



UNIVERSIDAD VERACRUZANA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS
ZONA: ORIZABA-CÓRDOBA

Carrera: Licenciado en Biología.

**“Sobrevivencia de plántulas de especies
arbóreas en el Parque Ecológico Jaguaroundi
(Coatzacoalcos, Veracruz).”**

TESIS

**Que para obtener el título de:
LICENCIADO EN BIOLOGIA**

**PRESENTA:
Ricarda Palacios Domínguez**

**Director Externo:
Dr. Martin Ricker**

**Director Interno:
M.C. Héctor Oliva Rivera**

Córdoba, Ver.

Noviembre 2008.



UNIVERSIDAD VERACRUZANA

Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

C. RICARDA PALACIOS DOMINGUEZ
PASANTE DE LA CARRERA DE
LICENCIADO EN BIOLOGIA
P R E S E N T E

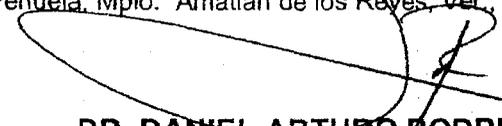
Habiendo sido debidamente revisado y aceptado el trabajo recepcional presentado por usted denominado "Sobrevivencia de plántulas de especies arbóreas en el Parque Ecológico Jaguaroundi (Coatzacoalcos, Veracruz)".

En la modalidad de **TESIS** y estando de acuerdo con los maestros que integran la Comisión Revisora de Tesis, que es satisfactorio su contenido como prueba escrita para sustentar el Examen Profesional, **AUTORIZO** a que proceda a la impresión del citado trabajo.

A T E N T A M E N T E

"LIS DE VERACRUZ: ARTE, CIENCIA, LUZ"

Peñuela, Mpio. Amatlan de los Reyes, Ver., 20 de Noviembre del 2008


DR. DANIEL ARTURO RODRIGUEZ LAGUNES
SECRETARIO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
BIOLOGICAS Y AGROPECUARIAS

Vo. Bo.


DR. JOAQUIN MURGUIA GONZALEZ
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
BIOLOGICAS Y AGROPECUARIAS

FACULTAD DE CIENCIAS
BIOLOGICAS Y
AGROPECUARIAS
CORDOBA VER



SECRETARIA

5.2 Germinación	-----	14
5.4 Preparación del sitio de siembra en el Parque Ecológico Jaguaroundi	-----	14
5.5 El trasplante de las plántulas	-----	15
5.6 Medición de la sobrevivencia	-----	16
5.6.1 Análisis de sobrevivencia con el procedimiento de Mantel – Haenszel	-----	17
5.7 Análisis estadístico para la variación de la sobrevivencia de suelo y luz	-----	17
6. Resultados y Discusión	-----	19
6.1 Sobrevivencia de las plántulas	-----	19
6.1.1 Análisis de sobrevivencia con el procedimiento de Mantel Haenszel	-----	20
6.2 Análisis de varianza factorial de la sobrevivencia en función de especie, apertura y color del suelo	-----	23
7. Conclusiones	-----	32
8. Recomendaciones	-----	33
Bibliografía	-----	34

AGRADECIMIENTOS y DEDICATORIAS:

En primer lugar agradezco a la Universidad Veracruzana, por darme la oportunidad de formarme profesionalmente y en especial a todos los académicos que me compartieron sus enseñanzas, sembrando la semilla de la sabiduría y el amor a la biología.

El trabajo fue llevado a cabo bajo el Convenio Especifico No CS-400-RM-40000281/02 entre PEMEX-Petroquímica y la UNAM.

Un sincero agradecimiento a la Estación de Biología Tropical de los Tuxtles, donde lleve a cabo la investigación de vivero así mismo donde escribí gran parte de mi trabajo. A toda la gente que labora allí y que me brindaron su amistad y compañía durante mucho tiempo mil gracias.

Un especial agradecimiento al Dr. Martin Ricker, por permitirme ser parte del proyecto del Parque Ecológico Jaguaroundi, con el presente trabajo. Además de la amistad y confianza brindada a través de los años. Especialmente por la paciencia y el apoyo que me brindo siempre.

Así mismo un sincero agradecimiento al M. C. Héctor Oliva Rivera director interno del presente trabajo por el apoyo recibido y por las revisiones a este documento.

A los revisores de este trabajo por tomarse el tiempo necesario para leerlo y sacar conclusiones a lo largo de las distintas revisiones.

Agradecimiento a la gente que trabajo conmigo en campo, para la siembra y medición de plántulas, Eladio Velasco Sinaca, Braulio Gómez Chagala sin ellos no hubiera sido nada fácil y sobre todo muy aburrido.

El presente trabajo fue llevado a cabo bajo el convenio de PEMEX-Petroquímica con la UNAM, para el proyecto de "Restauración y conservación de la Selva Veracruzana" en el año 2003.

Un agradecimiento especial a la Bióloga Odette Isabel Cadena Morales por ser mi compañera de trabajo y una gran amiga, por apoyarme para retomar mi trabajo.

Este trabajo está especialmente dedicado a Dios y a la vida, el primero por estar siempre conmigo y no abandonarme nunca y la segunda por que da tantas vueltas que uno nunca sabe y cuando te das cuenta te devuelve para que termines lo que empezaste.

A mis queridos padres Eva y Ricardo todo mi amor, mi esfuerzo, mis alegrías y logros.

A mis hermanos (as) Javier, Eva y Libertad que son mi fortaleza, mis alegrías.

A Shava por ser mi fuente de inspiración en la vida, mi conciencia, bebido precioso eres mi cielo con todo y estrellas.

A Ofelia por sus cuidados y regaños para estar en el camino del bien.

A mi gran sueño Laguna Azul.

Índice de Cuadros

	Págs.
1 Las 17 especies seleccionadas para este estudio, de acuerdo a los requerimientos del parque. -----	13
2 Número de plántulas por especie plantadas en el Parque Ecológico Jaguaroundi. -----	16
3 Formato para el registro de los datos del censo de las plántulas sembradas en el parque Ecológico Jaguaroundi. -----	17
4 Número total de plántulas que sobrevivieron en el Parque Ecológico Jaguaroundi después de 6 meses de haber sido trasplantadas. ---	19
5 Procedimiento de Mantel-Haenszel aplicado a 17 especies arbóreas. -----	21
6 Número de plántulas por especie que fueron utilizadas en el análisis de varianza factorial (ANOVA). -----	23
7 Resultados del análisis de varianza sin transformación de datos aplicados a 15 especies, 2 aperturas y 3 colores de suelo. -----	24
8 Resultados del análisis de varianza con transformación de datos aplicados a 15 especies, 2 aperturas y tres colores de suelo. -----	25

Índice de Figuras

	Págs.
1 Ubicación del área de estudio. -----	8
2 Ubicación del Parque Ecológico Jaguarundi. -----	11
3 Croquis del área de plantación con líneas. -----	15
4 Sobrevivencia promedio de las 15 especies arbóreas y error estándar (0.0296). Las proporciones están dadas en sobrevivencia. -----	25
5 La sobrevivencia de las especies en promedio, en función de la apertura. Con error estándar = 0.0108. Las proporciones están dadas en grados de sobrevivencia. -----	26
6 La sobrevivencia de las especies en promedio, en función del color del suelo. Con un error estándar = 0.0132. Las proporciones están dadas en grados de sobrevivencia. -----	27
7 Sobrevivencia de las 15 especies en función a las dos aperturas, con un error estándar = 0.4119. -----	28



Abreviaturas utilizadas:

<i>AmpHot</i>	=	<i>Ampelocera hotlei</i> (Standl) Standl.
BroAli	=	<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.
CojArb	=	<i>Cojoba arborea</i> (L) Britton & Rose
DerSma	=	<i>Deherainia smaragdina</i> (Planch. Ex Linden) decae
DioDig	=	<i>Diospyros digyna</i> Jacq.
DusMex	=	<i>Dussia mexicana</i> (Standl) Harms
FarOci	=	<i>Faramea occidentalis</i> (L.) van Royen
IngSin	=	<i>Inga sinacae</i> M. Sousa & Ibarra - Manriquez
LicVel	=	<i>Licaria velutina</i> van der Werff
LonGua	=	<i>Lonchocarpus guatemalensis</i> Benth.
ManZap	=	<i>Manilkara sapota</i> (L.) van Royen
NecAmb	=	<i>Nectandra ambigens</i> (S.F. Blake) C.K. Allen
PouSap	=	<i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) H. Moore et Searn
SenMul	=	<i>Senna multijuga</i> (Rich.) Irwin et Barneby
SteDon	=	<i>Stemmademia donell-smithii</i> (Rose) Woodson
VatLun	=	<i>Vatairea lundelii</i> (Standl.) Killip ex Record
VirGua	=	<i>Virola guatemalensis</i> (Hemsl.) Warb.
COLSUELOS	=	Color de suelos
EBTT	=	Estación de Biología Tropical "los Tuxtlas"
PEJ	=	Parque Ecológico Jaguaroundi

RESUMEN

Se analiza la germinación de semillas y la sobrevivencia de plántulas de 17 especies arbóreas nativas de la selva alta perennifolia de "Los Tuxtlas" trasplantadas a un sitio con condiciones ambientales diferentes. Las especies son: *Ampelocera hottlei*; *Brosimum alicastrum*; *Cojoba arborea*; *Deherainia smaragdina*; *Diospyros dygina*; *Dussia mexicana*; *Faramea occidentalis*; *Inga sinacae*; *Licaria velutina*; *Lonchocarpus guatemalensis*; *Manilkara zapota*; *Nectandra ambigens*; *Pouteria sapota*; *Senna multijuga*; *Stemmademia donell-smithii*; *Vatairea lundelii*; y *Virola guatemalensis*.

Las semillas germinaron en dos viveros rústicos en la Estación de Biología Tropical de "Los Tuxtlas", UNAM. Con una altura promedio de 22 cm, las plántulas se trasplantaron a un sitio de restauración forestal en el Parque Jaguaroundi de PEMEX-Petroquímica, cerca de la Ciudad de Coatzacoalcos, Veracruz.

Un total de 4,200 plántulas de las 17 especies se trasplantaron entre septiembre y noviembre del 2002. En marzo y abril del 2003, después de 5-7 meses, se midió la altura de las plántulas sobrevivientes, y se anotaron las plántulas muertas o desaparecidas. Además, se observó la apertura de la vegetación existente (abierto, cerrado), y el color del suelo (amarillo, café, y rojizo). La sobrevivencia total fue de 83.9%.

Para las 17 especies, se analizó si la probabilidad de sobrevivencia es mayor en una siembra en lo cerrado (sistema de restauración con protección por el dosel) que en una siembra en lo abierto (plantación en un pastizal). En un análisis de proporciones de Mantel-Haenszel, el resultado varió significativamente entre especies: las especies que sobrevivieron mejor para el sistema de restauración en una apertura cerrada son



Ampelocera hottlei (2.8 veces mayor sobrevivencia abajo del dosel), *Dussia mexicana* (3.5 veces), *Faramaea occidentalis* (5.7 veces), *Licaria velutina* (2.9 veces) y *Vatairea lundelii* (2.8 veces).

En un análisis de varianza factorial se incluyeron como factores 15 especies (*Manilkara zapota* y *Stemmademia donell-smithii* no tenían suficientes individuos), tres colores de suelo (amarillo, café, rojizo), y dos estados de apertura (abierto, cerrado). Se encontraron diferencias altamente significativas en la sobrevivencia entre especies (rango 53-95%), entre suelos (77-83%), y entre aperturas (76-84%). Nuevamente resulta altamente significativa la interacción entre apertura y especie, pero no entre suelo y especie. En conclusión, la sobrevivencia de plántulas originarias y germinadas en "Los Tuxtlas", trasplantadas en el Parque Ecológico Jaguaroundi (cerca de Coatzacoalcos) puede ser exitosa, pero depende en gran parte de una adecuada selección de especies a utilizar en dadas condiciones de suelo y apertura de dosel.

1. Introducción.

El bosque tropical está desapareciendo a una velocidad de 13.5 millones de hectáreas por año (Kobayashi, 2004). Tan solo en el estado de Veracruz permanece el 19% de la cobertura de la vegetación original (Benítez, 2004). La causa principal de la deforestación es la conversión del uso del suelo forestal, tanto a tierras para la agricultura como para la ganadería (Martínez-Garza, 2003; Martínez-Garza, y Howe, 2003; Torres-Rojo, *et al*, 2001, Frederic, *et al.*, 2002).

La deforestación se traduce en la pérdida de fertilidad del suelo, en la reducción y fragmentación del hábitat con pérdida de biodiversidad, posiblemente la extinción de especies de flora y fauna. En años recientes se han considerado diferentes opciones de manejo para acelerar la recuperación y restaurar la productividad, biodiversidad y otros valores de los sitios degradados (Parrota, 1997). Existe evidencia que por medio de plantar especies arbóreas en sitios perturbados se puede facilitar la sucesión de la selva en el dosel inferior, al modificar las condiciones físicas del sitio (Li, *et. al.*, 2003).

El propósito de este trabajo fue analizar la sobrevivencia de 17 especies arbóreas propias de la selva alta de “los Tuxtlas”, trasplantadas en el Parque Jaguaroundi, el cual es un sitio perturbado, con propósitos de restauración. Ambos sitios comparten características similares: la vegetación original del Parque Jaguaroundi fue de selva alta perennifolia, el clima es similar, y solamente los suelos son distintos.

El éxito de la restauración forestal se mide por la germinación, sobrevivencia y el crecimiento de las especies que se emplearon para llevarla a cabo. La restauración forestal pretende incrementar la biodiversidad biológica, así como también los valores comerciales de las especies arbóreas que son poco conocidas, ya que esta restauración juega un papel importante en las funciones del ecosistema y la fertilidad del suelo, es por esto que existe tal importancia de la restauración de los sitios alterados (Martínez-Garza y Howe, 2003; Kobayashi, 2004; Meli, 2003; Higgs, 1997).

En este contexto PEMEX-Petroquímica decidió crear el Parque Ecológico Jaguaroundi, donde se quiere restaurar la selva con fines de conservación, investigación y difusión, usando especies propias de la selva típica de la vegetación original y concluir sobre el potencial de estas especies para utilizarse en futuras restauraciones de ecosistemas similares.

2. Fundamentos.

2.1. Deforestación.

La problemática de la deforestación es mundial, principalmente en los bosques tropicales. En la pasada década de los 90s existían cerca de 1,150+/-54 x 106 hectáreas de bosque tropical húmedo. En el transcurso de 7 años (1990-97) la reducción de los bosques se aceleró, siendo estimada a una tasa de deforestación de 5.6+/-4.4 x 106 hectáreas por año (Frederic, *et al* 2002). En tanto Kobayashi (2004), menciona que en los últimos años el bosque tropical ha desaparecido a una tasa de deforestación de 13.5 millones de hectáreas por año.

En México la problemática de la deforestación se viene dando desde la década de los 60s (Cairns *et al*, 1995), especialmente en el sureste del País (Dirzo y García, 1991; Torres-Rojo, *et al*, 2001). La causa principal de la deforestación en México ha sido la conversión de las tierras de vegetación primaria a tierras de cultivo primero y áreas de pastoreo.

El área deforestada y convertida en tierras de cultivo o de pastoreo puede tener un ciclo de vida corto, siendo abandonada por la degradación del suelo y la invasión de especies indeseables (Aidé, *et al.*, 1995; Frederic, *et al*, 2002). Por otro lado, el proceso de sucesión natural en sitios altamente degradados es muy lenta (Martínez-Garza, 2003; Meli, 2003). Una forma de encausar los procesos funcionales de los ecosistemas dañados es por medio de la restauración ecológica.

2.2. Restauración ecológica.

La restauración ecológica es una disciplina de origen reciente, y se enfoca hacia la rehabilitación biótica y abiótica de los sistemas naturales, con la idea de restituir su estructura y procesos funcionales. Según Martínez-Garza (2003), un ecosistema no se recupera al cien por ciento en un proceso de restauración, pero se puede acelerar la recuperación del ecosistema, al introducir árboles pioneros al interior de la selva.

Para llevar a cabo una restauración ecológica es necesario tener en cuenta la historia y situación del sitio, la finalidad del proyecto, y las especies de plantas que se van a plantar.

2.3. Introducción y selección de especies.

La selección de las especies debe definirse en función de las capacidades de cada una de ellas, y de las necesidades de acuerdo al nivel de deterioro del ambiente que se va a restaurar (Higgs, 1997; Meli, 2003; Kobayashi, 2004).

En sitios que presentan suelos degradados se pueden plantar especies fijadoras de nitrógeno y aquellas también que son capaces de mejorar la fertilidad del suelo. Un objetivo de la restauración en lugares perturbados puede ser plantar especies endémicas o amenazadas para incrementar el tamaño de las poblaciones (Meli, 2003; Martínez-Garza, 2003). Otro punto importante es la siembra de especies atractivas para aves y otros agentes dispersores de semillas, así como el manejar especies pioneras con especies del interior de la selva (Martínez-Garza 2003; Martínez-Garza y Howe, 2003).

En las selvas tropicales existen cientos de especies arbóreas que podrían ser factibles para los procesos de restauración, sin embargo han sido relegadas de los programas de reforestación por el poco conocimiento que existe de su biología y las respuestas que puedan presentar en los sitios restaurados. Butterfield (1995), llevó a cabo un trabajo en Costa Rica en donde demostró que las especies nativas tienen un alto potencial en la reforestación para una variedad de objetivos (enriquecimiento, agroforestería, y comerciales).

Blakesly, *et al.*, (2002), menciona que una propuesta efectiva para la restauración de bosques tropicales consiste en plantar especies nativas (de uso local) para restablecer y propiciar la recuperación de la biodiversidad. Las especies nativas tienen la ventaja que localmente la gente las conoce y usa. Además, están adaptadas a las condiciones ambientales del sitio de plantación.

2.4. La germinación de semillas.

La germinación de las semillas, sobrevivencia y crecimiento de las plántulas de especies arbóreas dependen de los factores bióticos (competencia, herbivoría o predación) y abióticos (luz, temperatura, suelo, humedad) (Gómez-Pompa, *et al.*, 1991; Richards, 1996; Parrota, 1997). Un aspecto importante de la germinación es la latencia y longevidad de las semillas. La longevidad de las semillas es generalmente baja en los árboles de especies tropicales; sin embargo, es más alta para las especies pioneras que para las sucesionales (Gómez-Pompa, *et al.*, 1991; Richards, 1996).

Diferentes autores han estudiado la germinación entre diferentes sitios y especies. No todas las especies responden igual a los diferentes factores que existen en el medio. Dos factores importantes que afectan la germinación de las semillas son:

- 1) La exposición de la semilla (embrión) al espectro luminoso.
- 2) Restricciones mecánicas. Muchas semillas necesitan pasar por un proceso o tratamiento para asegurar el porcentaje de germinación. Es importante mencionar que la combinación de varios tratamientos también ha sido estudiada: por ejemplo McLaren y McDonald (2003) encontraron que la estancia de las semillas de *Calypttranthes pallens*, *Eugenia sp.*, *Hypelate trifolia*, y *Metopium brownii* en la sombra tuvo un mejor efecto que el riego de la misma para germinar. Teketay (1996), menciona que la escarificación por tratamientos de agua caliente, inmersión de las semillas en ácido sulfúrico, y un régimen diferente de temperaturas logran romper la latencia en las semillas de leguminosas.

2.5 Sobrevivencia de plántulas

La apertura del dosel en el sitio de siembra juega un papel esencial en la sobrevivencia. , Martínez-Bravo (2001), midió la sobrevivencia de las plántulas en función de diferentes unidades de paisaje (acahual, pastizal). Las plántulas obtuvieron una mayor sobrevivencia en los acahuales, donde la vegetación circundante favoreció la supervivencia.

Ricker (1998) y Ricker *et al.*, (2000), observó en un estudio de enriquecimiento de las plántulas que *Pouteria sapota* y *Diospyros digyna* crecen y sobreviven bien bajo el dosel que presenta una apertura de alrededor del 60%.

Fisher *et al.*, (1991), en su estudio de crecimiento y sobrevivencia de *Virola surinamensis* encontraron que la existencia de un dosel superior y el riego favorecen la sobrevivencia de las plántulas de esta especie.

Gerhardt (1996), habla de que las plántulas sobrevivieron mejor en un bosque siempre verde que en un deciduo. En la temporada seca hubo mayor mortalidad de plántulas, pero bajo una cobertura de dosel más cerrada hubo mayor humedad y menos mortalidad que en la cobertura abierta. Por otro lado Butterfield (1995), en su estudio de sobrevivencia y crecimiento de 84 especies nativas con diferentes usos sembradas en



pastizales abandonados, también habla de que obtuvo una interacción significativa entre las especies y el sitio donde fueron sembradas.

McLaren y McDonald (2003) encontraron que la sobrevivencia de cuatro especies del dosel superior en; sitios no cerrados, parcialmente cerrados, y completamente cerrados, fue más baja en los sitios no cerrados que en los sitios completamente cerrados. El suministro de agua prolongó la sobrevivencia de individuos en la temporada seca, y los niveles altos de luz en la temporada seca fueron nocivos para las cuatro especies.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general.

Analizar la sobrevivencia de las plántulas de 17 especies arbóreas originarias de la selva alta de "Los Tuxtlas", después de haber sido trasplantadas a un sitio de restauración forestal en el Parque Ecológico Jaguaroundi de PEMEX-Petroquímica en Coatzacoalcos, Veracruz.

3.2. Objetivos específicos:

- 1) Evaluar el porcentaje de germinación de 17 especies arbóreas originarias de la selva alta de "Los Tuxtlas".
- 2) Registrar la sobrevivencia de las plántulas de 17 especies trasplantadas al Parque Jaguaroundi en condiciones abióticas heterogéneas (luz y suelo).
- 3) Explicar la variación de sobrevivencia en función de diferencias entre especies, suelos y exposición a la luz.

4. Hipótesis

4.1 Hipótesis nula:

No existen diferencias en la sobrevivencia de las especies arbóreas plantadas en las diferentes condiciones del dosel y de suelo.

4.2 Hipótesis alterna:

Existen diferencias en la sobrevivencia de las especies arbóreas plantadas en las diferentes condiciones del dosel y de suelo.

5. Materiales y métodos.

5.1 Área de estudio

El presente trabajo se llevó a cabo en dos áreas de estudio. La primera parte (colecta de semillas, germinación 2001 - 2002) se llevó a cabo en la Estación de Biología Tropical de “Los Tuxtlas” que se encuentra en el Municipio de San Andrés Tuxtla, Veracruz. La segunda (2002) parte se llevó a cabo en el Parque Ecológico Jaguaroundi ubicado en el Municipio de Coatzacoalcos, Veracruz. (Fig. 1)

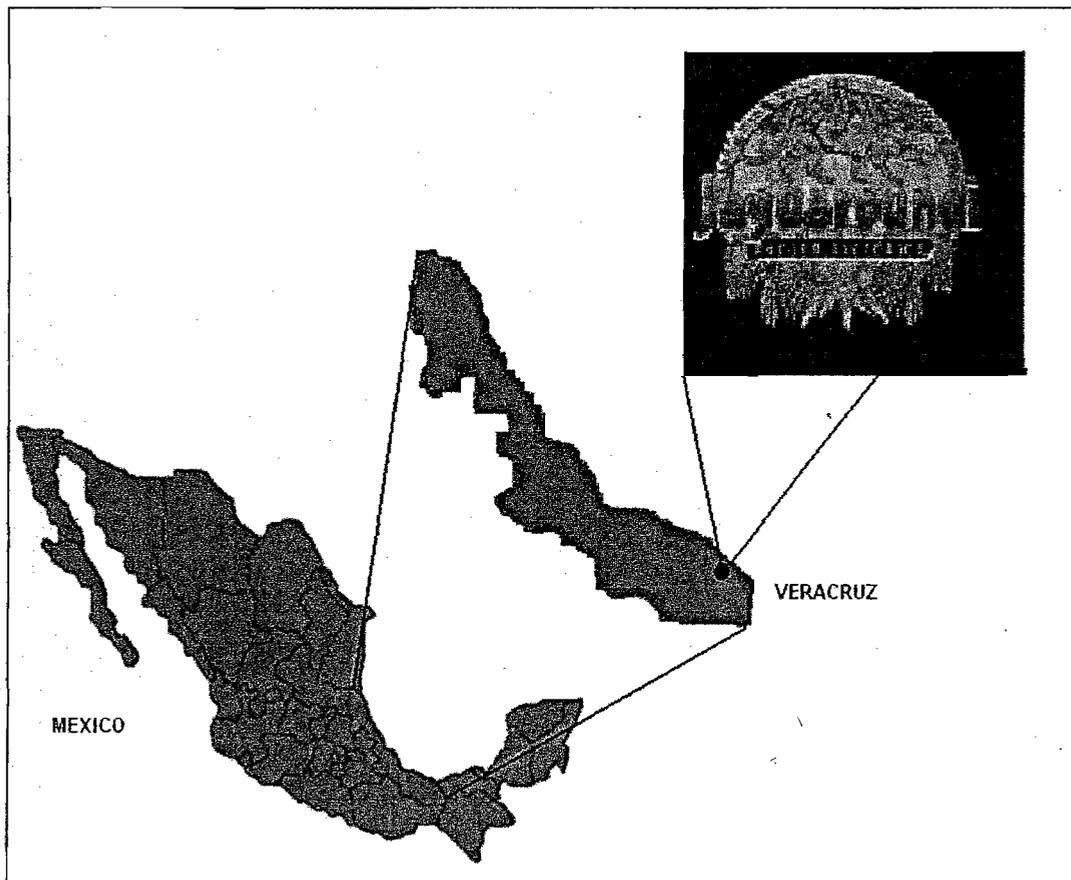


Fig. 1. Ubicación del área de estudio. (INEGI, 2000)

5.1.1. La Estación de Biología Tropical de “Los Tuxtlas” (EBTT)

La Sierra de “Los Tuxtlas” se ubica en la llanura costera del Golfo Sur. Presenta un relieve volcánico, con más de 300 conos volcánicos. La Estación de Biología Tropical “Los Tuxtlas” se encuentran entre los $90^{\circ}04'$ y $95^{\circ}09'$ de longitud oeste y los $18^{\circ}34'$ y $18^{\circ}36'$ de latitud norte, a 30 km de la ciudad de Catemaco en Veracruz. (González, *et al.* 1997).



El clima predominante es el cálido húmedo (Am) con lluvias en verano, presentando una temperatura media anual de 25°C y una precipitación anual de 4000 mm anuales (González *et al.*, 1997).

En “Los Tuxtlas” existe una gran variedad de tipos de suelo, determinada por el origen volcánico de la región, la geología, el clima y los tipos de vegetación. En toda la región se tienen registrados 18 tipos de suelo (Guevara, 2006). Debido a la gran diversidad de suelos existentes en la región las coloraciones son diferentes siendo en la ETBB de color pardos con distintas variaciones pardo amarillento, pardo grisáceo oscuro y pardo grisáceo (Campos, 1998, Guevara, *et al.*, 2006).

La Estación de Biología cuenta con un área de reserva de 640 hectáreas de selva alta perennifolia, donde la flora vascular incluye 943 especies, 545 géneros y 131 familias. Las instalaciones se encuentran a una altura de 120 msnm.

5.1.2 El Parque Ecológico Jaguaroundi

El Parque Ecológico Jaguaroundi de PEMEX-Petroquímica está localizado al lado norte del complejo Petroquímico Cangrejera, el cual se encuentra a 5 kilómetros de la ciudad de Coatzacoalcos en Veracruz, y entre 40 y 80 msnm. Tiene una superficie total de 1000 hectáreas, con una cobertura vegetal fragmentada, acahuales, remanentes de selva, pastizales (Figura 2).

La vegetación original del Parque Ecológico Jaguaroundi corresponde principalmente a la selva alta perennifolia, actualmente fragmentada y perturbada. La UNAM en los resultados preliminares del proyecto del parque ha reportado 124 especies en 113 géneros y 87 familias del reino vegetal. Entre los árboles representativos de la zona se encuentran:

Terminalia amazonia “sombrerete”; *Vochysia guatemalensis* “Palo de ocote”;
Dialium guianense “huapaque”; *Vatairea lundelii* “palo de picho”;
Aspidosperma megalocarpon “nazareno” y *Brosimum alicastrum* “ojoche”.

Dentro del proyecto del Parque Ecológico Jaguaroundi se encuentra un programa de restauración de la selva en 137.3 ha, de la cuales 25.2 ha se ocuparon utilizaron para el presente estudio. La cobertura existente en esta área pertenece a vegetación secundaria (acahual y pastizal).

El área de restauración está limitada por la colonia Cangrejera y por el río denominado Arroyo Teapa. La topografía del terreno es relativamente plana con pequeñas laderas. El tipo de clima que predomina en el Municipio de Coatzacoalcos es Cálido Húmedo (Am) con lluvias en verano con una temperatura anual promedio de 25° C (Coeficiente de variación de 2.1%), y precipitación anual acumulada de 3089 mm (44.5%); (PEMEX-Petroquímica 1996 – 1999).



PARQUE ECOLÓGICO JAGUAROUNDI
COATZACOALCOS, VERACRUZ

UNAM

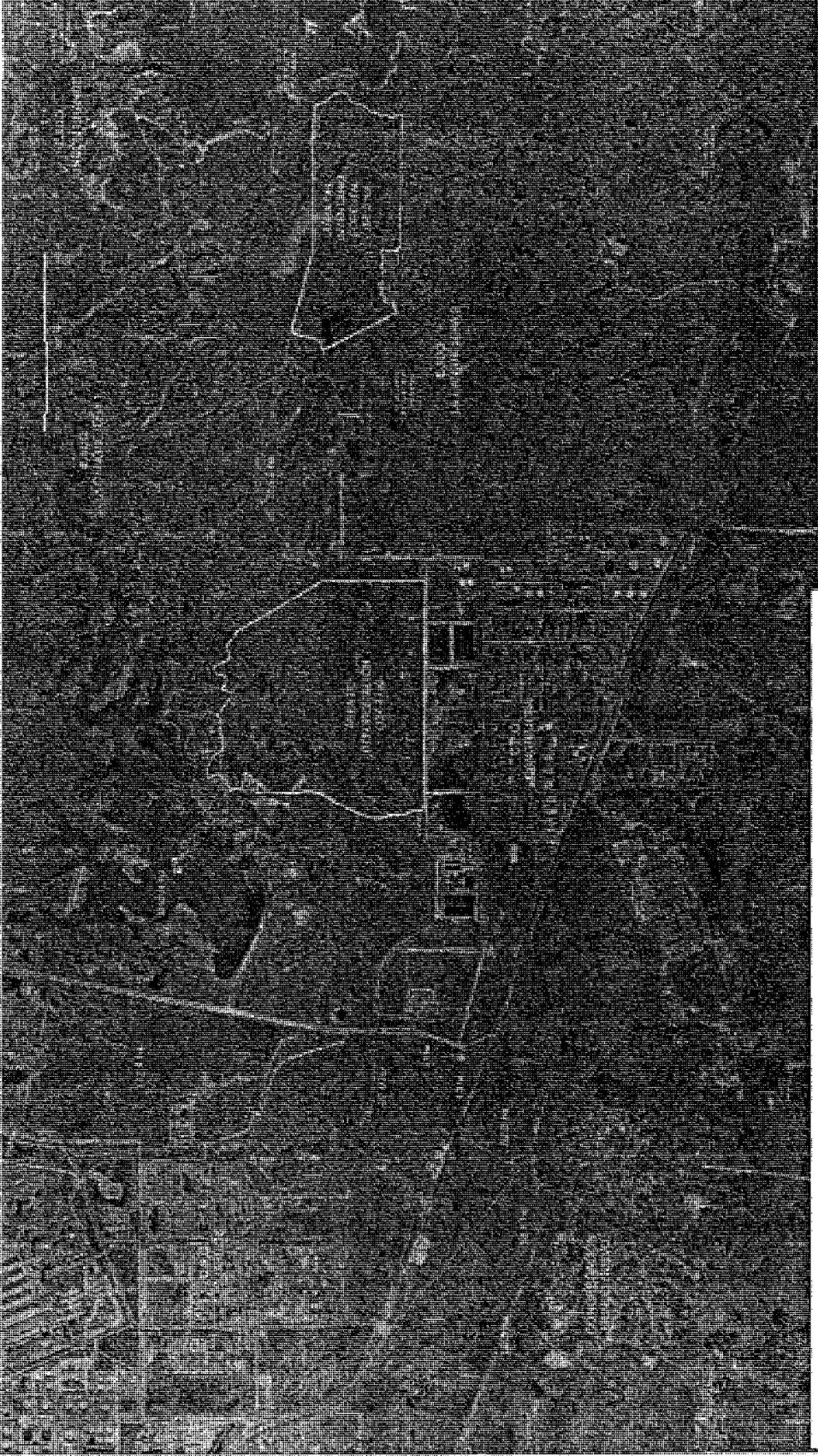


Fig. 2. Ubicación del Parque Jaguaroundi. (Martín Ricker, comunicación opersonal).

El presente trabajo es un producto de la investigación realizada por el autor en el marco del proyecto de tesis de maestría en el área de Ecología y Conservación de Recursos Naturales, en el Instituto de Ecología y Recursos Ambientales de la UNAM. Se agradece al Dr. Martín Ricker por su colaboración y apoyo en la obtención de la información necesaria para la elaboración de este trabajo.

5.2 Selección de especies

Para la selección de las especies arbóreas se revisó la lista florística para la reserva de la Estación de Biología Tropical "Los Tuxtlas" (Ibarra-Manríquez *et al.*, 1995, 1996a, 1996b). Se escogieron 17 especies arbóreas, nativas y de uso ornamental, maderable y frutales (Cuadro 1). La selección de las semillas fue con base a el objetivo del Parque Ecológico Jaguaroundi, el cual tiene como propósito un centro de investigación, educación ambiental y recreación, donde se promueva la conservación de la selva veracruzana.

La recolección de semillas se hizo dentro del terreno de la Estación de Biología Tropical "Los Tuxtlas" de la UNAM. La cantidad de semillas colectadas fue de acuerdo a la disponibilidad de estas en los arboles dentro de la Reserva de la Estación y la cantidad fue variable en cada especie. La colecta de las semillas se llevó acabo de septiembre del 2001 a enero del 2002.

Cuadro 1. Las 17 especies seleccionadas para este estudio, de acuerdo a los requerimientos del parque. Lista florística para la reserva de la Estación de Biología Tropical "Los Tuxtlas" (Ibarra-Manríquez *et al.*, 1995, 1996a, 1996b).

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	FAMILIA	FORMA DE VIDA	USOS
<i>Ampelocera hotteletii</i> (Standl.) Standl.	"guaya de monte"	ULMACEA	Árbol de 15-30 m	Fruto comestible
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	"ojoche, ramón"	MORACEA	Árbol dioico 20-30m	Fruto y semilla comestible
<i>Cojoba arborea</i> (L.) Britton & Rose	"camaronero"	MIMOSACEAE	Árbol 15-25 m	Maderable y artesanal
<i>Delterainia smaragdina</i> (Planch. Ex Liuden) deca		THEOPHRASTACEAE	Árbol 2-3m	Ornamental
<i>Diospyros digyna</i> Jacq.	"zapote prieto"	EBENACEAE	Árbol 20-25m	Fruto comestible
<i>Dussia mexicana</i> (Standl.) Harms	"palo de burra"	PAPILIONACEAE	Árbol 25-40 m	Maderable
<i>Farearea occidentalis</i> (L.) A. Rich	"cafetillo"	RIBIACEAE	Árbol 2.5-10 m	Ornamental
<i>Inga sincae</i> M.Souza & Ibarra-Manríquez	"vaina peluda"	MIMOSACEAE	Árbol 6-20 m	Fruto comestible
<i>Licaria velutina</i> van der Werff	"laurel baboso"	LAURACEAE	Árbol 10-15 m	Comestible y maderable
<i>Lonchocarpus guatemalensis</i> Benth.	"palo de gusano"	PAPILIONACEAE	Árbol 15-25 m	Maderable
<i>Manilkara zapota</i> (L.) van Royen	"zapote"	SAPOTACEAE	Árbol 40 m	Fruto comestible
<i>Nectandra ambigens</i> (S.F. Blake) C.K.Allen	"laurel chilpatillo"	LAURACEA	Árbol 20-40 m	Maderable
<i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) H. Moore et Stearn	"mamey"	SAPOTACEAE	Árbol 15-30 m	Maderable y fruto comestible
<i>Senna multijuga</i> (Rich.) Irwin et Barneby	"cedrillo"	CAESALPINIACEAE	Árbol	Ornamental
<i>Stemmademia donel-smithii</i> (Rose) Woodson	"huevo de burro"	APOCYNACEAE	Árbol 10-20 m	Cerca viva
<i>Yatairea lundellii</i> (Standl.) Killip ex Record	"picho"	PAPILIONACEAE	Arbol 20-35 m	Maderable
<i>Virola guatemalensis</i> (Hemsl.) Warb.	"virola"	MYRISTICACEAE	Arbol 20-30 m	Maderable

5.3. Germinación.

Las semillas de las 17 especies fueron germinadas en dos viveros de la EBTT. El vivero número uno está ubicado en las instalaciones de la EBTT. El vivero es sencillo de malla sombra con una dimensión de 4 x 2 m. El vivero número dos está ubicado en la parte posterior de la reserva de la EBTT, es un vivero sencillo con malla sombra.

Las semillas de las 17 especies se sembraron en bolsas plásticas de color negro de 30 x 25. Cada bolsa se rellenó con tierra de la localidad (del interior de la selva), la cual fue previamente cernida. Las semillas que se sembraron por bolsa estuvieron en función del tamaño. Se sembraron 3 semillas por bolsa, en el caso de *Virola guatemalensis*, y 4 semillas pequeñas por bolsa para las demás especies.

Las semillas se sembraron en diferentes fechas de acuerdo a la temporada de fructificación de las especies seleccionadas para el presente trabajo. El periodo de siembra fue en los meses de noviembre y enero del periodo 2001 – 2002. Se escogieron estos meses para la siembra de las semillas por ser el periodo de más humedad en “Los Tuxtles”, con la intención de obtener una buena germinación.

El número de semillas sembradas vario entre especies (350 a 500 semillas) dada la disponibilidad de estas en los arboles nodriza de la EBTT. La tasa de germinación se midió a lo largo de 6 meses (enero – julio 2002), en los cuales se llevaron a cabo censos mensuales de las semillas germinadas.

5.4. Preparación del sitio de siembra en el Parque Ecológico Jaguaroundi

En septiembre del 2002, las plántulas de las 17 especies germinadas en “Los Tuxtles” fueron transportadas en camión al Parque Ecológico Jaguaroundi. Las plántulas se colocaron bajo la sombra de los árboles hasta su plantación.

En el Parque Ecológico Jaguaroundi se seleccionó un área para la reforestación que comprende una superficie de 133.5 ha. De las cuales 25.2 ha fueron las primeras en ser reforestadas y que comprende este proyecto. El área que comprende el presente estudio es una combinación de acahual y pastizal.

En el área de siembra se trazaron y abrieron con machetes 163 líneas que atraviesan el pastizal y acahual (Figura 3). Las líneas son de longitud variable (entre 10 a 310 m) y están separadas entre sí por 5 m de distancia.

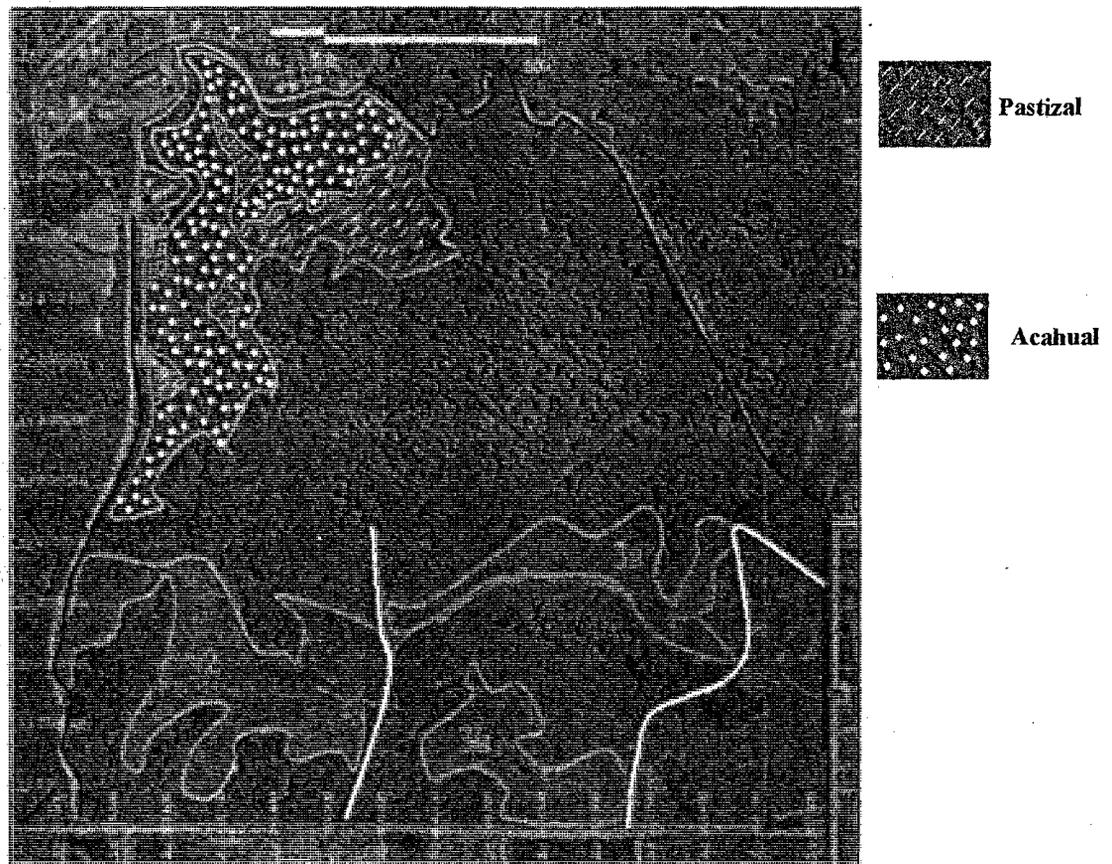


Figura 3. Croquis del área de plantación con líneas. Mapa del parque Jaguarundi (Martín Ricker, comunicación personal).

5.5. El trasplante de las plántulas

Sobre las líneas marcadas y con ayuda de un cavahoyos, se hicieron agujeros en el suelo cada 5 metros. En cada línea se harán entre 2 y 62 huecos dependiendo de la longitud de la misma. En total en las 163 líneas marcadas en las 25.2 ha se hicieron 4200 cepas. Se rompieron las bolsas de las plántulas y se colocaron en la cepa procurando que la raíz no tuviera contacto con el aire, y se tapó con la misma tierra que se extrajo. En cada línea se sembraron plantaron entre 2 y 62 plántulas de las 17 especies.

Las plántulas se sembraron al azar sin seguir ningún patrón de distribución en el área. El número total de plántulas trasplantadas en el estudio fue de 4200. El número de plántulas por especies variaba, como lo indica el Cuadro 2.

Cuadro 2. Numero de plántulas por especie plantadas en el Parque Ecológico Jaguaroundi.

Especies	Total de plántulas	Especies	Total de plántulas
<i>Ampelocera hottlei</i>	300	<i>Manilkara sapota</i>	17
<i>Brosimum alicastrum</i>	348	<i>Nectandra ambigens</i>	308
<i>Cojoba arbórea</i>	334	<i>Pouteria sapota</i>	417
<i>Deherainia smaragdina</i>	113	<i>Senna multijuga</i>	141
<i>Diospyros digyna</i>	119	<i>Stemmademia donell-smithii</i>	19
<i>Dussia mexicana</i>	315	<i>Vatairea lundelii</i>	297
<i>Faramea occidentales</i>	156	<i>Virola guatemalensis</i>	257
<i>Inga sinacae</i>	385		
<i>Licaria velutina</i>	331		
<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	343		
		Número total de plántulas sembradas en el Parque.	4200

5.6. Medición de la sobrevivencia:

Se llevó a cabo un sólo censo de las plántulas a los 6-7 meses después de haber sido plantadas en el parque. En el censo se tomaron datos de la altura, el tipo de apertura del dosel (“cerrado” con vegetación circundante o “abierto” muy poca vegetación o pastizal), y la coloración del suelo donde se ubicaba cada plántula (amarillo, café, rojizo). La altura de la plántula se midió en centímetros con una cinta métrica desde la base hasta el ápice.



Todos los datos se registraron en el formato presentado en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Formato para el registro de los datos del censo de las plántulas sembradas en el Parque Ecológico Jaguaroundi.

Línea	Distancia	Especie	Fecha de Siembra	Fecha de medición	Altura en cms.	Apertura (abierto, cerrado)	Color de suelo	Causas de mortalidad

5.6.1. Análisis de sobrevivencia con el procedimiento de Mantel-Haenszel.

Con el método de Mantel Haenszel se analizó la probabilidad de sobrevivencia de las plántulas en dos diferentes aperturas del dosel (abierto vs cerrado). Por ejemplo, una plántula de *Ampelocera hottlei* en lo cerrado presentó una sobrevivencia medida de 54.7%. Entonces la probabilidad de sobrevivencia de una plántula en lo abierto fue de $0.547 / (1 - 0.547) = 0.547 / 0.453 = 1.208 / 1$, es decir, las “probabilidades” de sobrevivir son 1.208 a 1. En lo cerrado, las “probabilidades” son $0.771 / (1 - 0.771)$ ó 3.373 a 1 de sobrevivir. La relación entre las “probabilidades” (“odds ratio”) en este ejemplo es $3.373 / 1.208 = 2.791$. Porque los odds (probabilidades) de sobrevivir son 2.8 veces más altos bajo dosel que en lo abierto. Las especies que tienen resultados significativos de sobrevivencia en una apertura cerrada fueron: *Dussia mexicana* 3.5, *Licaria velutina* 2.9 y *Vatairea lundelii* 2.8 y por último la *Faramaea occidentalis* que tiene el valor más alto de 5.7.

5.7. Análisis estadístico para la variación de la sobrevivencia de suelo y luz:

Para el análisis estadístico de los datos de sobrevivencia en función de las variables ambientales de suelo y luz, se empleó un Análisis de varianza (ANOVA). El ANOVA se llevó a cabo en un programa de cómputo denominado Systat 7.

Se realizaron transformaciones de los datos de la apertura y color del suelo del tipo propuesto por Sokal y Rohlf (1995) para datos de proporciones (aquí de sobrevivencia).

Se utilizó la transformación del arcoseno: $X = \arcseno [(Y + 3/8) / (n + 3/4)]$. Con esta transformación se cumplió con los supuestos del ANOVA (Véase Cuadro 6).

Los datos de la sobrevivencia de las plántulas se analizaron primero por especie, en función de la apertura (abierto, cerrado), utilizando el procedimiento de Mantel-Haenszel (Sokal y Rohlf 1995). Este método examina si las relaciones entre probabilidades ("odds ratios") son significativamente diferentes.

Para cada especie se examinó la relación de las "probabilidades" para sobrevivir en lo abierto en relación a las "probabilidades" para sobrevivir en lo cerrado.

Para calcular de manera sistemática todas las probabilidades se preparó para cada especie la siguiente información:

- a = número de plántulas muertas en lo abierto
- b = número de plántulas vivas en lo abierto
- c = número de plántulas muertas en lo cerrado
- d = número de plántulas vivas en lo cerrado.

Las probabilidades de las plántulas de las especies para sobrevivir en lo abierto versus los cerrados se calculo según Sokal-Rohlf (1995).

$$\omega = (a \cdot d) / (b \cdot c)$$

El error estándar en la escala logarítmica se calculo según Sokal-Rohlf (1995):

$$\text{Sin } \omega = (1/a + 1/b + 1/c + 1/d) 0.5$$

Esta fórmula sirve para muestreos con alto número de individuos. Con esta fórmula se pueden calcular intervalos de confianza aproximados a escala logarítmica para muestreo con alto número de individuos:

$$\text{Límite inferior} = \exp (\ln (\omega) - 1.96 \cdot \text{Sin } \omega)$$

$$\text{Límite superior} = \exp (\ln (\omega) + 1.96 \cdot \text{Sin } \omega)$$

Si este intervalo incluye uno, entonces no hay una diferencia significativa entre lo abierto y lo cerrado.

6. Resultados y Discusión

6.1. Supervivencia de las plántulas.

Entre septiembre y noviembre del 2002 se había trasplantado un total de 4200 plántulas de 17 especies, en el parque. En marzo y abril del 2003, después de 5-7 meses, la supervivencia total fue de 83.9% (3,222 de 3,840 plántulas). La diferencia de 577 plántulas de diferentes especies se registró como pérdidas. En este caso la supervivencia total resultaría ser de 72.3%. (Cuadro 4).

Los resultados del censo de altura indican que la altura promedio del total de plántulas de las 17 especies fue de 22.3 cm, encontrándose plantas con una altura de 5 cm *Deherainia smaragdina* y plantas con una altura de 95 cm de *Senna multijuga*.

Cuadro 4. No. Total de plántulas que sobrevivieron en el Parque Ecológico Jaguaroundi después de 6 meses de haber sido trasplantadas.

Especies	Total de plántulas sembradas en el Parque	Total de plántulas que sobrevivieron en el Parque Ecológico Jaguaroundi (2002)
<i>Ampelocera hotilei</i>	300	255
<i>Brosimum alicastrum</i>	348	303
<i>Cojoba arborea</i>	334	303
<i>Deherainia smaragdina</i>	113	96
<i>Diospyros digyna</i>	119	108
<i>Dussia mexicana</i>	315	248
<i>Faramea occidentales</i>	156	134
<i>Inga sinacae</i>	385	343
<i>Licaria velutina</i>	331	289
<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	343	318
<i>Manilkara sapota</i>	17	16
<i>Nectandra ambigens</i>	308	257
<i>Pouteria sapota</i>	417	368
<i>Senna multijuga</i>	141	119
<i>Stemmademia donell-smithii</i>	19	19
<i>Vatairea lundelii</i>	297	246
<i>Virola guatemalensis</i>	257	204
Número total de plántulas sembradas en el Parque.	4200	3623



6.1.1. Análisis de sobrevivencia con el procedimiento de Mantel-Haenszel.

Los resultados del método de Mantel-Haenszel presentan el número de plántulas muertas en ambas aperturas (abierto y cerrado), así como el número de vivos en ambas aperturas, posteriormente se calcularon las proporciones (ω) por especie, para sobrevivir en lo abierto contra en dosel cerrado (Cuadro 5). También se calculó el error estándar y se prosiguió a calcular los intervalos con el límite inferior y límite superior para cada especie.

Finalmente se determinó qué especies tienen una diferencia significativa en la sobrevivencia entre una cobertura abierta y una cobertura cerrada.

Cuadro 5. Procedimiento de Mantel-Haenszel aplicado a 17 especies arbóreas.

	AMPHOT		BROALI		COJARB		DERSMA		DIODIG		DUSMEX		FAROCCI		INGSIN	
	Muerto	Vivo	Muerto	Vivo	Muerto	Vivo										
Abierto	24	29	18	47	5	68	15	26	5	42	14	34	29	15	13	70
Cerrado	51	172	52	207	13	236	12	47	3	61	23	196	24	73	50	234
"Odds-ratio" (ω)	2.8		1.5		1.3		2.3		2.4		3.5		5.9		0.9	
Error estándar (1n)	0.32		0.32		0.54		0.46		0.76		0.39		0.4		0.34	
Limite inferior	1.5		0.8		0.5		0.9		0.5		1.6		2.7		0.4	
Limite superior	5.2		2.8		3.9		5.5		10.7		7.5		12.8		1.7	
Significativo (no incluye 1)	Si		No		No		No		No		Si		Si		No	

Continuación del Cuadro 5. Procedimiento de Mantel-Haenszel aplicado a 17 especies arbóreas.

	LICVEL		LONGA		MANZAP		NECAMB		POUSAP		SENMUL		STEDON		VATLUN		VIRGUA	
	Muerto	Vivo	Muerto	Vivo	Muerto	Vivo	Muerto	Vivo										
Abierto	13	55	12	67	1	6	11	49	9	81	14	34	0	5	18	39	7	38
Cerrado	18	219	27	222	2	7	28	181	16	282	29	45	4	10	30	181	27	144
"Odds-ratio" (ω)	2.9		1.5		0.6		1.5		2		0.6		0.2(cont. Corr)		2.8		1	
Error estándar (In)	0.39		0.37		1.35		0.39		0.44		0.4		1.58(cont. Corr)		0.35		0.46	
Limite inferior	1.3		0.7		0		0.7		0.8		0.3		0.01		1.4		0.4	
Limite superior	6.2		3.1		8.1		3.1		4.6		1.4		4.7		5.5		2.4	
Significativo (no incluye 1)	Si		No		Si		No											

6.2. Análisis de varianza factorial de la sobrevivencia en función de especie, apertura y color del suelo.

Dos de las 17 especies tuvieron una baja frecuencia de individuos en el estudio (*Manilkara sapota* con 16 y *Stemmademia donell-smithii* con 19). Por esta razón no presentaron individuos en todas las combinaciones de tratamientos y se eliminaron del estudio. De un total de 4187 plántulas de 15 especies, se eliminaron los datos de 597 plántulas desaparecidas. Las variables que se incluyeron en el análisis de varianza factorial fueron 15 especies, dos aperturas; abierto, cerrado y tres colores de suelo (amarillo, café y rojizo). En el Cuadro 6., se muestran los datos condensados de las variables utilizadas para el análisis de varianza factorial. El número total de las plántulas en el análisis de varianza fue de 3,591, con un promedio de su altura de 22.3 cm. y un promedio de sobrevivencia de 80%. El promedio de sobrevivencia en el cuadro 7 es de 75.7% en lo cerrado y de un 24.2% en lo abierto.

Cuadro 6. Número de plántulas por especie que fueron utilizadas en el análisis de varianza factorial (ANOVA).

Especie	Total	Abierto			Total	Cerrado			Total
		amarillo	Café	Rojizo		amarillo	café	rojizo	
AmpHot	255	26	7	16	49	73	92	41	206
BroAli	303	38	6	20	64	83	105	51	239
CojArb	303	41	11	18	70	79	106	48	233
DerSma	96	23	3	14	40	29	18	9	56
DioDig	108	30	2	15	47	30	21	10	61
DusMex	248	32	6	8	46	75	98	29	202
FarOci	134	21	3	18	42	54	31	7	92
IngSin	343	50	7	21	78	89	122	54	265
LicVel	289	42	4	21	67	93	91	38	222
Longua	318	54	5	20	79	79	115	45	239
NecAmb	257	34	6	19	59	82	82	34	198
PouSap	368	48	8	30	86	95	136	51	282
SenMul	119	30	4	13	47	39	22	11	72
VatLum	246	28	8	18	54	60	96	36	192
VirGua	204	30	3	11	44	77	50	33	160
Total	3591				872				2719

Con el análisis de varianza factorial se demuestra que existen diferencias altamente significativas en la sobrevivencia promedio entre las 15 especies ($p \leq 0.001$), así como también entre las aperturas ($p \leq 0.001$). También el color del suelo explica de manera significativa diferencias ($P \leq 0.01$), aunque menos fuerte. La interacción entre especie y apertura es altamente significativa ($P \leq 0.001$), es decir, las especies no reaccionan de manera igual a la apertura. Por el otro lado, la interacción entre especie y color del suelo no resulta ser significativa ($P = 0.091$). De menor interés es la interacción marginalmente significativa entre apertura y color del suelo ($P = 0.044$), es decir, el color del suelo parece depender hasta cierto grado de la apertura.

Cuadro 7. Resultados del análisis de varianza sin transformación de datos aplicados a 15 especies, 2 aperturas y 3 colores de suelo.

FACTOR	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	F	P
ESPECIES	1.210344964	14	0.086453212	1.63819E+01	0.000000001
APERTURAS	0.126144633	1	0.126144633	2.39030E+01	0.000037561
COLSUELOS	0.058163057	2	0.029081529	5.510628927	0.009593890
ESPECIES * APERTURAS	0.388426186	14	0.027744728	5.257319891	0.000095672
ESPECIES * COLSUELOS	0.246454083	28	0.008801932	1.667868953	0.091060010
APERTURAS * COLSUELOS	0.037003845	2	0.018501923	3.505910300	0.043773041
Error	0.147765856	28	0.005277352		

El análisis de varianza, como el presentado en el Cuadro 7, se hizo sin transformación de datos, para obtener resultados numéricos interpretables como sobrevivencias. Sin embargo, para el análisis de varianza con proporciones se recomienda la transformación de arcoseno de los datos, para cumplir mejor con los supuestos del análisis de varianza (Sokal y Rohlf, 1995). El Cuadro 8, muestra el nivel de significancia de los factores y de las interacciones que resultan con los datos transformados. Se puede observar que las conclusiones no cambian. El efecto más notorio quizá es que el color del suelo resulta menos significativo ($P = 0.033$ en lugar de 0.0096).

Cuadro 8. Resultados del análisis de varianza con transformación de datos aplicado a 15 especies, 2 aperturas y 3 colores de suelo.

FACTOR	P
ESPECIES	0.000000002
APERTURAS	0.0000050
COL SUELOS	0.033
APERTURAS * ESPECIES	0.0020
COL SUELOS * ESPECIES	0.14
COL SUELOS * APERTURAS	0.042

El análisis de varianza factorial demuestra que existen diferencias altamente significativas entre especies, es decir, algunas especies tienen una mayor probabilidad de sobrevivir que otros. Esto podríamos llamar también un factor genético importante. Además, la sobrevivencia de las especies también depende de los factores ambientales (apertura de dosel y color del suelo).

La sobrevivencia promedio de las 15 especies va desde 53% a 95% (Figura 4). Las especies con mayor sobrevivencia en este estudio son *Cojota arborea* y *Diospyros digyna* con 94.9% y 93.9% de sobrevivencia, respectivamente. La especie con la sobrevivencia más baja como se puede apreciar en la Figura 4, es *Faramea occidentalis* con 53.0%. En general la sobrevivencia para la mayoría de las especies estudiadas es alta: 79.0% con un error estándar de 2.96% y la especie con la sobrevivencia mas alta es *Cojoba arborea* con un 94.9% de sobrevivencia.

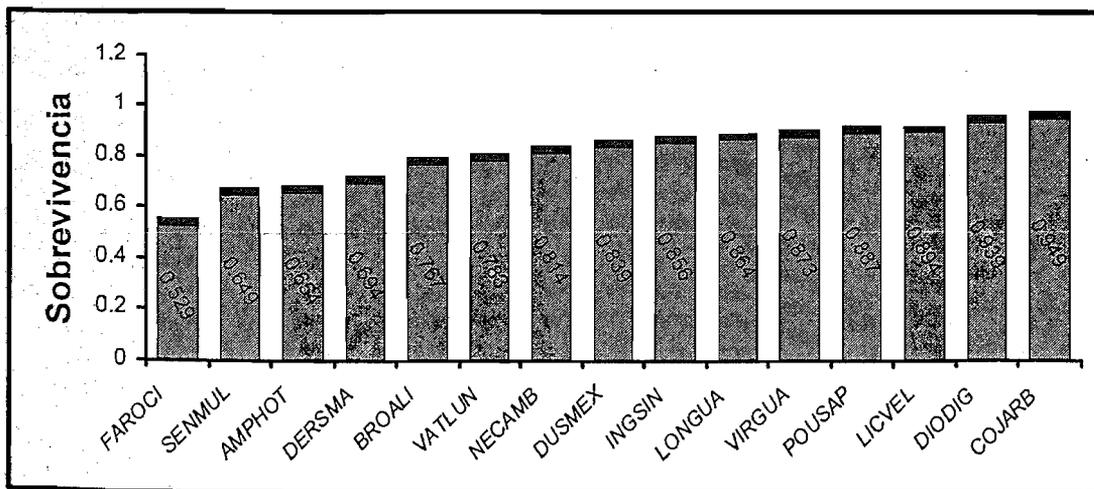


Figura 4. Sobrevivencia promedio de las 15 especies arbóreas y error estándar (0.0296). Las proporciones están dadas en sobrevivencia.

Un factor importante para la sobrevivencia de las plántulas en el análisis de varianza, igual que en el análisis de Mantel Haenszel, resulta ser la apertura del dosel (abierto, cerrado). Obviamente las especies tienen diferentes requerimientos de luz, y como consecuencia indirecta de la apertura del dosel, necesidades de humedad en el suelo (y condiciones micro climáticas). En la Figura 5 se observa que la sobrevivencia promedio de las 15 especies de las plántulas es mayor con la cobertura del dosel cerrada (83.7 grados de sobrevivencia), que en un dosel con cobertura abierta (76.2 grados de sobrevivencia). Aquí el error estándar es de 1.08 %.

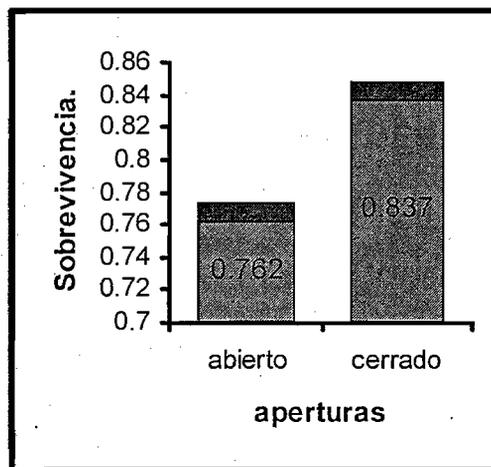


Figura 5. La sobrevivencia de las especies en promedio, en función de la apertura. Con error estándar de 0.0108. Las proporciones están dadas en grados de sobrevivencia

El color del suelo también explica variación entre la sobrevivencia de las especies (Figura 6). En la coloración café es donde existe la mayor sobrevivencia de individuos de las distintas especies. De las 15 especies, ocho sobreviven mejor en un suelo de color café (*Ampelocera hottlei*, *Brosimum alicastrum*, *Cojoba arborea*, *Diospyros digyna*, *Inga sinacae*, *Licaria velutina*, *Vatairea lundellii* y *Virola guatemalensis*). Tres sobrevivieron mejor en un suelo de color rojizo (*Dussia mexicana*, *Lonchocarpus guatemalensis*, y *Pouteria zapota*). En este estudio no se investigaron a profundidad las variaciones en propiedades físicas y químicas de cada tipo de suelo, distinguidas aquí por su coloración.

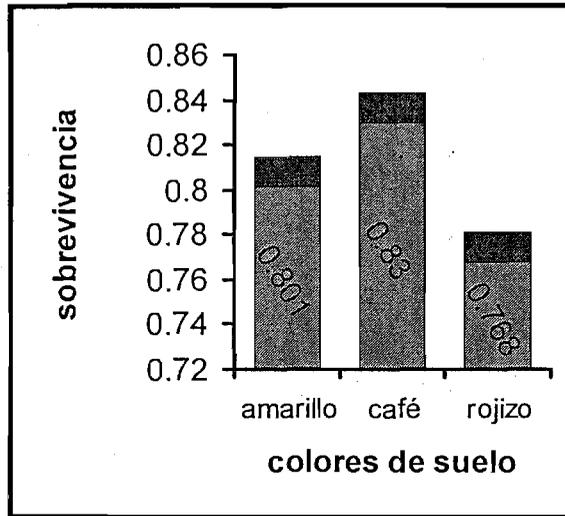


Figura 6.- La sobrevivencia de las especies en promedio, en función del color del suelo, con un error estándar de 0.0132. Las proporciones están dadas en grados de sobrevivencia.

No todas las especies responden igual a la apertura del dosel. Las proporciones de sobrevivencia después de siete meses se muestran para las mismas 15 especies en lo abierto y lo cerrado en comparación con la Figura 7. Por ejemplo, en el caso de *Faramea occidentalis* que tiene una sobrevivencia de 31% en lo abierto, y 74% en lo cerrado. Por el contrario, *Senna multijuga* es una especie que sobrevive mejor con una apertura abierta (71 %) que cerrada (59 %).

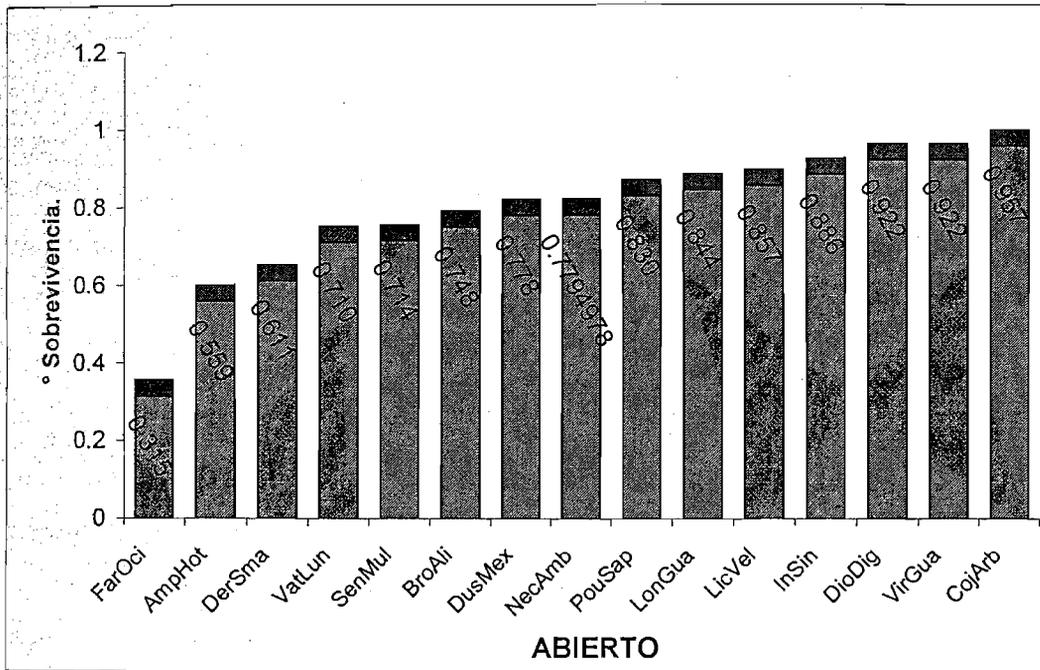
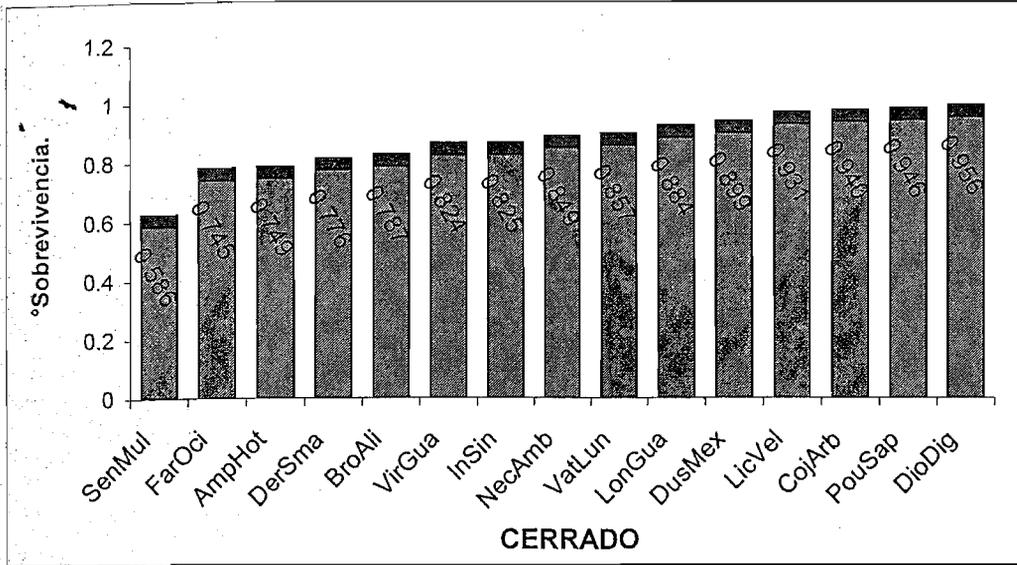


Figura 7. Sobrevivencia de las 15 especies en función a las dos aperturas, con un error estándar de 0.4119.

Diferentes especies arbóreas de la selva tienen diferentes tasas de germinación, crecimiento y sobrevivencia en distintos sitios (Martínez-Ramos, 1985; Ricker *et al.*, 2000; Martínez-Bravo, 2001).

Las semillas de 17 especies estudiadas aquí, mostraron una amplia variación en la longevidad y capacidad de germinación en un vivero sin cobertura vegetal (establecido en una zona abierta). En general, la germinación de las 17 especies después de 7 meses de permanencia en el vivero fue alta (63 %). Hubo especies con una germinación rápida y alta en las condiciones del vivero (*Virola guatemalensis* con 98%, y *Diospyros digyna* con 78% después de 7 meses), y especies con una germinación lenta y baja (*Faramea occidentalis* con 14% después de 7 meses). Estas tasas fueron sin tratamientos para acelerar la germinación, y en vivero en lo abierto. Aparentemente éstos resultados son repetibles: para *Diospyros digyna*, Ricker *et al.* (2000) obtuvo una tasa de germinación en un vivero similar en "Los Tuxtlas", con una germinación del 42% después de 5.3 meses, casi igual como en el presente estudio (43% después de 5 meses). *Virola guatemalensis* obtuvo la tasa de germinación más alta en este trabajo, en 4 semanas empezó a germinar y en 5 meses germinó casi la totalidad de las semillas que fueron sembradas. Resultados similares en cuanto a las velocidades de germinación ocurren en *Virola surinamensis* (Fisher, *et al* 1991).

Por ejemplo *Faramea occidentalis* es una especie tolerante a la sombra que en su fase adulta nunca alcanza el dosel superior (Richards, 1996). Por lo tanto, las semillas aparentemente están adaptadas a germinar en la sombra y con humedad. En las condiciones abiertas del vivero del presente trabajo solamente germinaron el 14% de 500 semillas en un lapso de 7 meses. Otras especies como *Nectandra ambigens* y *Senna multijuga*, son especies nómadas demandantes de luz sol, por lo que en las condiciones del vivero (a la intemperie) la germinación de estas semillas fue de forma acelerada y de un 90%.

La sobrevivencia de las 17 especies después de 5-7 meses en este estudio en promedio, es alta 76.7% o de 3222 de 4200 plántulas.

Un punto a favor de la sobrevivencia de las especies aquí estudiadas es que *Nectandra ambigens*, *Manilkara zapota*, *Brosimum alicastrum* y *Pouteria sapota* son especies nativas en las selvas originales de la región (Pennington y Sarukhan, 1998). Lo que las hace factibles a una mayor sobrevivencia de las plántulas en el Parque.



La mayoría de las muertes de plántulas en este trabajo fue por la sequía. Gindaba, *et al* (2004) menciona que la sequía resulta en la muerte o pérdida de hojas en las plántulas así como en el tamaño y orientación de las hojas. Así mismo McLaren y McDonald (2003) mencionan que existe una alta mortalidad de plántulas durante la temporada seca. Varios autores coinciden en que los altos niveles de luz durante el período seco incrementan la mortalidad de las plántulas para todas las especies (McLaren y McDonald, 2003; Gindaba, 2004; Fisher, *et al.*, 1991; Blain, y Kellman, 1991; Gerhardt, 1996).

En el análisis de varianza factorial hubo diferencias altamente significativas en sobrevivencia entre especies (rango 53-95%), entre suelos (77-83%), y entre aperturas (76-84%). También resultó altamente significativa la interacción entre apertura y especie, pero no entre suelo y especie. Cuando la intensidad de la luz solar es más alta, cambia todo el micro hábitat existente, la temperatura se eleva, existe una mayor evaporación del agua a nivel del suelo, y la humedad relativa disminuye (Martínez-Ramos, 1985; Calvo-Irabien, 1997).

La sobrevivencia promedio de las plántulas de las 15 especies en lo abierto fue de 76.2%. Butterfield (1995), obtuvo resultados parecidos en la sobrevivencia de plántulas nativas en tres sitios con pastizales (70%, 66% y 72%).

En la Figura 4, se aprecia que no todas las especies tienen los mismos grados de sobrevivencia. Un hecho relevante es que *Senna multijuga* en su distribución natural es abundante en la vegetación secundaria de selvas altas o medianas perennifolias (Pennington, y Sarhukan, 1998, Richards, 1996), sin embargo en este estudio presentó el penúltimo lugar en cuanto a la sobrevivencia se refiere. Sin embargo la preferencia en cuanto a la aperturas fue mayor en lo abierto (7.41%) que en lo cerrado (5.85%).

En cuanto a la Figura 6, *Diospyros digyna* presenta los valores más altos en grados de sobrevivencia con respecto al suelo. Pennington, y Sarhukan (1998), describen a *Diospyros digyna* como una especie que requiere establecerse en suelos arcillosos de origen aluvial y mal drenados. Justo las condiciones de suelo que imperan en el Parque Jaguaroundi.

Las Figuras 5 y 7, hacen referencia a la sobrevivencia de las especies en cuanto a la apertura del dosel. La sobrevivencia de plántulas de las 17 especies en una apertura

abierta fue del 76.2%. Butterfield (1995) obtuvo resultados parecidos en la sobrevivencia de plántulas nativas en tres sitios con pastizales (70, 66 y 72%),

Una buena técnica para que exista una mayor sobrevivencia de plántulas en las áreas abiertas y/o cerradas es la preparación del sitio (Li, *et al.* 2003). Los pastos y las aberturas en el dosel superior generalmente inhiben la sobrevivencia de otras especies y la preparación del sitio consiste en eliminar a los posibles competidores de las especies que se establecen, ya sea abriendo claros en el dosel superior, así como la eliminación de malezas.

Muchas especies necesitan pequeños claros en el dosel de la selva para su mejor desarrollo. Los árboles de especies tropicales varían ampliamente en sus requerimientos de luz (Blain y Kellman, (1991). Martínez-Bravo (2001), obtuvo resultados similares en Tabasco, donde la mayoría de las especies sobreviven mejor en las unidades de paisaje que presentaban acahual y fue menor en donde las unidades de paisaje con pastizal y herbáceas. Ricker, *et al.*, (2000), encontraron una apertura óptima del dosel de 60% y 55% para *Pouteria sapota* y *Diospyros digyna*, respectivamente. Los resultados de Gerhardt (1996) en Costa Rica son similares a los encontrados en este trabajo, ya que la mayor sobrevivencia la obtuvo en el bosque siempre verde (más cobertura = cerrado) que en el bosque de deciduo (menos cobertura = abierto).

La tasa de sobrevivencia es independiente de la amplitud de la distribución geográfica. Tres especies con una distribución muy limitada tuvieron altos grados de sobrevivencia: tal es el caso de *Inga sinacae* (85.5% de sobrevivencia) endémica a “Los Tuxtlas”, *Licaria velutina* (89.4%) exclusivamente de los Estados de Veracruz y Tabasco (Ibarra-Manríquez, 1985) y *Virola guatemalensis* (87.3%) de la zona de “Los Tuxtlas” y de los Chimalapas en los Estados de Oaxaca y Chiapas (Pennington y Sarukhán, 1998).

7. Conclusiones

- La sobrevivencia total de 4,200 plántulas de las 17 especies arbóreas fue de 76.7%, 5-7 meses después de haber sido transplantadas.
- En un análisis de proporciones de Mantel-Haenszel, las especies que sobrevivieron mejor en el sistema de restauración bajo dosel fueron *Faramea occidentalis* (5.9 veces mayor bajo dosel que en lo abierto), *Dussia mexicana* (3.5 veces), *Licaria velutina* (2.9 veces), *Ampelocera hottlei* (2.8 veces), y *Vatairea lundellii* (2.8 veces).
- En un análisis de varianza factorial con 15 de las 17 especies, se encontraron diferencias altamente significativas en la sobrevivencia entre especies (en un rango de 53% a 95%), entre suelos (77-83%).
- En el análisis de varianza resulto altamente significativa la interacción entre apertura y especie, igual como en el análisis de Mantel-Haenszel. Sin embargo no resulto significativa la interacción entre coloración del suelo y especie.
- De acuerdo al análisis estadístico, es importante mencionar que es aceptada la Hipótesis alterna, ya que si existen diferencias significativas en la sobrevivencia de las especies arbóreas, plantadas en las diferentes condiciones del dosel y de suelo.

8. Recomendaciones

Una opción para recuperar parches de selvas es la restauración forestal, donde se pueden manejar especies que vayan de acuerdo con las necesidades del sitio. La selección de especies a utilizar es importante para una restauración exitosa. En la práctica hoy en día todavía se dejan a un lado muchas especies que probablemente sean excelentes para los sistemas de restauración y enriquecimiento. La explotación de flora nativa para la restauración disminuye el riesgo de usar especies no adaptadas localmente.

Sin información previa, es conveniente probar una mezcla de especies en fase experimental para detectar las idóneas en las condiciones del sitio, ya que estas especies idóneas pueden variar de una región a otra.

Como resultado de este estudio se recomiendan para programas de restauración forestal en el Parque Ecológico Jaguaroundi en un sistema de cobertura cerrada las siguientes especies: *Faramea occidentalis*, *Dussia mexicana*, *Licaria velutina*, *Ampelocera hollei* debido a su alto índice de sobrevivencia.

Finalmente hay que mencionar que la restauración forestal también tiene un componente social notable. Si la gente local se opone y no respeta las decisiones de protección para la restauración del sitio, poco sirve el esfuerzo de seleccionar especies, germinar y transplantar plántulas. En este sentido se recomienda el contacto con la gente local, antes de cualquier trabajo de reforestación forestal.

Bibliografía:

- Aide M. T., Zimmerman, J., Herrera, L., Rosario, M., Serrano, M. 1995. Forest recovery in abandoned tropical pastures in Puerto Rico Forest Ecology and Management. 77:77-86
- Blain, D., Kellman, M. 1991. The effect of water on tree seed germination and seedling survival in a tropical seasonal forest in Veracruz, Mexico. Journal of tropical ecology 7:69-83.
- Blakesley, D., Elliot, S., Kuarak, C., Navakitbumrung, P., Zangkum S., 2002. Propagating framework tree species to restore seasonally dry tropical forest: implications of seasonal seed dispersal and dormancy. Forest Ecology and Management 164:1-3.
- Butterfield, R., 1995. Promoting biodiversity: advances in evaluating native species for reforestation. Forest Ecology and Management 75: 111-121.
- Cairns, M. A., R. Dirzo , y F. Zadroga. 1995. Forests of México - a diminishing resource? Journal of Forestry, July : 21-24.
- Calvo Iribarren, L. M. C. 1997. Heterogeneidad del ambiente lumínico en el sotobosque y su efecto sobre la comunidad de hierbas en una selva tropical húmeda del sur de México. Tesis de Doctorado. UNAM. México, D. F.
- Campos, 1998. Suelos. En Guevara S, S; Laborde D, J; Sánchez-Ríos, G. 2006. "LOS TUXTLAS" El paisaje de la sierra. Instituto de Ecología A. C. Xalapa, Ver.
- Dirzo, R., y M. C. García. 1991. Rates of deforestation in "Los Tuxtlas", a Neotropical area in south-eastern Mexico. Conservation Biology 6: 84-90.
- Federic, A., Eva, H. D., Stibig, H., Mayaux, P., Gallego, J., Richards, T., Malingreau, J., 2002. Determination of deforestation rates of the World's humid tropical forest. Science Vol. 297
- Fisher, B. L., Howe, H. F., Wrigh, S. J. 1991. Survival and growth of *Virola surinamensis* yearlings: Water augmentation in gap and understory. Oecologia 86:292-297
- García E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köepen. Offset Larios, México D. F., México.



- Gerhardt, K. 1996., Effects of root competition and canopy openness on survival and growth of tree seedlings a tropical seasonal dry forest. *Forest Ecology and Management*.
- Gindaba, J., Rozanov, A., Negash, L. 2004. Response of seedlings of two Eucalyptus and three deciduous tree species from Ethiopia to sever water stress. *Ecology Forest and Management* 1:119-129
- Gómez-Pompa, A., Whitmore, T.C., *et al.* 1991. Rainforest regeneration and management. *Man and the Biosphere Series*, volume 6. UNESCO, Paris, Francia.
- González Soriano, E., Dirzo, R., Vogt, Richard C. 1997. Historia natural de "Los Tuxtlas". D. R. UNAM. México, D.F.
- Guevara S, S; Laborde D, J; Sánchez-Ríos, G. 2006. "LOS TUXTLAS" El paisaje de la sierra. Instituto de Ecología A. C. Xalapa, Ver.
- Higgs, E. S. 1997. What is good ecological restoration?. *Conservation Biology* 11:338-348.
- barra-Manriquez, G., y S. Sinaca-Colín. 1995. Lista florística comentada de la Estación de Biología Tropical "Los Tuxtlas", Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical* 43: 75-115.
- barra-Manriquez, 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: 41-60.
- barra-Manriquez, 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: 427-447.
- NEGI, 2000. Anuario Estadístico Veracruz. [Gobierno del Estado de Veracruz (Secretaría de Desarrollo Social)].
- obayashi, S. 2004. Landscape rehabilitation of degraded tropical forest ecosystems. *Forest Ecology and management*. 1:13-22.
- I, J., Duggin, J. A., Grant, C. D., Loneragan, W. A. 2003. Germination and early survival of *Eucalyptus blakelyi* in grasslands of the New England Tablelands, NSW, Australia. *Forest Ecology and Management*. 3:319-334.

- Martínez-Bravo, D. 2001. Reforestación con diez especies arbóreas nativas bajo fertilización en Tabasco. Tesis de maestría de la UNAM. México D. F., México. 78 pp.
- Martínez-Garza, C. 2003. Selecting late-successional trees for tropical forest restoration. Tesis de doctorado, University of Illinois at Chicago, EUA. 146 pp.
- Martínez-Garza, C., Howe, H. F., 2003. Restoring tropical diversity: beating the time tax on species loss. *Journal of Applied Ecology* 40:423-29.
- Martínez Ramos, M. 1985. Claros, ciclos vitales de los árboles tropicales y regeneración natural de las selvas altas perennifolias. En: A. Gómez-Pompa y R. S. del Amo (editores), *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México* (Volumen 2), paginas 191-239. Alambra, México, D. F.
- McLaren, K. P., McDonald, M. A. 2003. The effects of moisture and shade on seed germination and seedling survival in a tropical dry forest in Jamaica. *Forest Ecology and management*. 15:61-75
- Meli, Paula, 2003. Restauración ecológica de bosques tropicales veinte años de investigación académica. *Inter ciencia* 28
- PEMEX-Petroquímica 1996-99. Estación meteorológica ubicada en el edificio de la Gerencia de PEMEX en Coatzacoalcos, Veracruz.
- Parrota, J. A., Turnbull, J. W., Jones, N. 1997. Catalysing native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest and Ecology Management*. 99:1-2
- Pennington, T. D., y Sarukhán, J., 1998. Árboles tropicales de México. UNAM y Fondo de la Cultura Económica, México, D. F. 521 p.
- Richards, P. W. 1996. *The tropical rainforest*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido. 575 pp.
- Ricker, M., y D. C. Daly. 1998. *Botánica económica en bosques tropicales: principios y métodos para su estudio y aprovechamiento*. Editorial Diana, México D. F., México. 293 pp.
- 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.

Sokal, R. R., y F. J. Rohlf. 1995. *Biometry*. W. H. Freeman and Company, New York, EUA. 887 pp.

Teketay, D. 1996. Germination, ecology of twelve indigenous and eight exotic multipurpose leguminous from Ethiopia. *Forest Ecology and Management*. :209-223.

Torres-Rojo, J. M., Flores-Xolocotzi, R., 2001. *Deforestation and Land use change in México*. Bye the Haworth Press, Inc.