>Trichilia</i>	<i>martiana</i>	295	33	11.2%	39.1
16	<i>Croton</i>	<i>schiedeanus</i>	349	34	9.7%	71.6
17	<i>Eugenia</i>	<i>inirebensis</i>	315	29	9.2%	27.8
18	<i>Calatola</i>	<i>laevigata</i>	203	14	6.9%	28.9
19	<i>Pleuranthodendron</i>	<i>lindenii</i>	401	26	6.5%	30.7
20	<i>Casearia</i>	<i>corymbosa</i>	351	15	4.3%	17.9
21	<i>Pouteria</i>	<i>sapota</i>	530	19	3.6%	52.6
22	<i>Ficus</i>	<i>yoponensis</i>	454	15	3.3%	28.0
23	<i>Linociera</i>	<i>dominguensis</i>	530	12	2.3%	29.5
24	<i>Brosimum</i>	<i>alicastrum</i>	185	4	2.2%	24.8
25	<i>Cordia</i>	<i>megalantha</i>	1,680	27	1.6%	36.3
26	<i>Nectandra</i>	<i>ambigens</i>	449	7	1.6%	33.0
27	<i>Clarisia</i>	<i>biflora</i>	65	1	1.5%	10.0
28	<i>Ficus</i>	<i>pertusa</i>	155	2	1.3%	21.0
29	<i>Inga</i>	<i>paterno</i>	197	2	1.0%	63.5
30	<i>Rollinia</i>	<i>mucosa</i>	616	3	0.5%	27.0
31	<i>Guarea</i>	<i>grandiflora</i>	291	1	0.3%	30.0
32	<i>Dialium</i>	<i>guianense</i>	60	0	0.0%	--
33	<i>Nectandra</i>	<i>lundellii</i>	61	0	0.0%	--

Cuadro 5. Supervivencia de las plántulas en el sistema de reforestación en pastizal con plántulas germinadas en vivero a partir de semilla

Nr	Género	Especie	Sep/oct/nov 2003 Número de plántulas	Sep 2004	Supervivencia después de 12 meses	Altura promedio (cm)
34	<i>Ocotea</i>	<i>uxpanapana</i>	294	0	0.0%	
35	<i>Pimenta</i>	<i>dioica</i>	1,587	0	0.0%	
36	<i>Tapirira</i>	<i>mexicana</i>	207	0	0.0%	
		SUMA	13,397	1,595	11.9%	

Figura 6. Supervivencia después de 12 meses de las especies arbóreas en la reforestación en pastizal con plántulas germinadas a partir de semillas. Observe las escalas distintas entre las dos gráficas



aparentemente no tolera tanto la sombra, y es más de tipo “pionero”. Aún para esta especie la supervivencia en el sistema de enriquecimiento era relativamente alta.

#### SISTEMA DE REFORESTACIÓN EN PASTIZAL CON PLÁNTULAS TRASPLANTADAS DE LA SELVA LOCAL

De las aproximadamente 80,000 semillas sembradas en el vivero en Los Tuxtlas, obtuvimos las 17,561 plántulas de los dos sistemas ya analizados. Esto corresponde a una tasa promedio

de germinación y supervivencia en vivero de alrededor de 22%. Algunas especies tienen una baja tasa de germinación, especialmente las de semillas pequeñas (por ejemplo, *Terminalia amazonia*). Adicionalmente hubo alta mortalidad en el vivero en el Parque de La Cangrejera, donde se habían depositado el 52% de las plántulas, a pesar de que se regaron. En el periodo del 24 de marzo al 26 de septiembre 2003 (6 meses) se murieron 57% de 15,544 plántulas en el vivero por diferentes causas: (a) crecimiento de hierba circundante, (b) inundación en época de lluvias, e (c) insuficiencia de agua en la época de secas. A una



Cuadro 6. Supervivencia en comparación de las plántulas de especie que se sembraron en dos sistemas

Nr	Género	Especie	Enriquecimiento	Reforestación en pastizal
1	<i>Cojoba</i>	<i>arborea</i>	59.0%	67.8%
2	<i>Pouteria</i>	<i>sapota</i>	42.3%	3.6%
3	<i>Lonchocarpus</i>	<i>guatemalensis</i>	42.1%	15.6%
4	<i>Brosimum</i>	<i>alicastrum</i>	33.0%	2.2%
5	<i>Nectandra</i>	<i>ambigens</i>	18.5%	1.6%
			39.0%	18.1%

tasa promedio de germinación y supervivencia en vivero de 22% hubiera sido necesario coleccionar 136,400 semillas para sembrar la meta de 30,000 en campo. Por lo tanto se tomó la decisión de buscar alrededor de 13,000 plántulas adicionales de 8 especies (Cuadro 1 especies A-H) en el Parque Jaguaroundi mismo, es decir trasplantar plántulas del mismo terreno del Parque. Esto se justificó por dos razones:

- 1) Un gran porcentaje de las plántulas que se pueden encontrar en la selva, germinadas naturalmente por la lluvia de semillas, se muere bajo las condiciones naturales por la competencia con otras plántulas y falta de luz. En este sentido, trasplantarlas en un sitio abierto sin competencia puede corresponder a un "acto de rescate" si el nuevo sitio es ecológicamente más favorable que el anterior.
- 2) Buscar plántulas en el mismo Parque es una opción atractiva para los proyectos de reforestación, no solamente en áreas abiertas del mismo Parque, sino también adentro y alrededor de los Complejos Petroquímicos de PEMEX. Realizar una reforestación experimental bajo esta estrategia puede dar como resultado recomendaciones acerca de si esto es recomendable en comparación

con las plántulas germinadas en vivero, en términos de supervivencia y crecimiento.

En la implementación de este sistema aquí se presentó como problema principal una alta mortalidad por ganado vacuno, debido al robo y la destrucción repetida del alambre de púas que protegía la plantación. El Cuadro 7 muestra que la supervivencia promedio era de solamente 0.6%. No se pudo distinguir entre el factor "ganado" y el factor "sistema de siembra" en este estudio, así que desafortunadamente no podemos hacer una recomendación si este sistema puede ser exitoso. Pensamos que por lo menos algunas especies se prestan para un trasplante local (por ejemplo *Calophyllum brasiliense*).

#### CRECIMIENTO A LARGO PLAZO

Existen muchos estudios que analizan el crecimiento de plántulas, pero pocos que dan seguimiento después de los primeros años. Se seleccionaron 32 especies arbóreas que se encontraron con frecuencia y en diferentes tamaños en un área de aproximadamente 50 hectáreas (sitio del inventario forestal). Entre el 12 y el 20 de noviembre 2003, se midieron con una cinta métrica los perímetros de 382 árboles de 32 especies (aproximadamente a la altura del pecho). Se clavó una etiqueta con un número de identificación en la altura de la medición.

Después de un año, entre el 8 y 12 de noviembre 2004, se midieron los perímetros de nuevo. Dividir el perímetro del tronco entre  $\pi = 3.1416$  resulta en el diámetro (promedio) correspondiente. Se calcularon los diámetros intermedios y el incremento anual, mostrados en el cuadro 8.

Ordenando la lista de especies del mayor incremento al menor incremento promedio, *Zanthoxylum belizense* queda en el primer lugar con un incremento anual del diámetro troncal de 2.8 cm. Los menores incrementos tienen *Miconia argentea* y *Ormosia isthmensis* con 0.4 cm. *Zanthoxylum belizense* cre-

Cuadro 7. Supervivencia (sob) de plántulas transplantadas de la selva local a pastizal.

Nr	Género	Especie	Sep/oct/ nov 2003	Sep 2004	Sob en 11 meses
6	<i>Calophyllum</i>	<i>brasiliense</i>	2,488	72	0.029
41	<i>Pouteria</i>	<i>campechiana</i>	1,158	5	0.004
52	<i>Vochysia</i>	<i>guatemalensis</i>	3,001	12	0.004
4	<i>Brosimum</i>	<i>guianense</i>	1,508	0	0.000
14	<i>Chrysophyllum</i>	<i>mexicanum</i>	3,154	0	0.000
35	<i>Nectandra</i>	<i>salicifolia</i>	2,000	0	0.000
53	<i>Xylopia</i>	<i>frutescens</i>	1,106	0	0.000
		TOTAL	14,415	89	0.6%

Esta área presentó un alto nivel de perturbación por ganado vacuno lo que explica los niveles tan bajos de supervivencia

ció 7 veces más rápido, una diferencia considerable. Como proyección simple, se puede suponer una línea recta como “curva” de crecimiento del diámetro en función de la edad, lo que implicaría un incremento anual constante; con tal modelo simple, *Zanthoxylum belizense* necesitaría aproximadamente 36 años para alcanzar un diámetro de 1 m, y *Ormosia isthmensis* 250 años. Bajo este aspecto, valdría la pena probar *Zanthoxylum belizense* también en el programa de reforestación.

Un modelo sofisticado que predice la curva de crecimiento a largo plazo con mayor exactitud fue desarrollado por Ricker y del Río (2004) y Ricker *et al.* (2007); aquí lo aplicamos para *Terminalia amazonia*. Se buscaron 101 árboles de diferente tamaño de *Terminalia amazonia*, desde un diámetro de 1.7 cm hasta 89.6 cm. Con estos datos se puede aplicar el denominado *PL Model*; el software para llevar a cabo el método se puede bajar en internet del sitio “<http://sciweb.nybg.org/science2/FieldResearch.asp>”.

Cuadro 8. Incremento promedio anual de 32 especies de árboles adultos en el Parque

Especie	Autor	Diámetro intermedio promedio	Incremento anual promedio
<i>Zanthoxylum belizense</i>	Lundell (Rutaceae)	21.6 cm	2.8 cm
<i>Vochysia guatemalensis</i>	Donn. Sm. (Vochysiaceae)	39.9 cm	1.6 cm.
<i>Calophyllum brasiliense</i>	Camb. (Clusiaceae)	31.8 cm	1.4 cm
<i>Ficus perforata</i>	L. (Moraceae)	51.3 cm	1.4 cm
<i>Albizia tomentosa</i>	(Micheli) Standl. (Leguminosae-Mimosoideae)	30.9 cm	1.1 cm
<i>Matayba oppositifolia</i>	(A. Rich) Britton	35.0 cm	1.1 cm
<i>Luehea speciosa</i>	Willd (Tiliaceae)	22.8 cm	1.0 cm
<i>Cecropia obtusifolia</i>	Bertol. (Cecropiaceae)	21.3 cm	0.9 cm
<i>Hirtella triandra</i>	Sw. (Chrysobalanaceae)	35.7 cm	1.1 cm
<i>Nectandra</i> sp.	(Lauraceae)	27.2 cm	1.1 cm
<i>Terminalia amazonia</i>	(J. F. Gmel)		
	Exell (Combretaceae)	25.7 cm	1.1 cm
<i>Pouteria reticulata</i>	(Engl.) Eyma (Sapotaceae)	37.6 cm	0.9 cm
<i>Schefflera morototoni</i>	(Aubl.) Maguire, Steyerf. et Frodin (Araliaceae)	35.8 cm	0.9 cm
<i>Brosimum alicastrum</i>	Sw. (Moraceae)	34.1 cm	0.8 cm
<i>Bursera simaruba</i>	(L.) Sarg. (Burseraceae)	28.2 cm	0.7 cm
<i>Clarisia biflora</i>	Ruiz et Pav. (Moraceae)	18.9 cm	0.7 cm
<i>Garcinia intermedia</i>	(Pittier) Hammel (Clusiaceae)	17.7 cm	0.7 cm
<i>Guatteria amplifolia</i>	Triana et Planch. (Annonaceae)	14.7 cm	0.7 cm
<i>Pouteria campechiana</i>	(Kunth) Baehni (Sapotaceae)	27.2 cm	0.7 cm
<i>Dialium guianense</i>	(Aubl.) Sandwith (Legminosae-Caesalpinioideae)	36.9 cm	0.6 cm
<i>Poulsenia armata</i>	(Miq.) Standl. (Moraceae)	43.2 cm	0.6 cm
<i>Pouteria sapota</i>	(Jacq.) H. Moore et Stearn (Sapotaceae)	35.7 cm	0.6 cm
<i>Xylopia frutescens</i>	Aubl. (Annonaceae)	18.8 cm	0.6 cm
<i>Zuelania guidonia</i>	(Sw.) Britton et Millsp. (Flacourtiaceae)	18.6 cm	0.6 cm
<i>Coccoloba hondurensis</i>	Lundell (Polygonoaceae)	50.7 cm	0.5 cm
<i>Cymbopetalum baillonii</i>	R. E. Fr. (Annonaceae)	22.7 cm	0.5 cm
<i>Dendropanax arboreus</i>	(L.) Decne (Araliaceae)	31.4 cm	0.5 cm
<i>Ilex valerioni</i>	Standl. (Aquifoliaceae)	19.6 cm	0.5 cm
<i>Persea schiedeana</i>	Nees (Lauraceae)	38.4 cm	0.5 cm
<i>Spondias radlkoferi</i>	Donn. Sm. (Anacardiaceae)	32.9 cm	0.5 cm
<i>Miconia argentea</i>	(Sw.) DC. (Melastomataceae)	24.0 cm	0.4 cm
<i>Ormosia isthmensis</i>	Standl. (Leguminosae-Papilionoideae)	24.9 cm	0.4 cm

La primera gráfica de la Figura 7 muestra la relación entre diámetro y crecimiento relativo logarítmico, y la segunda la relación matemática equivalente entre edad y diámetro (con curvas de confianza de 95%). Se observa un lento crecimiento de la especie en los primeros 20 años, con una aceleración posterior.

### RECOMENDACIONES

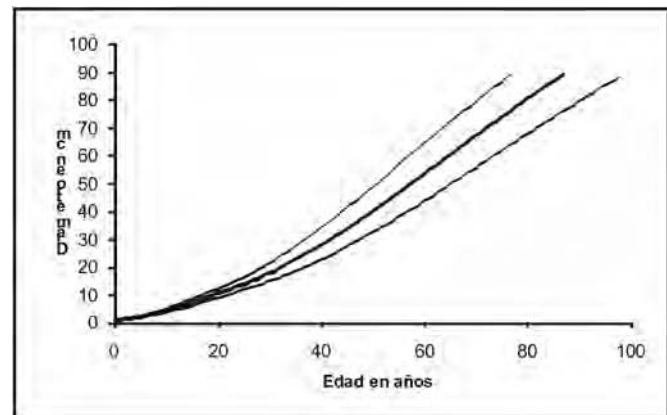
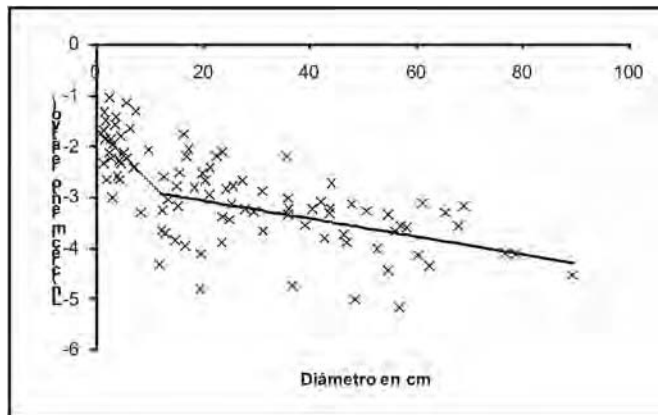
El Programa experimental de reforestación y plantaciones perimetrales nos lleva a las siguientes recomendaciones para futuros proyectos de reforestación y restauración forestal en el Parque Ecológico Jaguarundi:

- 1) Cuando existe ya una cobertura forestal que ha eliminado al pasto, se pueden sembrar especies en un sistema de enriquecimiento en claros artificiales que presentan condiciones ambientales menos extremas. Algunas especies que

recomendamos son, en orden alfabético: *Dussia mexicana* ("palo de burra"), *Inga sinacae* ("vaina peluda"), *Licaria velutina* ("laurel baboso"), *Lonchocarpus guatemalensis* ("palo de gusano"), *Senna multijuga* ("cachimba"), *Vatairea lundellii* ("picho"), y en lugares donde el suelo no es ácido *Pouteria sapota* ("zapote mamey").

- 2) Para la reforestación de los pastizales hay que tener cuidado con la selección de especies, para que éstas resistan las condiciones más extremas de sequía, insolación, y competencia con gramíneas. En muchos sitios del Parque Jaguarundi, el suelo actual es relativamente ácido. Hay especies que no toleran estas condiciones. Quizás la especie más sensible al respecto empleada aquí fue *Pouteria sapota* (Peña-Ramírez 2002). De las 53 especies probadas, nosotros recomendamos en orden alfabético *Coccoloba hondurensis* ("uvero"), *Cojoba arborea* ("camaronero"), *Inga pavoniana* ("acotopé"), *Lonchocarpus cruentus* ("rosa morada"), y *Omphalea oleifera* ("corcho") para reforestar pastizal. Otras dos espe-

Figura 7. Las gráficas muestran la relación entre diámetro y crecimiento relativo logarítmico, y la relación matemática correspondiente entre edad y diámetro (con curvas de confianza de 95%). Se observa un lento crecimiento de la especie en los primeros 20 años, con una aceleración posterior



- cies que se probaron en otro estudio en “Nuevo Pemex” en Tabasco (Martínez Bravo 2001) son *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. (Bombacaceae) y *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. (Leguminosae-Mimosoideae)
- 3) Es indispensable evitar las perturbaciones por ganado vacuno que pisa y come las plántulas.
  - 4) El riego artificial y el manejo intenso de las plántulas sembradas en campo tiene costos generalmente demasiado elevados. En consecuencia es importante:
    - a) Producir en vivero plántulas de suficiente tamaño para superar el pasto y tolerar las condiciones de estrés, es decir, esperar el tiempo suficiente antes de trasplantar. Recomendamos un diámetro en la base del tallo de por lo menos 1 cm, y una altura de más de 50 cm. El manejo de las plántulas en vivero, como eliminar hierbas en las bolsas y regar, es mucho más barato que el manejo en el campo.
    - b) Para lograr un tamaño adecuado de las plántulas en el vivero hay que usar bolsas o contenedores de tamaño suficientemente grande cuando se germinan las semillas. Nosotros recomendamos por lo menos dos litros de sustrato (tierra) por plántula. Si las semillas son pequeñas, se pueden sembrar varias semillas en conjunto en una bolsa o contenedor.
    - c) Durante el trasplante se debe llevar todo el sustrato de la bolsa o contenedor a la sepa, y cortar lo menos posible las raíces.
    - d) La fertilización mineral puede hacerlo más difícil para las plántulas absorber agua por las raíces (“efecto de sal”, véase Martínez-Bravo 2001).
    - e) Se debería trasplantar al inicio de la época de lluvias (junio, julio), para asegurar un desarrollo suficiente de las raíces hasta la próxima época seca.
    - f) Si es posible en términos de costos, es recomendable chequear en el primer año cada 3 meses un círculo de aproximadamente 1 m diámetro alrededor de cada plántula, y asegurar que durante más de un año permanezca un claro encima de la plántula, sin exceso de competencia por otras plantas.
  - 5) Una especie local del Parque que mostró un rápido crecimiento en árboles grandes, es *Zanthoxylum belizense*. Valdría la pena probar esta especie también en el programa de reforestación.
  - 6) La proyección de la curva de crecimiento de *Terminalia amazonia* a largo plazo demuestra que la reforestación requiere de paciencia: En promedio se espera que los árboles de esta especie alcancen un diámetro troncal de 10 cm después de 20 años, y un diámetro de 80 cm a los 80 años.

#### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo y trabajo en campo de los señores Darío Velasco Campechano y Domingo Velasco Gómez del Ejido Laguna Escondida (Municipio San Andrés Tuxtla), además de diez campesinos del Ejido La Cangrejera. El trabajo fue llevado a cabo bajo el Convenio Específico No CS-400-RM-40000281/02 entre PEMEX-Petroquímica y la UNAM.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Ibarra-Manríquez, G., y S. Sinaca-Colín. 1995. Lista florística comentada de la Estación de Biología Tropical “Los Tuxtlas”, Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical* 43(1-3): 75-115.
- Ibarra-Manríquez, G., y S. Sinaca-Colín. 1996a. Estación de Biología Tropical “Los Tuxtlas”, Veracruz, México: Lista florística comentada (Mimosaceae a Verbenaceae). *Revista de Biología Tropical* 44(1): 41-60.
- Ibarra-Manríquez, G., y S. Sinaca-Colín. 1996b. Lista comentada de plantas de la Estación de Biología Tropical “Los Tuxtlas”, Veracruz, México (Violaceae-Zingiberaceae). *Revista de Biología Tropical* 44(2): 427-447.
- Ibarra-Manríquez, G., M. Ricker, G. Ángeles, S. Sinaca-Colín, y M. A. Sinaca-Colín. 1997. Useful plants of the Los Tuxtlas rain forest (Veracruz, Mexico): Considerations of their market potential. *Economic Botany* 51(4): 362-376.

- Martínez-Bravo, R. D. 2001. *Reforestación con diez especies arbóreas nativas bajo fertilización en Tabasco*. Tesis de Maestría, Posgrado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F. 77 p.
- Peña-Ramírez, V. M. 2002. *Fertilización de Pimenta dioica (Pimienta gorda) y Pouteria sapota (Mamey): un experimento en invernadero*. Tesis de Maestría, Posgrado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F. 101 p.
- Pennington, T. D., y J. Sarukhán. 2005. *Árboles tropicales de México*. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F. 523 p.
- Ricker, M., y R. del Río. 2004. Projecting diameter growth in tropical trees: A new modeling approach. *Forest Science* 50(2): 213-224.
- Ricker, M., C. Siebe, S. Sánchez B., K. Shimada, B. C. Larson, M. Martínez-Ramos, y F. Montagnini. 2000. Optimising seedling management: *Pouteria sapota*, *Diospyros digyna*, and *Cedrela odorata* in a Mexican rainforest. *Forest Ecology and Management* 139: 63-77.
- Ricker, M., G. Gutiérrez-García, y D.C. Daly. 2007. Modeling long-term tree growth curves in response to warming climate: Test cases from a subtropical mountain forest and a tropical rainforest in Mexico. *Canadian Journal of Forest Research* 37: 977-989.