



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

Facultad de Ciencias

ASPECTOS BIOLÓGICOS E IMPLICACIONES SOCIALES DE
LA REPRODUCCIÓN POR ESTACAS DE *SPONDIAS*
PURPUREA EN LA ESTACIÓN DE RESTAURACIÓN
AMBIENTAL BARRANCAS DEL RÍO TEMBEMBE, MORELOS

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(BIOLOGÍA AMBIENTAL)

P R E S E N T A

ELEONORA FLORES RAMÍREZ

DIRECTORA DE TESIS: DRA. ELIANE CECCON

COMITÉ TUTOR: DRA. ALMA DELFINA LUCÍA OROZCO

DR. DIEGORAFael PEREZ SALICRUP

MÉXICO D.F.

FEBRERO, 2011



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

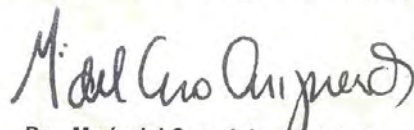
Dr. Isidro Ávila Martínez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 22 de noviembre de 2010, se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS (BIOLOGÍA AMBIENTAL)** del (la) alumno (a) **FLORES RAMIREZ ELEONORA** con número de cuenta **98199451** con la tesis titulada **"ASPECTOS BIOLÓGICOS E IMPLICACIONES SOCIALES DE LA REPRODUCCIÓN POR ESTACAS DE *Spondias purpurea* EN LA ESTACIÓN DE RESTAURACIÓN AMBIENTAL BARRANCAS DEL RÍO TEMBEMBE"**, realizada bajo la dirección del (la) **DRA. ELIANE CECCON**:

Presidente: DRA. MARIA DE JESUS ORDOÑEZ DIAZ
Vocal: DR. DIEGO RAFAEL PEREZ SALICRUP
Secretario: DRA. ELIANE CECCON
Suplente: DRA. MA. DEL CONSUELO BONFIL SANDERS
Suplente: DRA. ALMA DELFINA LUCIA OROZCO SEGOVIA

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F., a 25 de enero de 2010.



Dra. María del Coro Arizmendi Arriaga
Coordinadora del Programa

c.c.p. Expediente del (la) interesado (a)

Agradecimientos [1]

Agradezco en primera instancia al Posgrado de Ciencias Biológicas, de la Universidad Nacional Autónoma de México, por brindarme la oportunidad de desarrollar el conocimiento en un área prioritaria para mí.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por otorgarme la beca número: 220279, para cursar el posgrado.

A la fundación Packard por el apoyo en el financiamiento del trabajo de campo.

A PAPIIT, por el financiamiento y apoyo en la realización de esta tesis, con los números de proyecto:

- PAPIIT IN304409
- PAPIIT IN118306

A mi asesora, la Dra. Eliane Ceccon, por todas las enseñanzas y excelente convivencia a lo largo de todo el desarrollo de la tesis. Por su paciencia y apoyo en todas las etapas de este viaje.

A los miembros del Comité Tutorial:

A la Dra. Alma Orozco, por sus atinados comentarios, propuestas durante todo el proceso del desarrollo de la tesis, así como por el atento seguimiento de este trabajo.

Al Dr. Diego Pérez Salicrup, por las propuestas concretas y prácticas para la mejora de la metodología de este trabajo, así como por su atento seguimiento de la tesis.

A los miembros del jurado:

A la Dra. Consuelo Bonfil por la constante y paciente ayuda en la revisión acuciosa de este texto. A la Dra. María de Jesús Ordoñez, por la revisión acuciosa y las observaciones sobre el escrito de la tesis. A ambas, gracias por el tiempo invertido en la lectura de la misma.

Agradecimientos [2]

Agradezco a mi madre que siempre me ha apoyado en todo lo que he necesitado.

Gracias Rubén, por transitar conmigo en este y otros caminos.

A Eliane, quien me abrió las puertas para esta y otras aventuras. Gracias por tu apoyo y guía.

A mis amigas de la maestría (Flores y Díaz): Dulce Flores, Berenice Díaz, Brenda Flores, por tan grata compañía, por hacer de las clases y prácticas de campo un agradable paseo, y por ayudarme en todos los trámites que mi memoria no **recordaba nunca...**

Diego, gracias por toda la ayuda en este proyecto, eres parte de esta tesis.

Gracias a todos los que amablemente me ayudaron en el campo:

Diego Hernández, Juan Ramírez, Alejandro Mondragón, Aslam Narvaez, Armando Navarrete, Francisco Guerra, Héctor Ibarra, Ramsés García, a Cuautli y a Tara Fehling.

Agradezco mucho a Luz María Aranda y a Georgina García Méndez por su enorme ayuda en los siempre difíciles casos de entrega de papeles y por su gran apoyo.

Gracias a toda mi querida familia, que está de muchas maneras presente en este trabajo: Juan, Sandra, Mónica, Héctor, Martha, Fer, Tavo, y todos los que viven más lejos, pero que siguen cerca.

Gracias al Mtro. Gerardo Ortiz Moncada por la revisión del abstract.

Dedicatoria

A mi querida madre, quien estuvo siempre apoyando desde muchas trincheras.

A mi querido padre, a quien con seguridad le hubiera gustado este gran viaje, y este texto.

Índice

Dedicatoria	v
Lista de Figuras.....	viii
Lista de Tablas	ix
Lista de abreviaturas	x
Resumen	1
Abstract.....	3
INTRODUCCIÓN.....	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
ANTECEDENTES.....	8
1.La selva baja caducifolia en México.....	8
2.La restauración ecológica y sus implicaciones sociales	11
3.La restauración por estacas y esquejes.....	13
3.1 La propagación vegetativa.....	13
3.2 La reproducción por esquejes	14
3.3 La reproducción por estacas.....	15
3.4 El enraizado de estacas y esquejes	16
4.Las estacas como herramienta de restauración y conexión de los paisajes fragmentados.....	19
OBJETIVO GENERAL	22
1.Objetivos particulares	22
MÉTODOS.....	23
1.Especie de estudio.....	23
2.Área de estudio.....	25
2.1 Experimento de campo.....	25
2.2 Área de recolecta de las estacas	31
2.3 Invernadero para propagación por esquejes	31
3.Métodos	32
3.1 Conocimiento tradicional sobre la propagación de <i>Spondias purpurea</i>	32
3.2 Recolecta y propagación por esquejes en invernadero	32
3.3 Diseño experimental (campo)	39
3.4 Trasplante de esquejes en el campo.	41
3.5 Recolecta y propagación por estacas en campo	44
3.6 Análisis de los aspectos sociales en la ERABRT.....	46
RESULTADOS.....	47
1.Conocimiento tradicional sobre la propagación de <i>Spondias purpurea</i>	47
2.Propagación por esquejes en invernadero.....	50

2.1 Características del invernadero	50
2.2 Evaluación de los esquejes en invernadero	50
3.Propagación por estacas y esquejes en campo.....	55
3.1 Precipitación del área de estudio.....	55
3.2 Evaluación de esquejes y estacas	56
3.4 Folivoría de estacas y esquejes en campo.....	65
4.Aspectos sociales en la ERABRT	66
DISCUSIÓN.....	72
1.Conocimiento tradicional sobre la propagación de <i>Spondias purpurea</i>	72
2.Desempeño de esquejes en invernadero	75
3.Desempeño de estacas y esquejes en campo.....	80
4.Aspectos sociales en la ERABRT	86
CONCLUSIONES	89
1.Desempeño de esquejes en invernadero	89
2.Desempeño de estacas y esquejes en campo.....	90
3.Aspectos sociales en la ERABRT	91
BIBLIOGRAFÍA	92
A N E X O	110
1.Entrevista	111
2.Ventajas y desventajas <i>técnicas</i>	112
3.Porcentaje de supervivencia	115

Lista de Figuras

Fig. 1. Estructura del ácido indolbutírico.....	19
Fig. 2. Ubicación de la ERABRT.....	27
Fig. 3. Ubicación de la ERABRT y las poblaciones cercanas.....	28
Fig. 4. Terrenos degradados aledaños a Ahuatenco y la ERABRT.....	29
Fig. 5. Tipos de suelo y el relieve de la barranca.....	29
Fig. 6. Cercos vivos de <i>Spondias purpurea</i> en Buenavista del Monte.....	33
Fig. 7. Tratamientos de los esquejes en invernadero.....	34
Fig. 8. Tratamientos de los esquejes en campo.....	40
Fig. 9. Tratamientos de las estacas en campo.....	41
Fig. 10. Croquis de los tratamientos y parcela en campo.....	42
Fig. 11. Esquema del acomodo de los tratamientos en campo.....	43
Fig. 12. Porcentaje de entrevistados que prefieren ciertas características en las estacas.....	49
Fig. 13. Porcentaje de entrevistados que prefieren cierta longitud de las estacas.....	49
Fig. 14. Porcentaje de entrevistados que prefieren cierta profundidad de siembra de las estacas.....	49
Fig. 15. Porcentaje de entrevistados que dieron importancia a la presencia de hojas.....	49
Fig. 16. Porcentaje de entrevistados que prefieren cierto tipo de exposición al sol del árbol madre.....	49
Fig. 17. Porcentaje de entrevistados que dan o no importancia a un periodo de secado de las estacas.....	49
Fig. 18. Porcentaje de entrevistados que prefieren un determinado tiempo de descanso para las estacas.....	50
Fig. 19. Porcentaje de entrevistados que consideran ciertos meses como los más adecuados para el corte de estacas.....	50
Fig. 20. Porcentaje de entrevistados que opinan sobre los periodos para la siembra de estacas.....	50
Fig. 21. Porcentaje de entrevistados que perciben la velocidad de crecimiento y rebrote de las estacas.....	50
Fig. 22. Porcentaje de entrevistados que prefieren determinados usos para <i>Spondias purpurea</i>	50
Fig. 23. Distribución del peso fresco, longitud y diámetro promedio de los esquejes.....	51
Fig. 24. Porcentaje de supervivencia de esquejes en invernadero.....	52
Fig. 25. Porcentaje de esquejes que presentaron callo.....	53
Fig. 26. Porcentaje de esquejes llevados al campo del tratamiento de tubete.....	54
Fig. 27. Porcentaje de esquejes llevados al campo del tratamiento de bolsa.....	54
Fig. 28. Promedio de la precipitación mensual 2004-2009.....	55
Fig. 29. Porcentaje de supervivencia de estacas y esquejes en campo.....	57
Fig. 30. Oruga recolectada del lepidóptero de la familia Psychidae.....	58

Fig. 31. Daños a las estacas causadas por larvas de psychidos y de cerambícidos.....	58
Fig. 32. Diferencias del promedio del número de yemas de estacas.....	61
Fig. 33. Diferencias del promedio del número de rebrotes de estacas.....	62
Fig. 34. Diferencias del promedio del número de ramas de estacas.....	63
Fig. 35. Tasa de crecimiento relativo promedio de estacas en campo.....	65
Fig. 36. Esquema representativo de las relaciones y flujos a nivel social en la ERABRT y sus alrededores.....	71
Fig. 37. Esquema de las ventajas y desventajas técnicas del uso de tubete.....	114
Fig. 38. Esquema de las ventajas y desventajas técnicas del uso de bolsas.....	113

Lista de Tablas

Tabla 1. Fechas de fertirrigación de los esquejes en invernadero.....	37
Tabla 2. Características ambientales del invernadero.....	51
Tabla 3. Tasa de crecimiento relativo promedio de los tratamientos de bolsa y tubete.....	55
Tabla 4. Promedio de la altura y el DAB de las estacas.....	56
Tabla 5. Valores estadísticos de las diferencias del monitoreo de rebrotes de esquejes.....	59
Tabla 6. Valores estadísticos de las diferencias del monitoreo de ramas de esquejes.....	59
Tabla 7. Valores estadísticos de las diferencias del monitoreo de yemas de estacas.....	60
Tabla 8. Promedio del número de yemas de las estacas.....	60
Tabla 9. Valores estadísticos de las diferencias del monitoreo de rebrotes de las estacas.....	61
Tabla 10. Promedio del número de rebrotes de las estacas.....	62
Tabla 11. Valores estadísticos de las diferencias del monitoreo de ramas en campo.....	63
Tabla 12. Promedio del número de ramas de las estacas en campo.....	63
Tabla 13. Tasa de crecimiento relativo promedio de esquejes en campo.....	64
Tabla 14. Tasa de crecimiento relativo promedio de estacas en campo.....	64
Tabla 15. Porcentaje de supervivencia mensual en campo por tratamiento.....	115

Lista de abreviaturas

SBC	Selva baja caducifolia
DAB	Diámetro a la altura de la base
BTES	Bosque tropical estacionalmente seco
BTH	Bosque tropical húmedo
ERABRT	Estación de Restauración Barrancas del Río Tembembe
AIB	Ácido indolbutírico
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
CRIM	Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
P45	Fertilizante de pentaóxido de fósforo, “super triple”
NPK	Nitrógeno, fósforo y potasio
TCR	Tasa de crecimiento relativo
PS	Peso seco total
ANOVA	Análisis de varianza
BA	Bloque A
BB	Bloque B
BC	Bloque C
THHe	tubete, con hormona, herbácea
TShe	tubete, sin hormona, herbácea
THL	tubete, con hormona, leñosa
TSL	tubete, sin hormona, leñosa
BSL	bolsa, sin hormona, leñosa
BSHe	bolsa, sin hormona, herbácea
BHL	bolsa, con hormona, leñosa
BHHe	bolsa, con hormona, herbácea
CONAPO	Consejo Nacional de Población
SAT	Saberes Agrícolas Tradicionales

Resumen

Este trabajo se realizó en la Estación de Restauración Ambiental Barrancas del Río Tembembe (ERABRT), ubicada al noroeste del estado de Morelos, y debido al alto grado de deforestación por uso agropecuario que sufre, es necesario plantear un conjunto de soluciones que ayuden a restaurar los pocos remanentes de bosque natural secundario de selva baja caducifolia (SBC) existentes y, al mismo tiempo, ofrecer algunas alternativas productivas y ecológicas para los agricultores aledaños, sin desatender la necesidad de utilizar especies nativas que estén adaptadas a las condiciones locales y que no tengan un impacto negativo en la comunidad vegetal de la SBC.

El objetivo del trabajo fue investigar el efecto de diferentes tratamientos en la propagación vegetativa de esquejes (estacas pequeñas de 15 cm de largo) y estacas de *Spondias purpurea*, tanto en campo como en invernadero, lo que contribuirá a su uso eficiente en próximos proyectos de restauración, en cercos vivos en propiedades aledañas a la zona de trabajo y en el enriquecimiento forestal. Lo anterior generará información local relevante, que incrementará el conocimiento sobre la reproducción vegetativa de especies nativas que podrá ser utilizado como una herramienta en la restauración de zonas con SBC.

Los esquejes de *Spondias purpurea* se recolectaron en época seca (de 16cm de largo y 2 cm de grosor) y se establecieron por tres meses en un invernadero cerrado, utilizando tratamientos que distinguieron entre esquejes más lignificados (leñosos) y menos lignificados (herbáceos), aplicación de ácido indolbutírico o AIB (con hormona) y ausencia de AIB (sin hormona), y tipo de recipiente (bolsa y tubete), cada uno con un tipo de sustrato. Antes de llevarlos a campo, se hizo un muestreo destructivo para conocer el desarrollo de los esquejes. Se observó una clara tendencia positiva (aunque sin diferencias significativas) en el tratamiento de las estacas leñosas y con aplicación de hormona, siendo el más exitoso el recipiente de bolsa (BHL), seguido por su contraparte en tubete (THL) en términos de: porcentaje de supervivencia y producción de biomasa aérea. Estos tratamientos fueron los que más se seleccionaron para llevar al campo (a pesar de la ausencia de enraizamiento). Por esto se propone la utilización de este tratamiento en ambos tipos de envase para su propagación en invernadero, aunque la utilización de tubetes es más práctica, por su facilidad de manejo y ahorro de tiempo y espacio en trabajo de invernadero.

En la parte de campo, se realizaron entrevistas a los pobladores de Buenavista del Monte, quienes siembran esta especie para su uso en cercos vivos, con el fin de conocer el método tradicional de estacado y plantear, a partir de esta información, los parámetros para el experimento de implantación de estacas grandes. Con el resultado obtenido de las entrevistas se establecieron los siguientes tratamientos: estacas de 1 m y de 2 m de longitud; mayores y menores a 30 cm de grosor (**denominadas “gruesas” y “delgadas”** respectivamente). Después de cortadas, las estacas se plantaron en un área dentro de la ERABRT, junto con los esquejes resultantes de la implantación en invernadero, utilizando solamente los tratamientos de bolsa y tubete. Se monitoreó el crecimiento y supervivencia de estacas y de esquejes por diez meses a partir de julio de 2009.

El tratamiento con mejor desempeño entre las estacas grandes fue el de 2 m gruesas, 2 m delgadas y 1 m gruesas. No se recomienda usar estacas de 1 m delgadas, ni tampoco esquejes, pues el nivel de supervivencia que presentaron fue muy bajo en relación a la cantidad de trabajo que representa su reproducción.

Algunos factores fuera del control experimental que afectaron el establecimiento de estacas y esquejes en campo fueron la baja precipitación por debajo de la media estacional en la zona, un saqueo de estacas por los pobladores, y la presencia de plagas (psychidos y larvas de cerambícidos)

La marcada degradación ambiental de la ERABRT y de los alrededores de la comunidad nahua de Cuentepec, es consecuencia también de una degradación del tejido social, que de cierta manera está afectando la realización de la investigación en la zona y las posibilidades de restauración. Un paso importante para mejorar estas condiciones es el aumento de interacciones entre los académicos y las comunidades aledañas. Esto posiblemente incrementaría la credibilidad, aceptación y comprensión de los proyectos y evitaría algunas interacciones sociales negativas experimentadas en este estudio.

Abstract

This research was performed at Estación de Restauración Ambiental Barrancas del Río Tembembe (belonging to UNAM), which is a severe damaged area in the northwest of Morelos, Mexico. The objective of this research was to establish the proper conditions for the vegetative propagation of *Spondias purpurea*, by stakes (1m and 2m height) and cuttings (15 cm length and 1.5 cm diameter) in order to use them in living fences and to restore the surrounding areas.

The cuttings were collected in the dry season and were established during three months in a greenhouse. The treatments were: woody and non-woody cuttings, with and without indolbutiric acid (AIB) application, planted in plastic bags and plastic tubes. The best treatments were those planted in plastic bags and plastic tubes by using (AIB) and woody cuttings, in spite of the lack of rooting.

Farmers were interviewed to know the traditional method to plant stakes so as to use the information as a starting point to establish the treatments for the stakes. Stakes of 1 m and 2 m, with a diameter of more than 30 cm (thick stakes) and less than 30 cm (thin stakes), were collected and planted in the field simultaneously with the cuttings resulting from the greenhouse experiment (only distinguishing between bags and plastic tubes). The best treatments were 2 m length both thick and thin stakes, and 1 m length thick stakes, in that sequence. It is recommended to use these treatments to propagate *Spondias purpurea* in the field. It is not recommended to use 1 m length thin stakes nor cuttings to propagate, because of their low survival.

The high environmental degradation in the ERABRT and the surroundings of the *nahua* community of Cuentepec (owner to the ERABRT lands) is also a consequence of the social degradation as it is in certain ways affecting the research performance in this area and their restoration possibilities. An important step to improve these conditions is the increase of social interactions within academics and the society of the communities. It may increase credibility, acceptance and understanding of the projects, and would avoid some negative interactions experienced in this research.

Aspectos biológicos e implicaciones sociales de la reproducción por estacas
de *Spondias purpurea* en la Estación de Restauración Ambiental
Barrancas del Río Tembembe, Morelos

INTRODUCCIÓN

Como en la mayor parte de los países de clima tropical, la deforestación¹ que se registra en México (314 mil ha/año; FRA, 2005) es uno de los múltiples factores causantes de la degradación², originada principalmente por el cambio de uso de suelo de vegetación natural a tierras agropecuarias (Challenger, 1998; FAO, 2005; Sánchez-Azofeita, 2005; Miles et al., 2006), lo que genera gran impacto sobre la diversidad biológica y sobre los ciclos biogeoquímicos de los ecosistemas naturales (Bolin y Cook, 1983; Maser et al., 1997).

Esto nos apremia, no sólo a conservar, sino a intervenir activamente para restaurar dichos daños con programas de recuperación de áreas degradadas que incluyan a los agricultores y que permitan reducir, al mismo tiempo, la degradación ambiental; y así incluir elementos tanto sociales como culturales en el proceso de la restauración ecológica (Higgs, 1997).

Una herramienta poco estudiada para promover la recuperación de sitios degradados es el uso de técnicas de propagación asexual o vegetativa por medio de esquejes³ y estacas como catalizadores del proceso de sucesión (Zahawi, 2005; 2008; Zahawi y Holl, 2009). Esta herramienta puede ser útil en la restauración para generar un estrato arbóreo en poco tiempo a partir de estacas (se reduce la etapa juvenil de la planta), con beneficios similares a los obtenidos a través de árboles aislados mayores a 1 m de altura en potreros, que funcionan como núcleos de establecimiento de especies, acelerando la sucesión secundaria por atraer especies dispersoras de semillas (especialmente si los árboles producen frutos

¹ Deforestación: Conversión de bosques a otro uso de la tierra o la reducción a largo plazo por debajo del 10% de la cubierta forestal (FRA 2005)

² Degradación: cuando en un área hay una falta de vegetación nativa y por tanto presenta un nivel significativo de influencia humana (Landa et al., 1997).

³ Esqueje se refiere a una estaca pequeña, de 10 a 20 cm y se prefiere el término para distinguir con facilidad de la estaca grande (de 1 m o más). Así será usado en el presente texto.

comestibles para estos animales; Guevara et al., 1986; Guevara y Laborde 1993, Guevara et al., 1998) y mejorar las condiciones microclimáticas, tanto atmosféricas como del suelo, lo que favorece la germinación y establecimiento de nuevas plántulas (Kellman 1985, Guevara et al., 1992, Rhoades et al., 1998, Holl 1999; García-Orth, 2002). Estas ventajas se pueden conjugar también con el uso que los agricultores le dan a los cercos vivos (plantaciones de arbustos o árboles en línea de estacas vivas de por lo menos 1 m de altura), que delimitan propiedades y protegen a los cultivos de daños causados por animales o factores climáticos adversos (Ortega et al., 1993; Salinas, 1999).

El sistema de cercos vivos también puede funcionar como conexión entre diferentes áreas con vegetación nativa remanente en forma de corredor, lo que influye sobre el movimiento de los animales y la dispersión de las plantas entre áreas fragmentadas⁴, ejerciendo un papel importante en paisajes agrícolas con una matriz de cultivos o pastizales (Haddad et al., 2003; Puyana y Rengifo, 2004; Pizo y Gabriel, 2005). Tradicionalmente los agricultores utilizan estas prácticas y por lo tanto, es importante aprovechar el conocimiento de los pobladores de la región para determinar las mejores prácticas que conlleven un aumento en el porcentaje de supervivencia de las estacas (Pinilla y Ceccon, 2008).

La especie *Spondias purpurea* Linnaeus, 1753 (árbol comúnmente conocido como ciruela de huesito o jocote) es importante en la región del NO del estado Morelos debido a que es una especie que se encuentra tanto en áreas de vegetación natural remanente cercanas a la zona de trabajo (Ceccon y Hernández, 2009), como en zonas rurales-agrícolas circundantes (obs. pers.). Asimismo, es apreciada por los habitantes del lugar por sus frutos (que pueden ser comercializados y además atraer fauna dispersora de semillas; Parrotta y Turnbull, 1997; Vázquez-Yanes, 1999; com. pers. Eliane Ceccon), y es usada por algunos habitantes para hacer cercos vivos. Esta especie tiene una gran plasticidad anatómica y fisiológica para ajustarse a los recursos disponibles y las condiciones climáticas de la selva baja caducifolia donde se distribuye (Ramírez-Hernández, 2004).

⁴ Fragmentación se refiere a la creación artificial de varias unidades ambientales diferentes entre sí con una distribución heterogénea de la biomasa vegetal (Landa et al., 1997). La matriz se refiere al área que circunda a las áreas que conservan vegetación nativa.

Debido a que se han realizado pocos estudios sobre la capacidad de rebrote de especies comúnmente usadas en los cercos vivos y su potencial para utilizarse en proyectos de restauración, en este trabajo se pretende conocer los métodos tradicionales utilizados por los pobladores locales en la propagación por estacas de *Spondias purpurea* y evaluar el establecimiento y desempeño de estacas y esquejes de esta misma especie en invernadero y campo para su posterior uso en proyectos de restauración ecológica y/o en cercos vivos en propiedades aledañas a las zonas de conservación. Al mismo tiempo, se analizan las implicaciones sociales que tienen este tipo de proyectos en la zona de trabajo, la Estación de Restauración Ambiental Barrancas del Río Tembembe, localizada al noroeste del estado de Morelos, la cual presenta vegetación de selva baja caducifolia con disturbios por sobrepastoreo.

Así, este trabajo contribuirá en la generación de nuevos datos para la utilización de estacas y esquejes en la restauración ecológica y productiva de sitios degradados y contribuirá en el conocimiento para generar propuestas y técnicas alternativas en la restauración en un mundo que necesita respuestas en un ámbito social y ecológico.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido al alto grado de deforestación por uso agropecuario que sufre la Estación de Restauración Ambiental Barrancas del Río Tembembe (ERABRT, ubicada en el NO del estado de Morelos), donde se realizó esta investigación, es necesario plantear un conjunto de soluciones que ayuden a restaurar los pocos remanentes de bosque natural secundario de selva baja caducifolia (SBC) existentes y, al mismo tiempo, ofrecer algunas alternativas productivas y ecológicas para los agricultores aledaños, sin desatender la necesidad de utilizar especies nativas que estén adaptadas a las condiciones locales y que no tengan un impacto negativo en la comunidad vegetal de la SBC.

La ERABRT está ubicada cerca de áreas con remanentes de vegetación nativa rodeadas de zonas agrícolas y ganaderas que podrían ser delimitadas por cercos vivos de *Spondias purpurea* y generar un corredor importante para conectar las zonas remanentes de selva baja caducifolia, con árboles parecidos a sus congéneres silvestres, pues especies cultivadas que crecen y se venden localmente –no a gran escala-, con frecuencia tienen formas morfológicas transicionales entre las cultivadas y las silvestres (Miller y Schaal, 2005). Las estacas de esta especie ya son utilizadas por los campesinos de las comunidades circunvecinas de Buenavista del Monte y Ahuatenco como cerco vivo. Es importante conocer su método y buscar una combinación de variables de fácil manejo para aumentar el porcentaje de éxito de la especie en el establecimiento de estacas.

Conocer las condiciones propicias para la propagación por esquejes y estacas de *Spondias purpurea* permitirá su eficiente uso en próximos proyectos de restauración, enriquecimiento forestal y su uso en cercos vivos, y contribuir con las ventajas ecológicas y económicas antes mencionadas debido a las características físicas que presenta esta especie. Lo anterior generará información local relevante, pues hay poca información sobre la reproducción de especies nativas que pueden ayudar a la restauración de zonas con SBC, ya que usualmente estas especies no son propagadas por viveros gubernamentales ni comerciales (Bonfil y Trejo, 2010).

ANTECEDENTES

1. La selva baja caducifolia en México

Los *bosques tropicales estacionalmente secos*⁵ (BTES, Rzedowski, 1978 en Arias, 2002; Pennington et al., 2009) son considerados el tipo de vegetación tropical en mayor peligro de desaparecer totalmente (Janzen, 1988), a pesar de que alrededor de 42% de superficie tropical y subtropical en el planeta corresponde a los BTES (Murphy y Lugo, 1986).

A lo largo del tiempo, el hombre ha usado estos ecosistemas para establecerse, lo que ha llevado a su destrucción o a su conversión en unidades vegetales muy diversas, pues bajo alteración intensa como el sobrepastoreo, este bosque rápidamente pierde su identidad y se generan asociaciones secundarias fisonómica y ecológicamente estables, como pastizales y matorrales (Challenger, 1998; Trejo y Dirzo, 2000; Miller y Schaal, 2005).

En México, el bosque tropical seco de mayor extensión es la *selva baja caducifolia* (SBC, Miranda y Hernández-X, 1963). Presenta un promedio anual de precipitación entre 700 y 1200 mm (Trejo, 1999), en el hemisferio norte tiene lluvias muy fuertes de junio a septiembre, y una época de secas muy acentuada de noviembre a mayo (Arias et al., 2002), con un promedio de 18 a 28°C de temperatura media anual, aunque la mayor parte de esta selva se concentra en áreas con temperaturas que van de 22 a 26°C (Trejo, 1999) sin que se presenten heladas (nunca -0°C; Miranda y Hernández X, 1963; Rzedowsky, 1986; Trejo, 1999).

La mayoría de las especies en este ecosistema responden a la falta de agua desprendiéndose de sus hojas, haciendo que el paisaje entre épocas sea contrastante (Murphy y Lugo, 1986). La marcada estacionalidad y la escasez de precipitación generan condiciones abióticas relativamente más rigurosas y

⁵ Los BTES tienen como características principales: estar regiones de clima cálido (tropicales) sin nevadas, con una estación de secas y otra de lluvias muy marcadas a lo largo de año y una precipitación anual entre 400 y 1700 mm (Miles et al., 2006; Gerhardt y Hytteborn, 1992, en Ceccon, 2010). Algunos de los subtipos de BTES son: savana o cerrado, selva baja caducifolia, caatinga, bosques monzónicos (Pennington et al., 2009).

variables que las que se dan en el bosque tropical húmedo (BTH), cambiando factores como: los patrones de fenología (Medina y Cuevas, 1990, Ceccon y Hernández, 2009), la producción de semillas (Ray y Brown, 1994, Ceccon y Hernández, 2009), la germinación (Ceccon 2003; 2004), la supervivencia y el desarrollo de las especies (Gerhardt 1998, Ceccon et al. 2002; 2003; 2004).

En el caso de las semillas, la heterogeneidad en la disponibilidad de los recursos restringe el periodo de germinación, el cual se tiene que dar en un periodo muy corto para que así las plántulas encuentren condiciones favorables de luz, nutrientes y agua, mientras emergen entre plantas competidoras (Campo et al., 1998, Ceccon et al., 2003, 2004). Las semillas se dispersan preferentemente durante la estación de secas (Bullock y Solís-Magallanes 1990, Ceccon y Hernández 2009) y generalmente permanecen en el suelo (en el banco de semillas⁶) hasta el periodo de lluvias, cuando hay condiciones favorables para germinar y crecer, presentando así un banco de semillas efímero (Rico-Gray y García-Franco 1992; Ceccon et al., 2006, 2011), el cual difícilmente es útil para la regeneración de la SBC fragmentada (en general de los BTES), a diferencia de lo que ocurre en los BTH (Ceccon, 2011; Mena-Gallardo, 2009). Es por esto que la etapa de establecimiento se vuelve crítica al introducir plantas al campo con fines de restauración (Ceccon et al., 2006), pues las condiciones durante el año son muy cambiantes, y hay más estrés hídrico durante los procesos sucesionales que en los BTH.

La selva baja caducifolia en México tiene una gran diversidad biológica, conteniendo cerca del 20% de todas las especies de plantas del país, con hasta 60% de endemismos (Trejo, 1998, Trejo y Dirzo, 2000; Trejo, 2005), más que la propia selva húmeda (Arias et al., 2002). En cuanto a fauna, alrededor del 19% de los vertebrados endémicos Mesoamericanos habitan ese tipo de bosque tropical (Trejo y Dirzo, 2000). A pesar de todo esto, es uno de los ecosistemas con menos protección, más explotados y transformados por el hombre.

⁶ El banco de semillas es una agregación de semillas viables (Simpson et al., 1989) no germinadas presentes en el suelo, potencialmente capaces de reemplazar plantas adultas anuales o perennes (Baker 1989).

A nivel mundial su estructura y composición varía. En México se compone de árboles bajos de 8-12 m que se ramifican a poca altura, lianas y hierbas; las familias predominantes son Leguminosae, Euphorbiaceae, Burseraceae, Cactaceae, Malphigiaceae y Anacardiaceae, entre otras (Trejo, 1998). Se distribuye desde el nivel del mar hasta los 2000 m de altura, en una franja continua desde los 28° N hasta la frontera con Guatemala (Trejo y Dirzo, 2000).

Se estima que su extensión pudo haber alcanzado alrededor del 14% del territorio nacional (aproximadamente 270,000 km²), pero se ha reducido considerablemente. Para principios de la década de los noventa sólo el 27% del área original permanecía intacta (3.7% del área nacional); otro 27% había sido alterado y considerablemente fragmentado, 23% más se consideraba como tierras degradadas y el 23% restante había sido reemplazado por otros usos del suelo, principalmente para fines agropecuarios (Trejo y Dirzo, 2000).

En el caso del estado de Morelos, donde se ubica el área de trabajo, la intensa actividad humana (con importantes centros urbanos desde tiempos prehispánicos), ha causado cambios significativos en las áreas que originalmente estaban cubiertas por SBC y matorrales (Trejo y Dirzo, 2000). Hay estudios que indican que el norte del estado estaba cubierto por bosques templados (bosques de coníferas y coníferas-encinos); planicies y otras áreas bajas hacia el sureste y el este tenían matorrales nativos; el resto del estado debió estar cubierto por selva baja caducifolia, con un porcentaje cercano al 60%. Para 1989 sólo quedaba 38% del área que originalmente cubría la SBC (1096 km²; Trejo y Dirzo, 2000).

A pesar de la gran valía e importancia por su alta biodiversidad, la investigación en restauración de los BTES y las SBC ha avanzado mucho más lentamente en comparación con ecosistemas de bosques templados y húmedos, pues el número de estudios es todavía reducido en comparación con la extensión que abarca (Ceccon, 2011; Meli, 2003; Griscom y Ashton, 2010).

Dados los antecedentes, ante la amenaza de degradación tan alta que presenta la selva baja caducifolia, es necesario desarrollar estrategias para revertir su deterioro; su conservación y **restauración** debe ser tomada como una prioridad (Vazquez-Yanes y Batis, 1996; Miles et al., 2006).

2. La restauración ecológica y sus implicaciones sociales

La restauración ecológica se define como el proceso de alteración intencional de un hábitat para establecer un ecosistema definido, natural e histórico local. Es el proceso de apoyar la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido, según la Society of Ecological Restoration (SER, 2004). También se define como el proceso de reparación del daño causado por los seres humanos a la diversidad y a las dinámicas de los ecosistemas nativos (Jackson et al., 1993) revirtiendo la degradación de estos hábitats (Hobbs y Norton, 1996) hasta conseguir que funcionen en un tiempo relativamente corto de manera similar a la comunidad original, con la recuperación de las especies animales y vegetales, así como sus interrelaciones (SER, 2004). Cabe anotar que en la actualidad se plantea que no se debe hacer una restauración hacia un ecosistema pasado prístino –el punto de referencia del pasado es muy subjetivo, las condiciones climáticas y de desarrollo humano son cambiantes-, sino que es deseable tener múltiples metas alternativas y trayectorias para finales no predecibles; que se debe enfocar en la rehabilitación de funciones ecosistémicas más que en la recomposición de especies o cuestiones cosméticas de la superficie del paisaje; y reconocer su identidad como una ciencia aplicada dentro del marco económico y social (Choi, 2007). Este último punto, el social, es una de las partes que no siempre son tratadas con la extensión con que se debería. La restauración de los sitios degradados debe, además de garantizar los procesos ecológicos intrínsecos de los ecosistemas, contribuir a satisfacer las necesidades humanas que requieran de la extracción de los recursos naturales así como de la oferta de los servicios ambientales que estos sistemas ofrecen a estas poblaciones (Pinilla y Ceccon, 2008). La restauración es un asunto ético y técnico, que necesita de la generación y sistematización del conocimiento, así como una visión amplia que incluya aspectos de índole social, histórica, cultural, política, estética, moral y económica para aplicarse en un nivel práctico (Cervantes, 2005). Los aspectos sociales que permiten influir en la restauración ecológica son: la historia, los indicadores sociodemográficos, los actores y sus relaciones, los derechos de propiedad, reglas de uso y normatividad, las políticas públicas y las actividades productivas y de mercados (Zorrilla, 2005). Hay que tomar en cuenta que si las comunidades poseedoras de las tierras no perciben o entienden totalmente los

beneficios de los proyectos de restauración pueden verse frenados total o parcialmente (Cardona, 2005). Para esto, es necesario entender inicialmente la percepción de estos problemas por las comunidades que utilizan dichos recursos. Sin embargo, debido a su complejidad y su carácter multidisciplinario, este tipo de proyectos son frecuentemente idealizados pero raramente realizados por la comunidad científica (Ceccon y Cetto, 2003).

Una de las técnicas más exitosas y usadas en restauración para la recuperación de la cobertura vegetal es la introducción de plantas al campo, tomando en cuenta para su selección criterios de crecimiento, uso tradicional, valor ecológico, comercial o ritual (Lugo et al., 1990; Sabogal, 1992; Gerhardt, 1993; Archer, 1995; Nussbaum et al., 1995; Chávez-León, 1996; Savill et al., 1997; Throop, 2000; Van der Putten et al., 2000; Gómez-Aparicio et al., 2004; Zhang et al., 2004; Hooper et al., 2005; De Villalobos et al., 2005).

En el caso de la restauración de los BTES, su marcada estacionalidad incide en la dinámica de la regeneración, y específicamente en el tipo de banco de semillas que presenta, lo que implica que aislar el lugar degradado para que actúe la regeneración natural no siempre es una de las prácticas más económicas y sencillas para su restauración; si no hay fuentes de propágulos cercanas (un fragmento grande por ejemplo) que pudieran funcionar como fuente de semillas, el banco de semillas es pobre en especies arbóreas y fácilmente pierde viabilidad (Ceccon, 2011). Lo anterior no siempre permite que se cosechen las semillas para su cultivo en invernadero con un tiempo mayor a seis meses antes de su germinación, y pasar sólo 6 meses en invernadero puede que no sea suficiente tiempo para que se desarrollen y estén listas para ir a campo, requiriendo más tiempo en invernadero, lo cual implica más gastos en su mantenimiento. Estos factores puede ser una traba en proyectos a gran escala.

Una de las herramientas menos estudiadas y que puede funcionar para establecer programas de recuperación de áreas degradadas que favorezcan a los agricultores y que permitan reducir, al mismo tiempo, el proceso de deforestación que estas prácticas implican, es el uso de técnicas de propagación asexual o vegetativa de

especies clave (esquejes⁷ o estacas). Las especies utilizadas pueden ser de árboles aceleradores de la sucesión (catalizadores; Guevara et al., 1986; Parrota y Turnbull, 1999), pues de este modo se puede recuperar el estrato arbóreo o arbustivo en menos tiempo que el que tomaría si se hiciera toda la restauración a partir de plántulas. Dicha técnica también es una alternativa viable para la SBC, pues no parte del banco de semillas.

3. La restauración por estacas y esquejes

3.1 La propagación vegetativa

El ciclo de vida de las plantas y prácticamente de todos los seres vivos, incluye dos generaciones biológicas: la fase *gametofítica* o fase sexual, en la que las células dividen su núcleo mediante meiosis para obtener un juego completo de genes necesarios para crear un nuevo organismo (gametos, con ploidía n). La segunda fase es la *esporofítica* o asexual, en la que las células se dividen por mitosis y tienen más de un juego completo de genes (células somáticas, con ploidía $2n$, $3n$, etc.). Aprovechando esta natural alternancia de generaciones, se han desarrollado diversas técnicas de generación de plantas, basándose tanto en la generación gametofítica o *reproducción sexual*, como en la esporofítica o *propagación asexual* (también llamada propagación vegetativa). Las primeras requieren de la unión de dos gametas para poder generar un nuevo individuo y las segundas no requieren de la fecundación para generar nuevos individuos (Rodríguez, 1999).

La propagación vegetativa se basa en la totipotencialidad⁸ de las células vegetales de algún tejido, las cuales poseen toda la información genética requerida para dividirse y generar un organismo completo por desdiferenciación celular, lo que implica que las células maduras vuelven a una condición meristemática y desarrollan un nuevo punto de crecimiento (Hartmann y Kester, 1997)

⁷ Esqueje se refiere a una estaca pequeña, de alrededor de 10 o 20 cm. Se prefiere el término para distinguir con facilidad de estacas grandes. Así será usado en el presente texto.

⁸ Del latín totus (todo), es decir que posee la capacidad de poder dar origen a millones de células, tejidos, órganos, hasta incluso embriones. Todas las especies vegetales mantienen esta característica de totipotencialidad, y de llevar a buen término la generación de un nuevo espécimen, asexualmente.

Este es uno de los procedimientos más empleados tanto en fruticultura como en floricultura para la multiplicación de las plantas leñosas junto con el injerto (Souza y Araújo, 1999), pues permite la rápida multiplicación de individuos que mantengan las características deseables en la planta, ya sea fenotípicas o genotípicas (Henrique, 2001). Surge así el concepto de clon o material genéticamente uniforme procedente de un solo individuo y propagado exclusivamente por medios vegetativos (Coletto, 1995).

3.2 La reproducción por esquejes

Se llama esqueje, estaca o estaquilla a la parte de la planta que es separada de la planta madre para formar un clon (García-Orth, 2002), ya sea un trozo de tallo, de hoja o de raíz que se pone a enraizar. La principal diferencia entre una estaca y un esqueje, es el tamaño. En las plantas se pueden diferenciar cuatro tipos de estacas de tallo según su madera (Hartmann y Kester, 1997 y Strasburger et al., 1986 en Scheinvar, 2004): las de madera dura (leño con 50 o 66% de la masa total de fibras libriformes⁹); las de madera semidura; las de madera blanda (leño con baja o nula cantidad de fibras libriformes) y las carentes de leño o herbáceas.

El método de propagación por esquejes consiste en cortar una porción de tallo que contenga cuando menos una zona meristemática o yema lateral o terminal, con la posibilidad de que bajo condiciones propicias se desarrollen raíces adventicias¹⁰ e iniciar así una planta independiente (Hartmann y Kester, 1997). En este punto la formación de raíces constituye el principal factor limitante del proceso de propagación por estacas, ya que las necesita para adquirir agua y nutrientes necesarios para la formación de hojas y demás estructuras, poder adherirse al sustrato con suficiente firmeza y soportar el peso de la biomasa aérea (Scheinvar, 2004).

⁹Célula alargada del xilema secundario con pared gruesa y lumen reducido con punteaduras simples y que asume una intensa actividad mecánica. (Dickison, 2000)

¹⁰ Adventicia: Estructura generada a partir de un nuevo punto de crecimiento en una estructura ya establecida (Hartmann y Kester, 1997)

El método de propagación por esquejes es uno de los principales métodos de propagación vegetativa utilizado en determinadas especies de la fruticultura moderna y en la propagación de especies nativas para la restauración de la SBC México (Bonfil et al., 2007, 2010; Castellanos-Castro, 2009; Fehling-Fraser, 2010). Presenta las ventajas de garantizar la transmisión de caracteres deseables, reducir el estado juvenil y aumentar la uniformidad en el cultivo (Souza y Araújo, 1999). Además se pueden producir un número elevado de esquejes de una planta madre, el espacio para la propagación es reducido, el costo por planta es bajo y el método es rápido y sencillo; algunas desventajas son los requerimientos de insumos para el invernadero, las necesidades de infraestructura del invernadero mismo, el control de riego y luz y el experimentar variantes de las condiciones para acertar en las más adecuadas para la propagación, aunque una vez teniendo éstos, es fácil obtener todas las ventajas anteriores.

3.3 La reproducción por estacas

Al igual que los esquejes, se les llama así porque es una parte de la planta que es separada de la planta madre para formar un clon (García-Orth, 2002). Las estacas son el método más común de propagación asexual. Estas se obtienen cortando una porción grande del tallo (generalmente entre 1 y 3 m) y se colocan en el sustrato sin que pasen muchas horas, para evitar pérdida de agua, lo que permite a la estaca producir raíces antes de que se deshidrate (Arriaga, et al., 1994); sin embargo, hay especies, como *Spondias purpurea* y diversas especies de *Bursera* (Bonfil et al., 2007), que al ser cortadas se les deja sin enterrar hasta que pase un tiempo determinado antes de colocarlas en el sustrato, ya que el secado ayuda a la cicatrización de la base (Zamora-Rosales, 2005; Zahawi, 2008).

Existe poca información en cuanto al tamaño conveniente de las estacas en distintos ambientes, sobre las épocas más adecuadas para su recolecta y plantación (Orika et al., 1997), de las diferencias en el desempeño de las estacas de distintas especies (Acevedo 1984; Peña 1995) y de la respuesta a diferentes tratamientos hormonales (García-Orth, 2002). En el ramo de la horticultura y la agronomía se han realizado varios trabajos con estacas de especies de árboles frutales, desarrolladas bajo condiciones muy controladas (Henrique, 2001;

Hartmann et al., 1997); sin embargo, se han realizados pocos estudios en campo con especies no comerciales y enfocados a generar información útil en restauración ecológica (Zahawi, 2005; Bonfil et al., 2007).

La propagación por estacas tiene como ventajas, al igual que los esquejes, reducir la etapa juvenil de la planta, que puede ser lo suficientemente alta para evitar ser ramoneada por el ganado, aumentar la uniformidad en el cultivo, permite producir varias estacas de una planta madre, no requiere de gran espacio para su propagación, tiene un bajo costo por planta enraizada, es un método rápido y sencillo y no hay muchos gastos en cuanto a insumos, pues no necesita pasar por la etapa de invernadero. Además, las estacas pueden ser utilizadas como herramienta de restauración, con beneficios similares a los de árboles aislados en potreros > 1 m de altura (Guevara *et. al.*, 1986; Zahawi, 2005; 2008). Algunas de las desventajas que presentan son: al estar en campo quedan expuestas a la herbivoría, no hay control de luz, no se conocen con exactitud las condiciones más adecuadas para su establecimiento, que por su tamaño es poco práctico aplicar sustancias para enraizar, que su transporte puede resultar caro o difícil y que aumenta su costo si se quiere realizar estacado masivo por el pago de jornales que ayuden al trabajo práctico.

3.4 El enraizado de estacas y esquejes

El desarrollo de las raíces de las estacas y esquejes es un proceso variable ya que en él influyen diversos factores, entre los que destacan: la capacidad intrínseca de las especies debido a sus propiedades genéticas y fisiológicas, la posición en la copa del árbol, la época de recolecta, las condiciones ambientales, el uso de hormonas promotoras del enraizado, las propiedades de los sustratos que deben proporcionar a las estacas las condiciones óptimas para que las raíces se desarrollen, los factores o sustancias (como las auxinas) que son producidas en las hojas o yemas y que pueden influir en el enraizamiento al ser transportadas a la base de la estaca (Hartman & Kester, 1997) y la edad de la planta, que se ha demostrado ser un factor que limita el enraizado, debido a que los tejidos maduros tardan más tiempo en enraizar y desarrollan menor número de raíces que los tejidos juveniles (Iglesias et al., 1996).

La propagación por estacas necesita de la formación de un nuevo sistema radicular que consiste de raíces adventicias, que es el factor determinante del éxito del establecimiento. Las raíces adventicias pueden formarse naturalmente, como en las monocotiledóneas y en plantas acuáticas (Lorbiecke y Sauter, 1999) y también pueden desarrollarse por causa de alguna herida (Esau, 1977). Se considera que las raíces inducidas por heridas se desarrollan de novo cuando el tejido es dañado, como en el corte de una estaca (Hartmann, 1997; Esau, 1977):

- Las células heridas mueren, y en el proceso de cicatrización se forma una placa necrótica y la herida es sellada con suberina y goma en el xilema. Esta placa protege la superficie cortada de la desecación y de patógenos.
- Las células de parénquima vivas detrás de esta placa se dividen y forman una capa de células del parénquima con diferentes estados de lignificación, en una masa irregular, que es el callo.
- Las células adyacentes del cambium vascular y del floema se dividen e inician la formación de las raíces adventicias. Con frecuencia, las raíces emergen a través del callo, pero en algunas especies la formación de callos y raíces son procesos independientes y dependen de condiciones externas e internas (Davies et al., 1990), sin que el callo participe directa o activamente en la rizogénesis (Sheinvar, 2004).

Las raíces adventicias generalmente tienen un origen endógeno y surgen ya sea en los nodos o internodos, cerca del tejido vascular o creciendo a través de los tejidos localizados por arriba de su sitio de emergencia; en ramas jóvenes de dicotiledóneas y en gimnospermas las raíces adventicias surgen del parénquima interfasicular y en ramas viejas en los rayos vasculares cerca del cambium vascular (Esau, 1977; Hartmann y Kester, 1997; Lorbiecke y Sauter, 1999).

Hay hormonas vegetales que estimulan la generación y elongación de las raíces, las cuales se han utilizado como sustancias enraizadoras, siendo éste uno de los efectos más conocidos de estas sustancias.

Las ***hormonas vegetales*** (o fitohormonas) son sustancias químicas de ocurrencia natural, de relativo bajo peso molecular, presentes en los tejidos de las

plantas (endógenas) en bajas concentraciones y su función es regular el crecimiento de la planta y su desarrollo (Hartmann y Kester, 1997). Con base en el efecto que producen en la modulación del crecimiento y desarrollo de las plantas, se han identificado tres grupos y dos sustancias: las **auxinas**, las **giberelinas**, las **citoquininas**, el **etileno** y el **ácido absísico** (Davies, 1990; Hartmann y Kester, 1997; Kozlowski y Pallardy, 1997).

Las **auxinas** fueron las primeras fitohormonas en ser descritas, y sus principales efectos son: crecimiento celular, fototropismo y gravitropismo, estimular la diferenciación celular, coordinar la dominancia apical, abscisión y desarrollo y elongación de raíces. El término auxina designa a cualquier fitohormona perteneciente al grupo auxínico (Rojas y Ramírez, 1993) que, además de cumplir con efectos similares sobre la planta, tengan un radical ácido, un anillo de uno a cuatro carbonos y ciertas consideraciones estéricas como la posición del grupo cloro. Existen tres grupos auxínicos: aquellos derivados del indol, los derivados del naftaleno y los del fenoxi, principalmente los fenoxiclorados.

La teoría más aceptada del proceso de la biosíntesis de las auxinas es que son sintetizadas en el meristemo apical y hojas jóvenes en desarrollo, y de ahí se transportan al resto de la planta; aunque, experimentos recientes han encontrado que prácticamente todas las partes de la planta podrían ser capaces de sintetizar ácido indolacético (AIA) de novo, principalmente las raíces en desarrollo (Fosket, 1994; Hopkins, 1995; Ljung en Scheinvar, 2004).

El **ácido indol-3-butírico** (AIB, Fig. 1) es una fitohormona auxínica del grupo indol. Aunque endógenamente menos abundante que el ácido indolacético, el indolbutírico es más efectivo que éste en la iniciación de raíces y por tanto es más utilizado en la propagación vegetativa por estacas (Zolman et al., 2000)

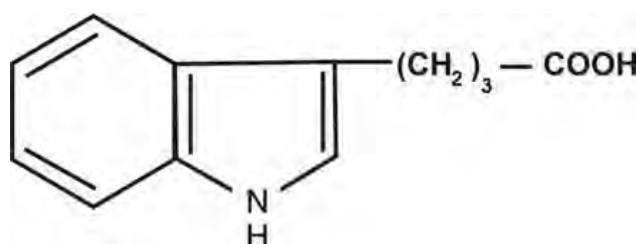


Figura 1. Estructura del ácido indol-3-butírico

4. Las estacas como herramienta de restauración y conexión de los paisajes fragmentados

Los cambios en el uso del territorio (transformación a cultivos, deforestación, urbanización, obras públicas, etc.) suelen implicar una creciente fragmentación del paisaje. Las unidades naturales se configuran como fragmentos cada vez más pequeños, inconexos y permeables a las agresiones de los ambientes periféricos. En este contexto, muchas de las poblaciones de organismos que los ocupan tienden a disminuir y otras a aumentar de manera invasiva. Esto, junto con el deterioro general de los fragmentos y la reducción de los recursos necesarios para su mantenimiento, puede llevar a la extinción de muchas especies e impedir el flujo génico (Laurance y Bierregaard, 1997, Pardini et al., 2005; Hilty et al., 2006; Keyghobadi, 2007). Esto ha justificado los estudios sobre franjas de vegetación en paisajes fragmentados que puedan ser utilizados por animales y plantas como corredores para moverse entre los fragmentos, atenuando algunos de los efectos nocivos de la fragmentación. Entre las ventajas y funciones principales atribuidas a los corredores para movimiento se encuentran (Soule y Gilpin, 1991; Simberloff et al., 1992):

- Disminuir la tasa de extinciones definida en términos de la teoría de equilibrio.
- Disminuir la estocasticidad demográfica.
- Contrarrestar la depresión endogámica.
- Satisfacer una necesidad innata de movimiento.

Además de servir como corredores para diversos organismos, las franjas de vegetación pueden servir para abrigar individuos residentes, con recursos necesarios para su supervivencia y reproducción o servir de filtro para algunos organismos que se encuentran en las áreas adyacentes a las franjas de vegetación por limitaciones fisiológicas o de comportamiento (Hess y Fischer, 2001; Hilty et al., 2006). Aunado a lo anterior, estos sistemas contribuyen al almacenamiento de carbono (Dixon, 1995).

Al mismo tiempo, se puede construir corredores con objetivos productivos (*restauración productiva*), cuya principal función sea la producción de leña y/o forraje, protección de los terrenos o de los cultivos contra el viento (cortinas rompevientos, cercos vivos u otras plantaciones forestales en línea a lo largo de las orillas de los pastos) o contra la erosión; además son sistemas diseñados por el hombre y muchas veces modificados con el tiempo por la naturaleza (Miranda y Ferreira, 1998). En estos casos, la composición de las especies depende de las condiciones ecológicas, las preferencias de los productores y la disponibilidad de las semillas forestales. La siembra de leñosas perennes como postes para la delimitación de potreros o propiedades (cercos vivos) es una práctica tradicional en América tropical (Ivory, 1990; Budowski, 1993; Budowski y Ruso, 1993). En los últimos años, el sistema de cercos vivos ha tomado mayor relevancia económica y ecológica ya que su establecimiento significa un ahorro del 54% en comparación con los cercos convencionales (Holmann et al., 1992), los cuales empiezan a escasear debido a la deforestación, y se adquieren en áreas más alejadas y con precios elevados. Además, los postes de madera muerta para cercar las áreas de pastoreo tienen la desventaja que se pudren y deben ser sustituidos aproximadamente cada cinco años. El uso de los cercos vivos, mediante estacas que tengan la facilidad de establecerse cuando son plantadas (Azcorra-Carvajal, 2005) constituye una forma de reducir la presión sobre el bosque para la obtención de postes y leña y además representa una forma de introducir árboles en los potreros.

Los cercos vivos pueden tener funciones de corredor, siendo importantes en paisajes agrícolas caracterizadas por ecosistemas fragmentados: en Nicaragua se encontraron más de 160 especies de pájaros, murciélagos, escarabajos y mariposas visitando los cercos vivos (Chacón-León y Harvey, 2006); Pizo y Gabriel (2005) investigaron el uso de cercos vivos por aves frugívoras, potenciales dispersoras de semillas, y la lluvia de semillas en un paisaje fragmentado de la Floresta Atlántica, encontrando 42 especies de aves (15 frugívoras) pertenecientes a 11 familias y 44 especies de semillas dispersadas por aves en 12 meses de muestreo, tanto en los fragmentos como en los cercos vivos, con el 95% de especies compartidas entre ambos lugares.

El uso de cercos vivos ha sido escasamente estudiado en México, y la mayoría de los estudios trata solamente de describir las especies utilizadas para los cercos en varios estados, como Tabasco (Alavez, 1983; Chacón, 1994; García, 1993, Maldonado et al., 1998), Veracruz (Reyes y Rosado, 2000) y estudios de especies útiles para la restauración en la Península de Yucatán (Chulim y Tun, 1998; Peñaloza-Guerrero, 2004; Gómez-López, 2006).

Con respecto a lo anterior y en relación a las estacas, algunos estudios sugieren que las técnicas de propagación vegetativa con estacas > 1 m de altura pueden ser de gran utilidad como herramienta de restauración (Gómez-López, 2006; Zahawi, 2008; Zahawi y Holl, 2009), para usarse en cercos vivos (Zahawi, 2005), en corredores forestales para conectar remanentes de vegetación conservados y para organizar sistemas agroforestales (Chacón-León y Harvey, 2006). En cualquier caso, se pueden generar franjas forestales que actúen como corredores a partir de estacas de una o varias especies en conjunto, que tendrán las ventajas antes mencionadas, ahorrando tiempo en el establecimiento desde semilla o plántula de las especies a introducir y, adicionalmente, las estacas una vez enraizadas no necesitan ser trasplantadas.

Uno de los pocos estudios realizados sobre la capacidad de rebrote de especies comúnmente usadas en los cercos vivos y su potencial para utilizarse en proyectos de restauración (Gómez-López, 2006) encontró que la supervivencia de las estacas grandes (1-1.5 m de altura) era mucho mayor que la de las estacas pequeñas (25-50 cm de altura), también reportó que la aplicación auxinas es un factor que aumenta la supervivencia de las estacas de la mayoría de las especies probadas y señaló además, que la zona del árbol de donde provengan las estacas no influye en su capacidad de rebrote ni en su supervivencia (Granzow de la Cerda (1999). Clavo y de la Torre (2002) probaron la capacidad de rebrote de estacas de 80 cm de altura y de dos intervalos de diámetro (3-5 cm y 6-8 cm) de varias especies; la única que enraizó, *Jatropha curcas*, presentó brotes y raíces sin importar su grosor. Carvajal (2005) evaluó el potencial de establecimiento de *Bursera simaruba* a partir de estacas, y encontró una correlación positiva entre la supervivencia, el número de ramas, la biomasa del follaje y el grosor de las estacas introducidas.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la eficiencia en el establecimiento de dos formas de reproducción vegetativa de *Spondias purpurea*, por estacas y esquejes, tanto en campo como en invernadero para su posterior uso en restauración ecológica y en cercos vivos.

1. Objetivos particulares

- Obtener información sistemática de los agricultores de la región sobre las técnicas de propagación que utilizan con la especie.
- Evaluar la efectividad del desarrollo inicial de esquejes en invernadero con varios tratamientos: ácido indolbutírico (AIB), esquejes herbáceos o leñosos, crecimiento en bolsas o tubetes, para conocer el tipo de propagación más eficiente.
- Evaluar el efecto del tamaño y grosor iniciales de las estacas en su establecimiento en un área degradada en la ERABRT y documentar la folivoría.
- Evaluar el establecimiento de esquejes en área degradada en la ERABRT y su propensión a la folivoría.
- Analizar la problemática social asociada al desarrollo de este tipo de experimentos en la ERABRT.
- Generar recomendaciones de tipo práctico para la propagación vegetativa de *Spondias purpurea*.

MÉTODOS

1. Especie de estudio

La *Spondias purpurea* Linnaeus, 1753, es una magnoliópsida, del orden de las Sapindales, perteneciente a la familia Anacardiaceae. El género *Spondias* comprende aproximadamente 15 a 17 especies (dependiendo del autor), incluyendo siete taxa en los Neotrópicos y diez especies en los trópicos asiáticos (Hou, 1978; Macía y Barford, 2000).

Con al menos 180 nombres comunes, y comúnmente conocida en México como ciruela de huesito o jocote, se sugiere que ha sido usada por muchas culturas, y que hay variaciones considerables dentro de la especie (Miller y Schaal, 2005; Ramírez-Hernández, 2004). En la región de Cuentepec se le llama en náhuatl *xocotetl*, o ciruela agria, ciruela de campo (Alavez-Vargas, 2010).

Spondias purpurea es una especie componente el estrato dominante de la selva baja caducifolia y subcaducifolia (Rzedowski, 1978) y crece en una gran variedad de suelos, desde la costa de Sonora hasta Chiapas y la cuenca del Balsas (vertiente del Pacífico). También se encuentra en la depresión central de Chiapas y en el norte de Yucatán y Quintana Roo (Pennington y Sarukhán, 1998).

Es un árbol o arbusto caducifolio, de 3 a 8 m (hasta 15 m) de altura, que alcanza un diámetro a la altura del pecho de hasta 80 cm, las hojas se componen de 5-12 pares de folíolos elípticos, de 2-4 cm de largo, tiene un fruto tipo drupa, de color rojo purpúreo o amarillo, ovoide, de 3 cm de largo por 1.5 de ancho, pulpa de color amarillo, jugosa y agridulce, con un hueso grande, fibroso por fuera; contiene de 1 a 5 semillas (Vázquez-Yanes et al., 1999; Miller y Schaal, 2005).

Los frutos de *S. purpurea* silvestre son usualmente de color rojo brillante, más pequeñas y ácidas que las cultivadas, con menos pulpa rodeando la semilla (Miller y Schaal, 2005; Ramírez-Hernández, 2004). A diferencia de las poblaciones cultivadas, las silvestres se reproducen por semilla y las poblaciones nativas tienen gran variedad de individuos maduros y juveniles presentes en su

estructura de edades. Las semillas son muy pequeñas (12 mm de largo), de germinación lenta y desuniforme, lo que constituye un problema para su producción comercial, por lo cual es propagada vegetativamente a través de estacas (estaca leñosa, grande), plantadas directamente en el campo.

El contraste en morfología y método de reproducción entre las *S. purpurea* silvestres y las cultivadas indica que la especie ha sido alterada genéticamente durante el curso de la domesticación. Durante este proceso, los humanos han seleccionado árboles que tengan frutos más dulces, carnosos y que puedan ser reproducidos con facilidad por estacas (Ramírez-Hernández, 2004; Miller y Schaal, 2005). La plasticidad anatómica y fisiológica observada en *S. purpurea* es relevante e indica plasticidad ecológica, ya que tienen la capacidad de ajustar la morfología y fisiología a los recursos disponibles. Lo anterior puede explicar la gran distribución geográfica en ambientes subtropicales -a pesar de la inminente reducción de su hábitat (Ramírez-Hernández, 2004).

En cuanto a la homogeneidad genética que presentan los cultivos por reproducción vegetativa, hay evidencia filogeográfica de la domesticación de este árbol frutal a través de varios haplotipos¹¹ de *Spondias purpurea* en poblaciones silvestres y cultivadas. Poblaciones de *S. purpurea* cultivada tienen pocas pero únicas secuencias de los alelos¹² del espaciador de *trnG-trnS* de cloroplasto y varios haplotipos no presentes en poblaciones silvestres. La presencia de alelos únicos en cultivo puede reflejar el proceso de extinción de algunas variedades de las selvas estacionalmente secas de Mesoamérica, aunque también indican que algunos hábitats agrícolas pueden estar funcionando como reservorios de variaciones genéticas de *Spondias purpurea* (Miller y Schaal, 2005). La presencia de haplotipos únicos en los hábitats con agricultura informal (jardines, cercas, plantaciones pequeñas) provee soporte para la agricultura tradicional como un importante reservorio de variabilidad genética en especies cultivadas cuando la población nativa de los ancestros silvestres está declinando. Así, se ha visto que

¹¹Haplotipo se define como la constitución genética de un cromosoma individual. Un haplotipo (del griego haploos = simple) es una combinación de alelos ligados a múltiples locus que se transmiten juntos.

¹² **Un alelo** (del griego: ἀλλήλων, allélon: uno a otro, unos a otras) es cada una de las formas alternativas que puede tener un gen que se diferencian en su secuencia y que se puede manifestar en modificaciones concretas de la función de ese gen.

las especies de los cultivos que se dan en una escala regional, que crecen y se venden localmente, sin que tengan las características de la selección intensiva del cultivo a gran escala de la agricultura moderna, con frecuencia tienen gran parecido a sus congéneres silvestres, con formas morfológicas transicionales e intermedias entre las cultivadas y las de sus progenitores (Miller y Schaal, 2005).

Spondias purpurea es una especie de alto valor ecológico, social, y agronómico. Ecológicamente es importante porque presenta un tipo de dispersión de semilla zoocora¹³ y, específicamente se ha reportado que diversas aves, el coyote, el coatí, la zorra gris, el venado, y la iguana ingieren sus frutos y los regurgitan o expulsan posteriormente la semilla (Mandujano et al., 1994; Vázquez-Yanes et al., 1999). El árbol es tutor de orquídeas, se usan los brotes como forraje, la madera es ligera y blanda, y sus cenizas se utilizan en la fabricación de jabón; la corteza, hoja, fruto y resina tienen varios usos medicinales, y ésta última se utiliza como adhesivo. Sus frutos son muy apreciados para el consumo humano en México, frescos se comen crudos y maduros, se usan para elaborar atole, tartas, salsa, vinos y otras bebidas alcohólicas (chicha); también se comen deshidratados, curtidos en alcohol o salmuera, y los inmaduros se adicionan a los frijoles (Vázquez-Yanes et al., 1999; Costa-Lima, 2002).

2. Área de estudio

2.1 Experimento de campo

La Estación de Restauración Ambiental Barrancas del Río Tembembe, o ERABRT, se ubica en la parte noroccidental del estado de Morelos y sureste del estado de México (Ortiz-Pérez, 1978; Fig 2). Forma parte de la cuenca media-alta del Río Tembembe (Gómez-Garzón, 2002), el cual separa las dos laderas principales de la estación (con orientación este y oeste).

¹³ Zoocoria: forma de dispersión de los propágulos en la que el agente que realiza el transporte es un animal.

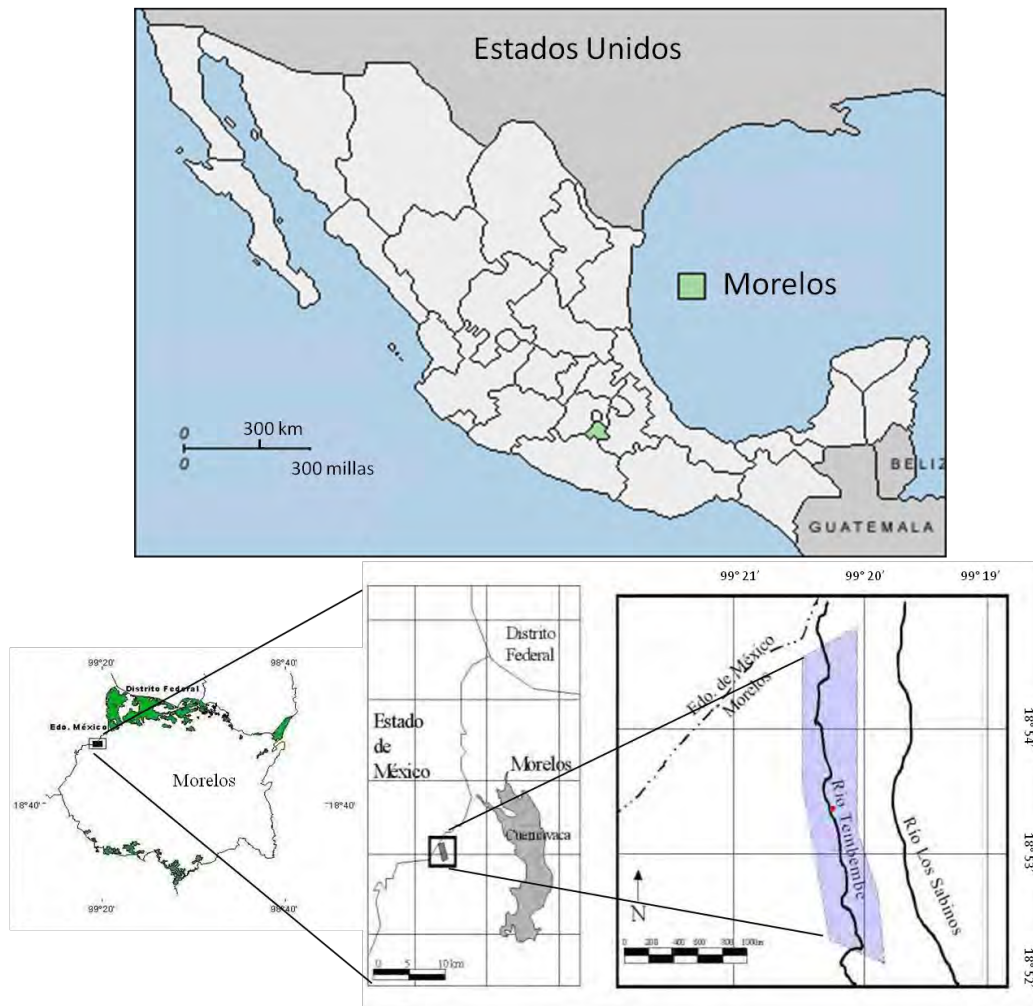


Figura 2. Estación de Restauración Ambiental Barrancas del Río Tembembe o ERABRT, ubicada al NO del estado de Morelos, México. Modificado de Morales (2010).

Se ubica al noroeste de la ciudad de Cuernavaca (lat. $18^{\circ} 53' 21''$, $18^{\circ} 55' 16''$ N y long. $99^{\circ} 20' 03''$, $99^{\circ} 20' 45''$ W), con un gradiente altitudinal que va de los 1500 a los 1700 m snm (García-Flores, 2008). Está a 4.32 km del poblado de Ahuatenco al norte (municipio de Ocuilán de Arteaga, Estado de México), a 5.17 km de la población de Buenavista del Monte al norte y a 5.4 km de Cuentepec al sur (municipio de Temixco, Morelos), al cual pertenecen los terrenos de la Estación (Fig. 3).



Figura 3. Ubicación de la ERABRT y de las poblaciones cercanas: Cuentepec (al cual pertenecen los terrenos de la Estación) al sur y Buenavista del Monte y Ahuatenco al norte, así como zonas arboladas al oeste. Imagen satelital tomada del programa Google Earth.

La ERABRT comprende alrededor de 96 ha de terrenos fuertemente degradados por la actividad antrópica local y regional (Fig. 4). Esta región está asentada geológicamente sobre rocas sedimentarias e ígneas intrusivas y extrusivas de origen volcánico de la formación Cuernavaca, correspondientes a los períodos del Plioceno superior al Cuaternario (Ortiz, 1978 en García-Flores, 2008). El paisaje presenta cierta irregularidad debido al conjunto de barrancas que marcan la topografía del lugar al descender desde la sierra de Zempoala hasta llegar a la sierra de Xochicalco.



Figura 4. Terrenos aledaños al poblado de Ahuatenco, al norte de la ERABRT, gravemente degradados.

Según INEGI, el suelo dominante en la zona es el feozem, con un pH de 6.6 y 26% de arcilla, abarcando 748.18 ha de la zona (63.8%); pero localmente el suelo se diferencia dependiendo de la ubicación en el relieve de la Estación. Debido a que está en una barranca, se pueden distinguir diferentes tipos de suelo: en el hombro de ladera y en el dorso de ladera hay leptosol, (suelo de hasta 25 cm) seguido de una capa continua cementada, de tipo duripán, con poca humedad disponible y con poca cantidad de nutrientes. En las partes bajas de la ladera, como en el piedeladera y la pared de talweg (área de la cabecera de la ladera antes del cauce con el río) hay feozem (Fig. 5), que es un suelo con una capa superficial blanda de color oscuro, rica en materia orgánica y nutrientes (García-Flores, 2008).

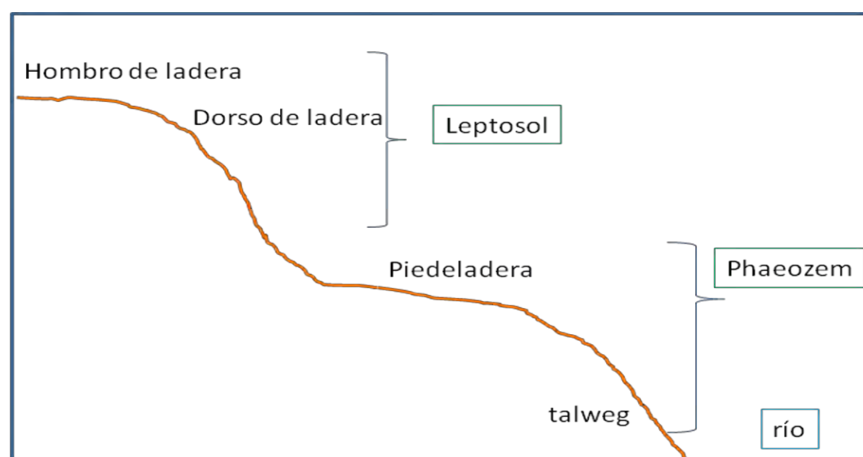


Figura 5. Tipos de suelo y su relación con el relieve de la barranca. Elaborado a partir de García-Flores (2008).

La **temperatura** media anual (TMA) registrada por la estación meteorológica de Cuentepec es de 22°C (máxima de 30°C y mínima de 14.6°C), y la registrada por la estación meteorológica ubicada en la ERABRT es de 20° (aunque con datos incompletos); la **precipitación** está distribuida estacionalmente, y la temporada de sequía puede durar de 5 a 7 meses. Las lluvias comienzan ligeras en mayo y son más marcadas de junio a octubre; la media anual se encuentra entre 1000 y 1200 mm, (Aguilar-Benítez, 1998) la cual denomina al clima de la región como semicálido subhúmedo, el más seco de los subhúmedos **A(C)wo(w)w”(i´)g**.

En la parte norte de las barrancas que surcan la zona del glacis de Buenavista, se encuentra como **vegetación** principal el bosque templado (con bosque de coníferas y *Quercus*), y en la parte sur selva baja caducifolia. En el área de la estación, en las zonas más planas hay pastizal inducido debido a los disturbios por sobrepastoreo (tanto en la superficie cumbral del abanico volcánico, como en los dorsos de las laderas; tiene la mayor cobertura vegetal) y pastizal inducido con huizaches (*Acacia farnesiana*). En las laderas de las cañadas o barrancos se conservan encinares secos (*Quercus glaucooides*), encinares con remanentes de SBC, parches de SBC densa, y pastizal inducido con remanentes de selva baja caducifolia (García-Flores, 2008; Bonfil et al., 2009), y en el fondo de las barrancas hay bosques de galería asociados al río (Aguilar-Benítez, 1998; Camacho-Rico et al., 2006). La composición florística está representada por 42 familias, 98 géneros y 153 especies, siendo Leguminosae la familia representativa con 25% de las especies, seguida de Asteraceae con el 15%. Las especies con mayor valor de importancia son: *Chiococca alba*, *Ateleia pterocarpa*, *Bursera fagaroides*, *Euphorbia schlehtendalii*, *Lantana hispida*, *Quercus glaucooides*, *Salvia sessei* y *Acacia farnesiana* (García-Flores, 2008). Otras especies presentes en la SBC son *Pseudosmodium perniciosum* (asociada con condiciones de disturbio), *Inga vera*, *Heliocarpus pallidus*, *Guazuma tormentosa*, *Phytolaca icosandra*, *Govania lupuloides*, *Justicia salviflora* y *Erythrina americana* (Rzedowski, 1978). Fuera de las cañadas, la mayor parte de los bosques fueron arrasados por los ingenios azucareros a finales del siglo pasado y posteriormente sobrepastoreados; en la actualidad son terrenos de muy baja productividad con cultivos agrícolas y potreros muy magros con tasas de erosión de hasta 80 ton/ha de suelo en algunas zonas, (Gómez-Garzón, 2002, García-Barrios et al., 2005).

En la ERABRT se han realizado diversas investigaciones sobre las principales asociaciones vegetales relacionadas con el estudio del paisaje, el tipo de vegetación apta para la reintroducción en el área probando diversas técnicas (tanto de propagación sexual como vegetativa), su establecimiento y regeneración; las características del suelo, la geomorfología, la generación de ordenamientos territoriales según la aptitud del terreno o del paisaje histórico como referente para la restauración, la ecología fluvial y las prácticas agrícolas y agro-ecológicas (Tobón-Niedfeldt, 2005; Vázquez-Perales, et al., 2005; Vázquez-Perales, 2005, Ulloa-Nieto, 2006; Galindo-Escamilla, 2006; Almazo-Rogel, 2007; García-Flores, 2008; Ayala-García, 2008; Castellanos-Castro, 2008; Barrales-Alcalá, 2009; Martínez-Rosales, 2009; Bonfil et al., 2009; Morales, 2010; Gómez-Cirilo, 2010; Díaz-Martín, 2010; Alavez-Vargas, 2010), y otros trabajos que están en camino.

La ERABRT se creó en el 2003 como resultado de un intenso trabajo de gestión de un grupo de investigadores de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), algunos miembros de la comunidad agraria del poblado de Cuentepec, en el estado de Morelos, y la asamblea general del ejido de Cuentepec, quienes otorgaron en comodato a la UNAM por treinta años parte de sus tierras (97 ha) de uso común al N del poblado, ubicadas en los taludes del Río Tembembe (García-Barrios et al., 2005), las cuales presentan un alto grado de fragmentación y deterioro.

El principal objetivo de la ERABRT, a través del Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias (CRIM), es realizar proyectos de investigación que permitan implementar una serie de proyectos ambientales y sustentables en condiciones de manejo participativo, restaurar ecológicamente ésta área, recuperar los servicios ambientales y productivos que se han perdido, implementar programas multidisciplinarios que impulsen y generen condiciones de educación ambiental y calidad de vida, que permitan a la población aprovechar y manejar en forma sustentable los recursos naturales de las barrancas; y de ser posible, a largo plazo establecer en la ERABRT un área natural protegida comunitaria (García-Barrios et al., 2005).

2.2 Área de recolecta de las estacas

El área de recolecta está situada al poniente de la ciudad de Cuernavaca, en la comunidad de Buenavista del Monte, municipio de Cuernavaca (INEGI, 2006), (lat. 18°56'41" N y long. 99°18'33" W, altitud 1950 m snm). Es una zona aledaña al N de la ERABRT (Fig. 3) a 5.17 km del área del experimento. La comunidad también se encuentra en la región del piedemonte del glacis de Buenavista (Martínez-García y López-Blanco, 2005), y como tal está asentada geológicamente sobre rocas sedimentarias e ígneas intrusivas y extrusivas de origen volcánico de la formación Cuernavaca (Ortiz-Pérez, 1978). Tiene como corriente principal el arroyo Ahuatenco, que comparte con comunidades aledañas del estado de México, y las corrientes de agua más cercanas a la localidad son "El Sabino" y "El Tejocote" (Gómez-Garzón, 2002).

Las unidades de suelo predominantes en esta zona son feozem háplico y litosol con textura media, y andosol húmico + feozem háplico + cambisol dístrico con textura media; el intervalo dominante de las pendientes es de 0 a 10%; la erosión es la mínima, con intervalos de 0 a 20 ton/ha/año (Gómez-Garzón, 2002) Esta zona se caracteriza por permitir la recarga de acuíferos, gracias a la porosidad del suelo y la presencia de bosques, que benefician al valle de Cuernavaca.

La región presenta un clima semicálido **A(C)w2”(w)ig** García (1981) y la TMA es de 17.7 °C (máxima de 23.5 °C y mínima de 11.9 °C; SMN); la precipitación media anual es de 1272 mm y las lluvias caen entre mayo y octubre..

El tipo de vegetación está representado por una zona de transición entre el clima templado del norte del estado, caracterizado por pinos y encinos; y el clima cálido del sur, representado por especies caducifolias y perennifolias de selva baja.

2.3 Invernadero para propagación por esquejes

En el Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias (CRIM), de la Universidad Nacional Autónoma de México, en el campus Chamilpa, se ubicó el invernadero para el establecimiento de los esquejes (lat. 18° 59' 05" N y long. 99° 14' 02" W, altitud 1850 m snm).

La región presenta un clima semicálido subhúmedo **A(C)w2”(w)ig**, con una temperatura media anual de 22.3 °C (máxima de 28.8 °C y mínima de 15.8 °C) y una precipitación total anual de 1213.8 mm (datos obtenidos de la estación meteorológica Cuernavaca, SMN, lat. 18°56'54" N y long. 99°13'51" W).

3. Métodos

3.1 Conocimiento tradicional sobre la propagación de *Spondias purpurea*

Para obtener información de cómo los agricultores de la región llevan a cabo la reproducción por estacas de *Spondias purpurea* (Fig. 6), se elaboró una entrevista (ver Anexo), un cuestionario breve que se aplicó a ejidatarios que poseen la especie plantada en cercos vivos en su propiedad, en Buenavista del Monte. A partir de los datos recabados, se establecieron las especificaciones de las variables a medir descritas a continuación.



Figura 6. Cercos vivos de *Spondias purpurea* en el poblado de Buenavista del Monte.

3.2 Recolecta y propagación por esquejes en invernadero

3.2.1 Tratamientos

En este trabajo se plantearon ocho tratamientos (Fig. 7): utilizando dos tipos de esqueje dependiendo el nivel de lignificación (leñosa y herbácea), por dos

tratamientos con uso de hormonas (AIB; con hormonas y control), y dos tipos de recipiente (bolsa y tubete).

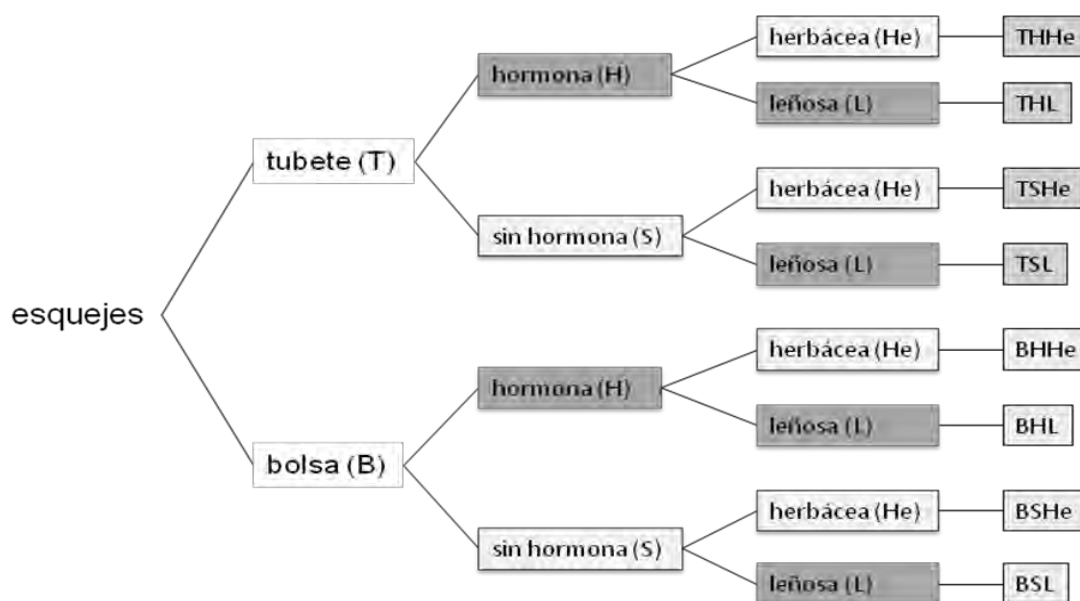


Figura 7. Los tratamientos utilizados en el experimento de esquejes en invernadero y sus claves correspondientes. Dos tipos de recipientes (bolsa y tubete), uso de hormona (con y sin hormona), y dos tipos de lignificación (herbácea y leñosa). De las combinaciones de los tratamientos se derivan las claves con las que se les asignan los nombres: THHe= tubete, con hormona, herbácea; THL=tubete, con hormona, leñosa; TShe=tubete, sin hormona, herbácea; TSL=tubete, sin hormona, leñosa; BHHe=bolsa, con hormona, herbácea; BHL=bolsa, con hormona, leñosa; BSHe=bolsa, sin hormona, herbácea; BSL=bolsa, sin hormona, leñosa.

3.2.2 Recolecta y establecimiento de esquejes

Previo a la recolecta, se localizó la zona y se determinó la temporada adecuada para el corte. La recolecta de los esquejes comenzó temprano (antes de las 10 am) y se buscó que los árboles de donde se obtuvieron estuvieran sanos. Se cortaron los esquejes con varias herramientas tales como: una podadora de ramas de altura, con machete, o con una tijera de mano para ramas; todas previamente limpiadas con cloro. Se recolectaron de por lo menos 15 árboles maduros de diferentes áreas de Buenavista del Monte con el objeto de incluir diversas plantas madres. En el mes de recolecta (marzo) los árboles estaban en estado de reposo, por lo que los esquejes carecían de hojas. Para distinguir visualmente entre

esquejes herbáceos y leñosos se tomaron en cuenta el número de lenticelas¹⁴ que presentaban y la forma de éstas. Entre más edad presentan, tienen mayor número de lenticelas y la forma de las mismas cambia: cuando son más leñosas son la base de las grietas en la corteza, y cuando están más jóvenes –o herbáceas– las lenticelas son redondas, menos numerosas y sin hacerse elipsoides ni agrietarse (Raven et al., 1999). Los esquejes fueron preparados con un corte recto por debajo de una yema basal y un corte recto horizontal por encima de la última yema dentro de la longitud utilizada (aproximadamente 15 a 16 cm, con 1.7 a 2.5 cm de diámetro). Al momento del corte se colocaron en botes con una película de agua de aproximadamente 1 cm de altura para evitar que se deshidrataran los tejidos, cuidando de mantener la orientación de los esquejes. Así se mantuvieron hasta que se plantaron

Las fechas de recolecta y siembra fueron:

Recolecta: Marzo 2009, sábado 15 y domingo 16

Siembra: Marzo 2009, miércoles 18 y jueves 19

*estuvieron 3 días en agua.

Se establecieron tres réplicas de 20 esquejes cada una en el invernadero, con los tratamientos antes mencionados. Se utilizaron 480 esquejes en total por los ocho tratamientos.

Los esquejes fueron inicialmente pesados en una balanza analítica, medidos en longitud con una cinta métrica y en grosor en medio con un vernier; posteriormente fueron etiquetados.

Antes de plantarse se les aplicó ácido indolbutírico (AIB), a los que tenían este tratamiento, con una concentración de 3000 ppm, (fórmula comercial más cercana a la recomendación de 2500 ppm; Zamora-Rosales, 2005), conforme a las instrucciones del producto (**Radix®** líquido).

¹⁴ Las lenticelas son estructuras que aseguran la entrada de oxígeno y el intercambio gaseoso entre los tejidos internos y el exterior que la impermeabilidad de la corteza –corcho– evita. Son porciones del peridermo con numerosos espacios intercelulares y menor suberificación (aerénquima). Se comienzan a formar durante el desarrollo del primer peridermo y en el tallo, generalmente aparecen debajo de un estoma o grupo de estomas. Superficialmente, en raíces o tallos, aparecen como áreas elongadas, ovals o circulares y, conforme crecen, las lenticelas continúan su desarrollo como base de grietas en la corteza en la peridermis recién formada (Raven et al., 1999 y Mauseth, 2009)

El sustrato utilizado en los tubetes fue vermiculita (15%), peat moss (70%) y agrolita (15%). Estos componentes generan en conjunto un sustrato adecuado; dan buena estructura, capacidad de retención de agua y de aireación (Arriaga et al., 1994). Para las bolsas se utilizó como sustrato suelo forestal (llamada tierra de monte o tierra negra) mezclada con agrolita, en una relación de 85% tierra y 15% agrolita, para proveer de porosidad y evitar la compactación del sustrato. Así, cada recipiente implica un sustrato diferente, como un paquete tecnológico envase-sustrato, y se denominará por bolsa y tubete.

Para la fertilización, tanto de las bolsas como de los tubetes, se utilizó pentaóxido de fósforo (P_2O_5) **al 45% no soluble (P45; fórmula comercial “super triple”) de liberación lenta** para mezclar con el sustrato. El fertilizante se agregó con el fin de promover el crecimiento de las raíces, pues el fósforo es el más asociado a este proceso (Fierro-Álvarez, 2003). Se hizo una mezcla con una relación de 450 g de P45 en 80 kg de sustrato para tubete y una mezcla de 144 g de P45 en 240 kg de suelo para las bolsas. Adicionalmente, los tubetes y las bolsas se fertilizaron a partir del día 27 después de la siembra (Tabla 1), y a partir de esa fecha, cada diez días. Para la fertilización por riego se usó una mezcla de fertilizante soluble NPK¹⁵ 9-35-7 con micronutrientes (S, Fe, Zn, Mg, B, Cu, Mo; fórmula comercial Western Fol) con una concentración de 1 g/l inicial, y después de un mes se incrementó la concentración a 5 g/l; esto porque hasta que formen callo o tengan raíces absorben con eficiencia los nutrientes y, pasado ese periodo, se considera que ya lo tienen (así comprobado con una cosecha alterna que también se prueba en el invernadero). La fertirrigación realizada para los tubetes fue de 50 ml y para las bolsas de 250 ml de solución por recipiente, respectivamente.

¹⁵NPK y los números siguientes significan el contenido que el fertilizante tiene de cada uno de los componentes: nitrógeno, fósforo y potasio. Un fertilizante que tiene estos tres componentes se dice que es un “fórmula completa”.

Fechas	Dosis	Días transcurridos desde la plantación
Martes 14 abril 2009	1g/l de fertilizante	27
Jueves 23 abril 2009	1g/l de fertilizante	36
Lunes 4 mayo 2009	1g/l de fertilizante	47
Jueves 14 mayo 2009	5g/l de fertilizante	57
Lunes 25 mayo 2009	5g/l de fertilizante	68
Miércoles 3 junio 2009	5g/l de fertilizante	77
Domingo 14 junio 2009	5r/l de fertilizante	88

Tabla 1. Fechas y cantidades aplicadas en la fertirrigación de los esquejes en invernadero.

3.2.3 Registros ambientales en invernadero

El invernadero utilizado para la reproducción de los esquejes era cerrado, sin control de la humedad atmosférica. El riego se aplicó todos los días o cada tercer día, para mantener la *capacidad de campo* del sustrato constante. Las características ambientales de intensidad lumínica y temperatura de aire en el invernadero se monitorearon con un HOBO® Micro Station, aparato que cuenta con una sonda lumínica, y una sonda térmica, que registran las variaciones de la intensidad lumínica y la temperatura del aire, respectivamente. Las unidades para la intensidad lumínica están dadas en $\mu E = \text{microEinsteins}$ ($1\mu E = 6.02 \times 10^{17}$ fotones/s/m²), y las unidades de la temperatura están dadas en °C= grados Celsius. Se monitoreó sólo el cuarto mes de estancia de los esquejes (91-121 días).

3.2.4 Evaluación de los esquejes

Noventa y seis días después de establecido el experimento se realizó un muestreo destructivo de ocho plantas al azar por tratamiento, sumando un total de 64. De los individuos tomados al azar se midió el peso húmedo inicial, se contó el número de hojas, se anotó si presentaban callo u hongos, el número de brotes y la longitud de la rama más larga. La clasificación –arbitraria- para definir los parámetros, fue:

- ° Yema: hasta 5 mm

- Rebrote: > 5 mm < 2 cm
- Rama: > 2 cm
- FNA: foliolos no abiertos, los cuales no se contaron como hojas.
- Hojas: con foliolos abiertos.

Después, los esquejes se secaron por 12 horas en una estufa a 80 °C para obtener su peso seco, monitoreando hasta que su peso no variara; se obtuvieron el peso seco y el peso de hojas y brotes.

Para la plantación en campo, los esquejes sólo se distinguieron entre el tipo de recipiente, tubetes y bolsas con rebrotes, los cuales se escogieron al azar del invernadero, sólo contando 30 plantas de cada tratamiento, seleccionadas entre las visualmente más vigorosas, con mayor cantidad de rebrotes y hojas. Se obtuvo una relación del porcentaje de esquejes por tratamiento que fueron preferidos al escogerse entre bolsa y tubete para llevarlos al campo.

Después del primer muestreo destructivo, se hizo un último muestreo destructivo con los esquejes que quedaron en el invernadero, para ver si hubo cambios en ese periodo, después de dos meses más de crecimiento, en el cual se continuó con la fertirrigación, el riego a capacidad de campo y todas las demás variables anteriores. En este segundo muestreo destructivo sólo se escogieron los esquejes con algún tipo de rebrote –a diferencia del primero, donde fue al azar-, se midieron los mismos parámetros que en el primero, pero no se evaluaron los tratamientos de la misma manera, ya que no se hicieron repeticiones, sólo se dividió entre los tratamientos por tipo de recipiente (bolsa y tubete) para observar si hubo crecimiento radicular al quinto mes.

Tanto del primero como del segundo muestreo destructivo se obtuvieron los porcentajes del total de esquejes vivos presentes (% de supervivencia) medidos por la presencia-ausencia de brotes en los esquejes y por su estado de turgencia o marchitez. Se juntaron los datos de los tratamientos de hormona, sin hormona, herbácea y leñosa y sólo se distinguió entre el tratamiento del tipo de recipiente (bolsa y tubete), para obtener: el porcentaje de esquejes que presentaron callo, que presentaron hongo y el promedio de la tasa de crecimiento relativo (TCR, tomada a partir de la producción total de biomasa seca).

La TCR se midió con respecto a la variable peso seco total (PS) tomando el tiempo entre el primer y segundo muestreo. Se utilizó la fórmula de Hunt y Parsons (1974) modificada:

$$\frac{\ln x_2 - \ln x_1}{t_2 - t_1}$$

Donde Ln es el logaritmo natural y x la variable a medir total en el tiempo.

3.2.4.1 Análisis estadístico

En cuanto a los resultados del primer muestreo destructivo, se obtuvieron pocos datos para realizar pruebas estadísticas entre tratamientos en términos de producción total de biomasa seca (PS) y de tallos –troncos- y hojas debido al bajo número de esquejes que en el muestreo al azar presentaron algún tipo de rebrote. En el segundo muestreo destructivo no se realizaron análisis estadísticos debido a que no se hicieron réplicas. Por lo anterior, se tomaron los esquejes que presentaron rebrote, juntando los datos de los tratamientos de hormona, sin hormona, herbácea y leñosa y sólo distinguiendo entre los tratamientos que evaluaron el tipo de recipiente (bolsa y tubete). Con los resultados obtenidos del cálculo de la tasa de crecimiento relativo en los dos periodos de muestreo, se compararon estadísticamente los tratamientos de tubete y bolsa a través de un análisis de varianza (ANOVA) de una vía utilizando el programa Statistica versión 6.0, transformando los datos con logaritmo para su normalización cuando fue necesario.

Así, los datos obtenidos de invernadero permitieron conocer a nivel cualitativo las principales diferencias entre tratamientos.

3.3 Diseño experimental (campo)

3.3.1 Selección de esquejes para el trasplante

Del experimento en invernadero se escogieron las plantas con rebrotes visualmente más vigorosas que fueron separadas solamente por tipo de recipiente (bolsa y tubete) Se establecieron en el campo tres réplicas de diez individuos cada una por tratamiento (Fig. 8).

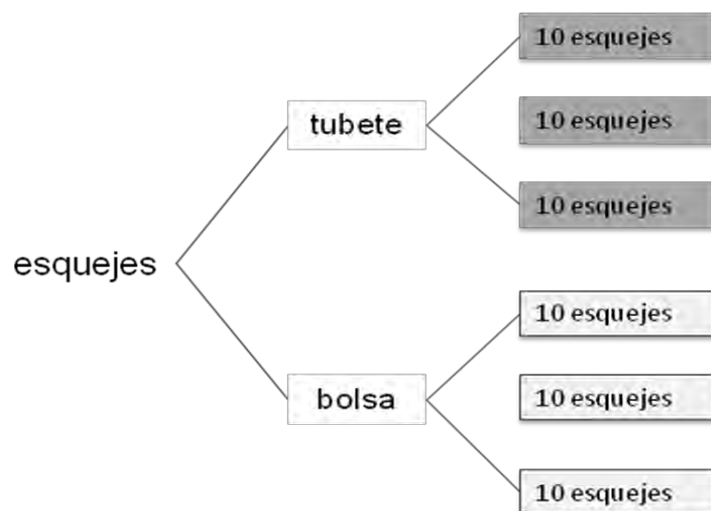


Figura 8. Tratamientos de los esquejes implantados en el campo. Cada tratamiento constó de tres réplicas de 10 esquejes cada una. Se hicieron dos tratamientos, bolsa y tubete.

3.3.2 Tratamientos de estacas

Se probaron dos alturas de estacas, un metro y dos metros, y dos diámetros, que se establecieron en intervalos, por la dificultad de encontrar grosores homogéneos: 15 - 30 cm -delgadas- y 30 - 45 cm -gruesas-, con lo que se obtuvieron cuatro tratamientos: estacas de dos metros gruesas, estacas de un metro gruesas, estacas de dos metros delgadas, y estacas de un metro delgadas (Fig. 9).

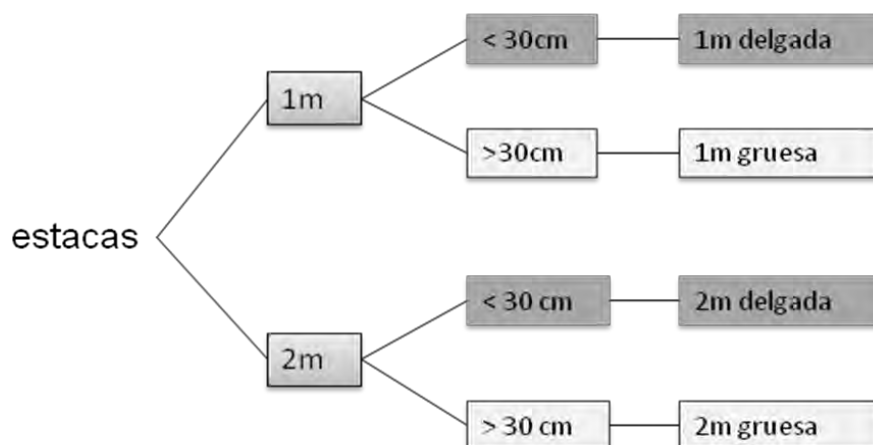


Figura 9. Tratamientos implantados en campo de las estacas. De uno y dos metros, gruesas y delgadas, y sus correspondientes claves.

3.3.3 Sitio de estudio y diseño experimental

El área de trabajo se ubicó a una altitud de 1663 m snm, en el pie de ladera de la ladera este de la ERABRT, ya que esta topografía presenta un mayor espesor de la capa de suelo y un mejor contenido de nutrientes (Ayala-García, 2008).

El acomodo final en la parcela experimental de los tratamientos –tanto de esquejes como estacas- se combinó en tres bloques. Cada bloque contuvo una réplica de bolsa, una de tubete, una de estacas de 1 m gruesas, de 1 m delgadas, de 2 m gruesas y de 2 m delgadas; conteniendo así todos los tratamientos. Cada bloque se denominó Bloque A (BA), Bloque B (BB) y Bloque C (BC), acomodándose en el terreno (Fig. 10) para que las condiciones, tanto de inclinación como de suelo, fueran lo más homogéneas posibles y sin cárcavas. Las coordenadas de la parcela experimental se indican en el esquema.

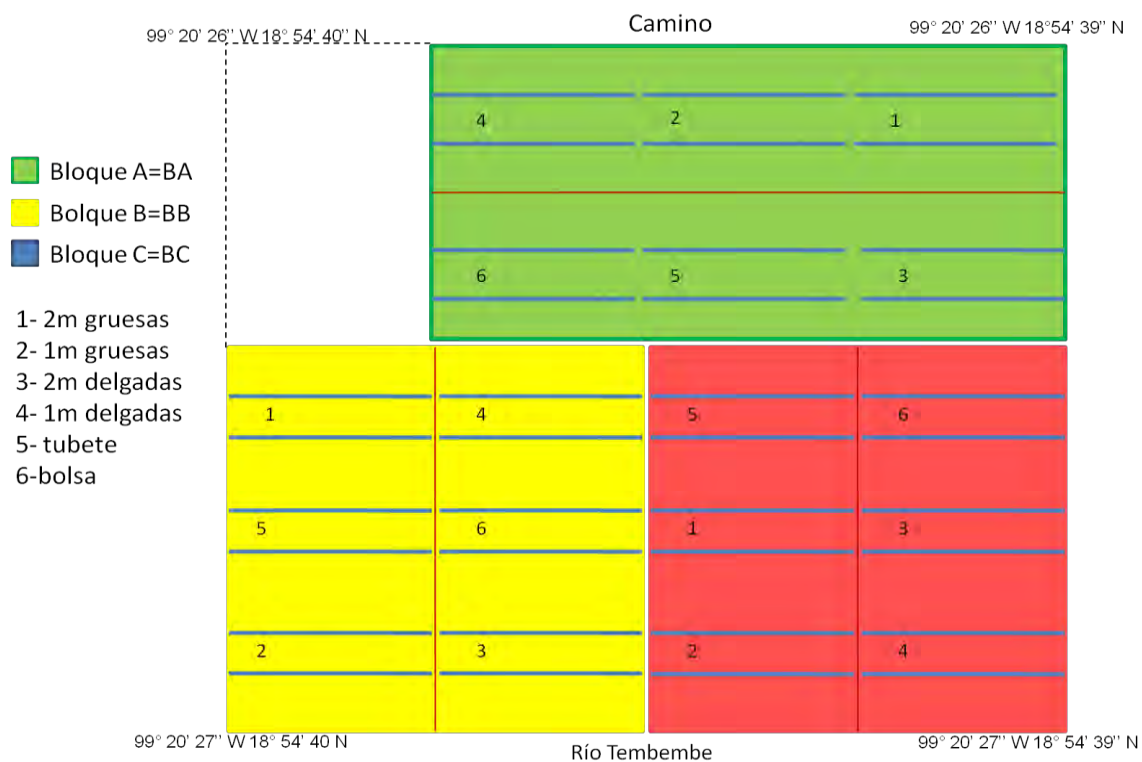


Figura. 10. Ubicación de las parcelas de trabajo y croquis del acomodo espacial de los tratamientos y sus repeticiones en el área de trabajo de la ERABRT

Se obtuvo el promedio mensual de *precipitación*, tomado de la estación meteorológica del Servicio Meteorológico Nacional de Cuentepec (número 17058; lat. 18°42'01" N y long. 99°23'04" W), del año de los monitoreos -2009- y de cinco años anteriores para su comparación (2004-2008).

3.4 Trasplante de esquejes en el campo.

Una semana antes del trasplante se delimitaron parcelas de 40 m² (10 x 4 m), con espaciamentos de 2 x 2 m, ocupando 120 m² por tratamiento, con un total de 240 m²; después se marcaron los puntos para las cepas. Antes de ser perforadas, se deshierbaron todos los puntos de siembra y se les hizo un redondel de 40 cm de radio. Todas las cepas se realizaron con una perforadora de gasolina y tuvieron 30 cm de profundidad.

El trasplante se realizó el día 24 de junio. De los esquejes escogidos en el invernadero, se establecieron tres réplicas en el campo de 10 individuos cada una (para tubete y bolsa), utilizando un total de 60 esquejes (Fig. 11).

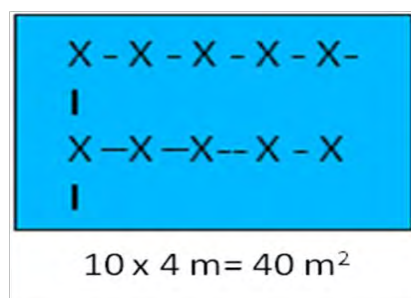


Figura 11. Esquema del acomodo de los tratamientos en campo, en el cual cada guión representa dos metros y cada X representa un esqueje.

Las plantas de tubetes y de bolsas con rebrotes se escogieron al azar del invernadero, sólo contando 30 tubetes y 30 bolsas. Al plantarlas se buscó que conservaran todo el sustrato que les rodeaba, completando con tierra de la parcela experimental. El riego fue el de la temporada, no hubo riego artificial. A lo largo del monitoreo se realizaron dos limpiezas para retirar el exceso de pasto, y en cada monitoreo se limpió un poco el redondel de los esquejes cuando lo necesitaron.

3.4.1 Evaluación de los esquejes

Se evaluó la supervivencia (a partir de la presencia-ausencia de brotes), la longitud de la rama más grande, el número de ramas producidas y el número de hojas producidas mensualmente. Los intervalos utilizados –arbitrariamente- con los que se denominó el tipo de brote fueron:

- Yema: < 0.3 cm
- Rebrote: 0.3 - 2 cm
- Rama: > 2 cm
- FNA: folíolos no abiertos, los cuales no se contaron como hojas.
- Hojas: con folíolos abiertos.
- Las ramas secas no contaron; si estaban verdes -aunque no tuvieran hojas ni FNA- sí se contaron.

La tasa de crecimiento relativo se evaluó con respecto a la longitud de la rama más larga (el incremento en longitud por unidad de tiempo: $\text{cm cm}^{-1} \text{mes}^{-1}$) durante los monitoreos de septiembre, octubre y noviembre para comparar los tratamientos de los esquejes. Se utilizó la fórmula de Hunt y Parsons (1974) antes mencionada.

3.4.1.1 Análisis estadístico

Para el análisis se tomaron los datos desde el primer monitoreo (julio) al quinto (noviembre), del crecimiento en campo.

Para evaluar la TCR de ambos tratamientos (bolsa y tubete) se realizaron pruebas de T para comparar los monitoreos que contaron suficientes datos, que fueron los periodos de julio-agosto y de agosto-septiembre. No se realizó una ANOVA factorial por el alto error estándar que presentó el segundo periodo de agosto-septiembre y la diferencia de *n* entre los periodos.

Para conocer las diferencias en cuanto a producción de brotes aéreos entre tratamientos, se dividió la evaluación en número de **yemas, rebrotes y ramas** de cada mes. Se utilizó el programa Statistica versión 6.0, para realizar pruebas de T cuando su distribución fue normal, y una prueba de Mann-Whitney U cuando no pudieron normalizarse los datos.

Tanto en la evaluación de la TCR, como en la de los parámetros de brotes aéreos, los tratamientos con pocos datos se omitieron para realizar las pruebas estadísticas, debido al bajo número de individuos sobrevivientes.

3.4.2 Folivoría

Se evaluó la folivoría al sexto mes y al final de los monitoreos (monitoreo 10) de acuerdo al método utilizado por Benítez-Malvido et al., (1999); en el cual, el daño se determina como el porcentaje del área foliar afectada usando categorías de daño evaluadas cualitativamente: 0 = hojas sin folivoría; 1 = 1 – 5%; 2 = 6 – 12%;

3 = 13 – 25%; 4 = 26 – 50% y 5 = 51 – 100%. Cada hoja es asignada a alguna de estas categorías, y el conjunto de hojas por individuo o por población se utiliza para definir un Índice de Herbivoría (IH) como:

$$ID = \sum_{i=1}^5 n_i(C_i)/N$$

X_i es la categoría de daño, n_i es el número de hojas que presenta una de las categorías de daño y N es el número total de hojas estudiadas (Benítez-Malvido et al., 1999).

3.5 Recolecta y propagación por estacas en campo

Como ya se mencionó, se probaron cuatro tratamientos: estacas de dos metros gruesas, estacas de un metro gruesas, estacas de dos metros delgadas, y estacas de un metro delgadas.

Para establecer los tratamientos anteriores, las estacas se recolectaron de por lo menos 15 árboles maduros sanos, de mínimo 3 m de altura, con hacha o machete limpio, de sitios diferentes dentro de la comunidad de Buenavista del Monte y con un intervalo máximo de 14 días.

Con el fin de dar un tiempo de secado, se recolectaron de 15 a 25 días antes de ser plantadas con base en la información que se obtuvo de los pobladores. Una vez cortadas las estacas se llevaron a la estación para cumplir con el tiempo de secado. En el mes de recolecta (mediados de mayo) los árboles ya presentaban hojas, pero para homologar las condiciones con los esquejes, se les retiraron. Al igual que las estacas pequeñas, se marcaron y delimitaron las parcelas y se limpió de pasto un redondel de 40 cm de radio alrededor de cada cepa de siembra. Los hoyos se hicieron con una perforadora de gasolina, con una profundidad de 30cm, donde se colocaron las estacas.

Se establecieron tres réplicas (bloques) por tratamiento con 10 individuos cada una, con un diseño experimental de bloques al azar, ubicando tres parcelas en el área de estudio con un área total por parcela de 40 m² (10 x 4 m), dejando un espacio de 2 x 2 m entre estacas, igual que para los esquejes (Fig. 11). Se utilizaron en total 120 estacas y 120 m² de área por tratamiento, con un total de 480 m² para el experimento.

La fecha de plantación fue el 24 de junio, a la par que los esquejes y al inicio de las lluvias más intensas. No hubo riego artificial. La limpieza de pasto alrededor de las estacas se realizó sólo cuando fue necesario, pero sucedió pocas veces.

3.5.1 Evaluación de las estacas

Los parámetros utilizados fueron idénticos a los utilizados para la evaluación de los esquejes en el campo (sección 2.4.1). Los monitoreos comenzaron el 30 de junio para *estacas* y *esquejes*, tomándose como monitoreo 1 el mes de julio de 2009, y terminando los monitoreos en el mes de abril de 2010.

Se evaluó la TCR como se mencionó antes.

3.5.1.2 Análisis estadístico

Se tomaron en cuenta los datos a partir del tercer al quinto mes de monitoreo en campo, que corresponden a septiembre, octubre y noviembre, para analizar las diferencias en cuanto a producción de yemas, ramas y rebrotes entre los tratamientos, porque a partir de ese monitoreo se consideró que habían rebrotado la mayoría de las estacas. A partir del quinto mes las estacas empezaron a morir por el ataque de las plagas, y se tomó como un factor externo a la capacidad de rebrotar de las estacas.

se compararon los tratamientos de cada periodo de medición utilizando la paquetería Statistica versión 6.0. Los datos fueron normalizados con Log cuando fue necesario; se compararon a través de un análisis de varianza (ANOVA) de una vía cuando presentaban una distribución normal, y a través de una prueba de Kruskal-Wallis cuando no pudieron normalizarse.

Para evaluar la TCR se usaron dos periodos de análisis, el primero de septiembre-octubre, y el segundo de octubre-noviembre, para comparar los cuatro tamaños de las estacas a través de una ANOVA de una vía. No se realizó una ANOVA factorial por el alto error estándar que presentó el periodo de septiembre-octubre y la diferencia de **n** entre los periodos.

Tanto en la evaluación de la TCR, como en la de los parámetros de brotes aéreos, no se utilizaron todos los tratamientos establecidos por el bajo número de individuos sobrevivientes en algunos de ellos.

3.5.2 Folivoría

Al igual que para los esquejes, se evaluó la categoría de daño por folivoría al sexto mes y al final de los monitoreos (monitoreo 10) como se describió antes.

3.6 Análisis de los aspectos sociales en la ERABRT

Con el fin de visualizar de forma gráfica los flujos y factores sociales presentes en la ERABRT, se recopiló información bibliográfica de índole social sobre la instauración de la ERABRT en territorio del pueblo de Cuentepec, al que pertenece la estación, así como información histórica de esta misma población y de sus relaciones con otras comunidades, y de la experiencia adquirida en la realización del experimento, se construyó un diagrama que enumera los diferentes puntos que pueden tener influencia en un proyecto de investigación de restauración en la ERABRT.

RESULTADOS

1. Conocimiento tradicional sobre la propagación de *Spondias purpurea*

Las entrevistas a los pobladores de Buenavista del Monte para obtener información sobre su conocimiento del estacado de *Spondias purpurea*, se realizaron a aproximadamente el 75% (15 personas) de los pobladores que la tienen sembrada como cerco vivo.

De los entrevistados, siete fueron mujeres y ocho hombres, registrando que los nombres comunes encontrados para *Spondias purpurea* fueron: ciruela, ciruelo y ciruela de huesito.

Los pobladores prefirieron **las estacas lignificadas (“macizas”) a las no lignificadas** y las estacas gruesas a las delgadas (Figura 12). La longitud promedio más utilizada por los agricultores en las estacas es de 2.10 m (Figura 13) y la profundidad a la que entierran la estaca para sembrarla tiene un promedio de 48 cm (Figura 14).

Los entrevistados dijeron preferir plantar las estacas en el sol (73%), y no en la sombra (27%) y se les preguntó si le dejaban hojas a la estaca, aunque se sabe que la recolectan en la época en que no tienen hojas (Figura 15). Las estacas las obtienen de cualquier parte del árbol, no importa si es un área del árbol que recibe sol o sombra (Figura 16).

Preferentemente los agricultores dejan **“descansar” a la estaca** antes de plantarla (Figura 17) con intervalos variables, y la mayoría optó por un descanso de 15 días (Figura 18). También, la preferencia por los meses en los que se cortan las estacas presentó cierta variabilidad entre los entrevistados, siendo febrero y marzo los preferidos por el mayor número de personas (Figura 19). La época para plantar las estacas es principalmente a inicio de la temporada de lluvias, como mayo, o cuando la precipitación es más abundante (Figura 20).

Normalmente las estacas plantadas tienen un promedio de supervivencia de 8.4 estacas por cada 10 sembradas (84%); presentan un crecimiento rápido, pues rebrotan en pocos meses y en uno o dos años comienzan a florecer (Figura 21).

Los pobladores usan *Spondias purpurea* principalmente para cercos vivos, por su fruta y muy poco como madera para leña o para forraje de ganado (Figura 22).

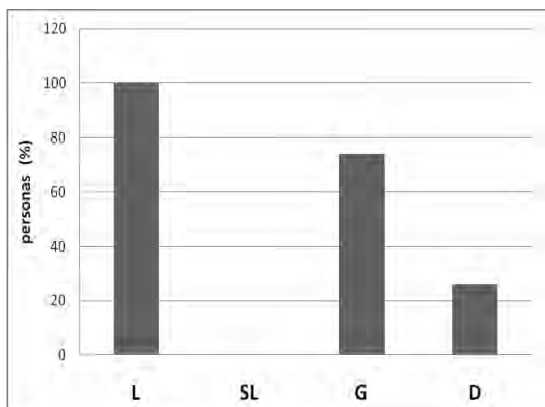


Figura 12. Porcentaje de entrevistados que prefieren ciertas características en las estacas. L=lignificadas, SL=sin lignificar G=gruesas, D=delgadas

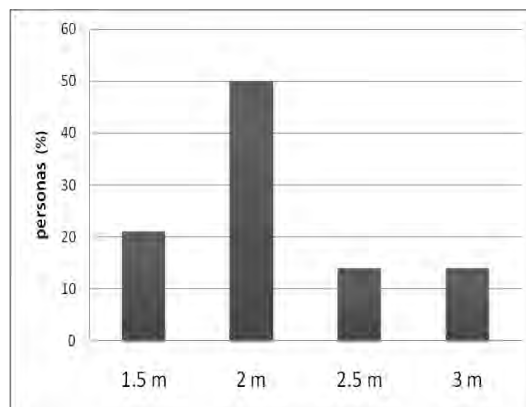


Fig. 13 Porcentaje de entrevistados que prefieren determinada longitud de las estacas cuando se cortan

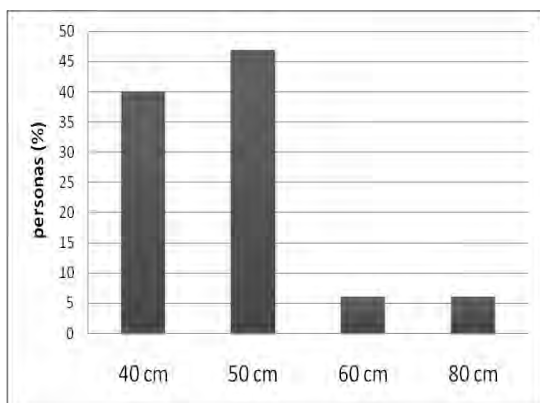


Fig. 14 Porcentaje de entrevistados que prefieren determinada profundidad de siembra de las estacas.

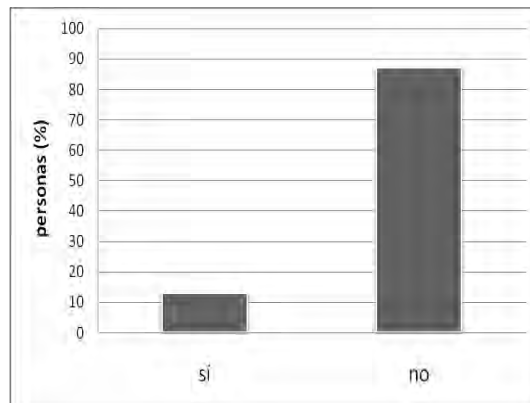


Fig. 15 Porcentaje de entrevistados que dieron importancia a la presencia de hojas en la introducción de las estacas

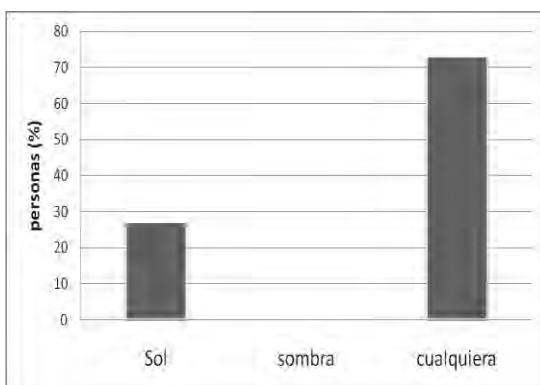


Fig. 16 Porcentaje de entrevistados que prefieren cierto tipo de exposición al sol del árbol de donde se obtienen las estacas.

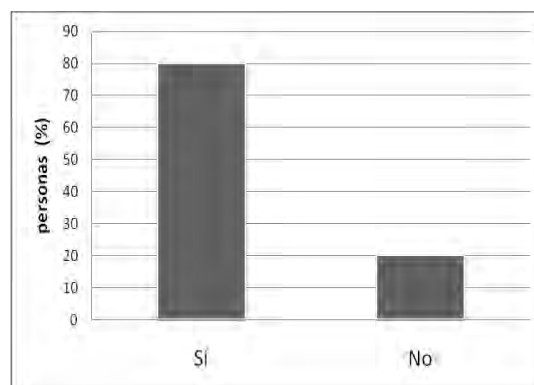


Fig. 17 Porcentaje de entrevistados que dan o no importancia a un periodo de secado después del corte de la estaca.

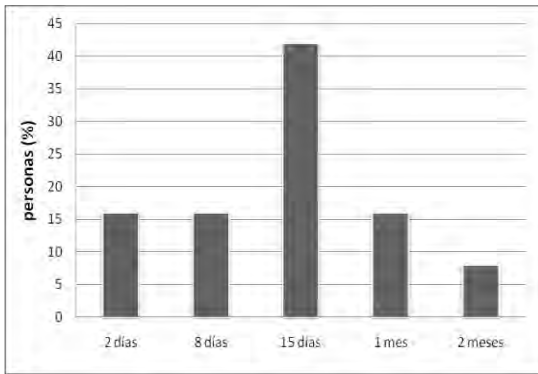


Figura 18. Porcentaje de entrevistados que prefieren un determinado tiempo de descanso para las estacas después del corte y antes de la plantación.

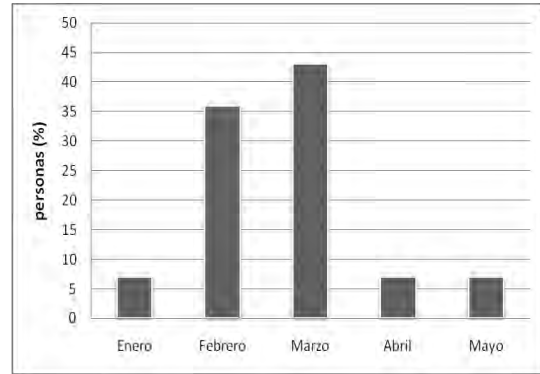


Figura 19. Porcentaje de entrevistados que consideran ciertos meses como los más adecuados para el corte de las estacas.

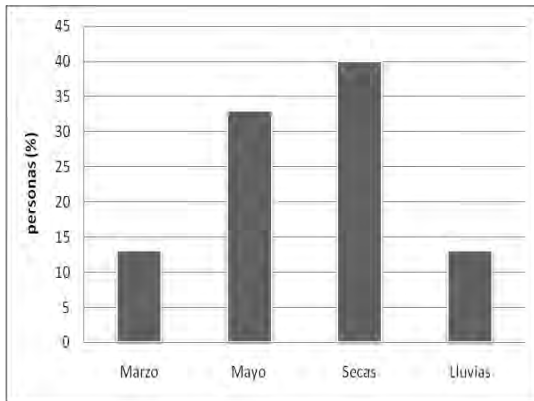


Figura 20. Porcentaje de entrevistados que opinan sobre cuáles son los mejores periodos para la siembra de las estacas.

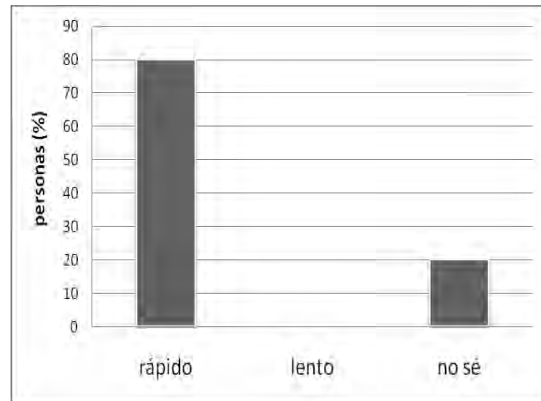


Figura 21. Porcentaje de entrevistados que perciben la velocidad de crecimiento y rebrote de las estacas.

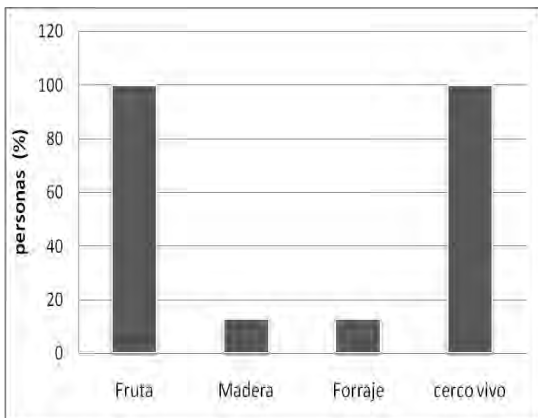


Figura 22. Porcentaje de entrevistados que prefieren determinados usos para *Spondias purpurea*. Las respuestas no son mutuamente excluyentes.

Por otra parte, se recibieron algunos datos y consejos extra, como que preferentemente se debe cortar con un machete o hacha, no con una motosierra; que la *Spondias purpurea* a veces tiene plaga y es el llamado por ellos de “chahuistle”, que se deben podar o “derramar” para que cada año den frutos; que el tiempo que se dejen sin plantar las estacas deben permanecer en posición vertical. Las personas que dieron el dato del diámetro para las estacas, recomendaron usar 20 cm en promedio y que se deben preferir ramas muy derechas, cortando de manera horizontal, no oblicua. También comentaron que

la longitud está en función del ganado, lo que significa que, entre más alta la estaca, menos probabilidades de que le coman los retoños, y por último refirieron que, una vez enterradas, no deben moverse para que puedan enraizar.

2. Propagación por esquejes en invernadero

2.1 Características del invernadero

Las condiciones ambientales registradas en el invernadero con un HOBO® Micro Station fueron las siguientes:

	Intensidad lumínica (μE)	Temperatura del aire ($^{\circ}\text{C}$)
Máx.	1186.2	36.82
Mín.	1.2	13.01
Promedio diario	491.73	23.68
Promedio total		21.75

Tabla 2. Características ambientales del invernadero durante el cuarto mes (91-121 días). Donde μE = microEinsteins ($1\mu\text{E}=6.02 \times 10^{17}$ fotones/s/m²) y $^{\circ}\text{C}$ = grados Celsius

2.2 Evaluación de los esquejes en invernadero

2.2.1 Evaluación inicial de los esquejes en invernadero

Las dimensiones iniciales de los esquejes que fueron medidas son peso, longitud y diámetro, los datos promedio se observan en la Figura 23 (a, b, c). El único tratamiento que tuvo peso promedio más alto fue TShe con 48.54 g, mientras que los demás se mantuvieron con valores muy cercanos entre sí.

En cuanto a longitud, las diferencias no fueron marcadas. En diámetro los esquejes que presentaron mayor grosor fueron del tratamiento BHHe, con 2.21 cm, y con el menor diámetro los del tratamiento THL, con 1.71 cm.

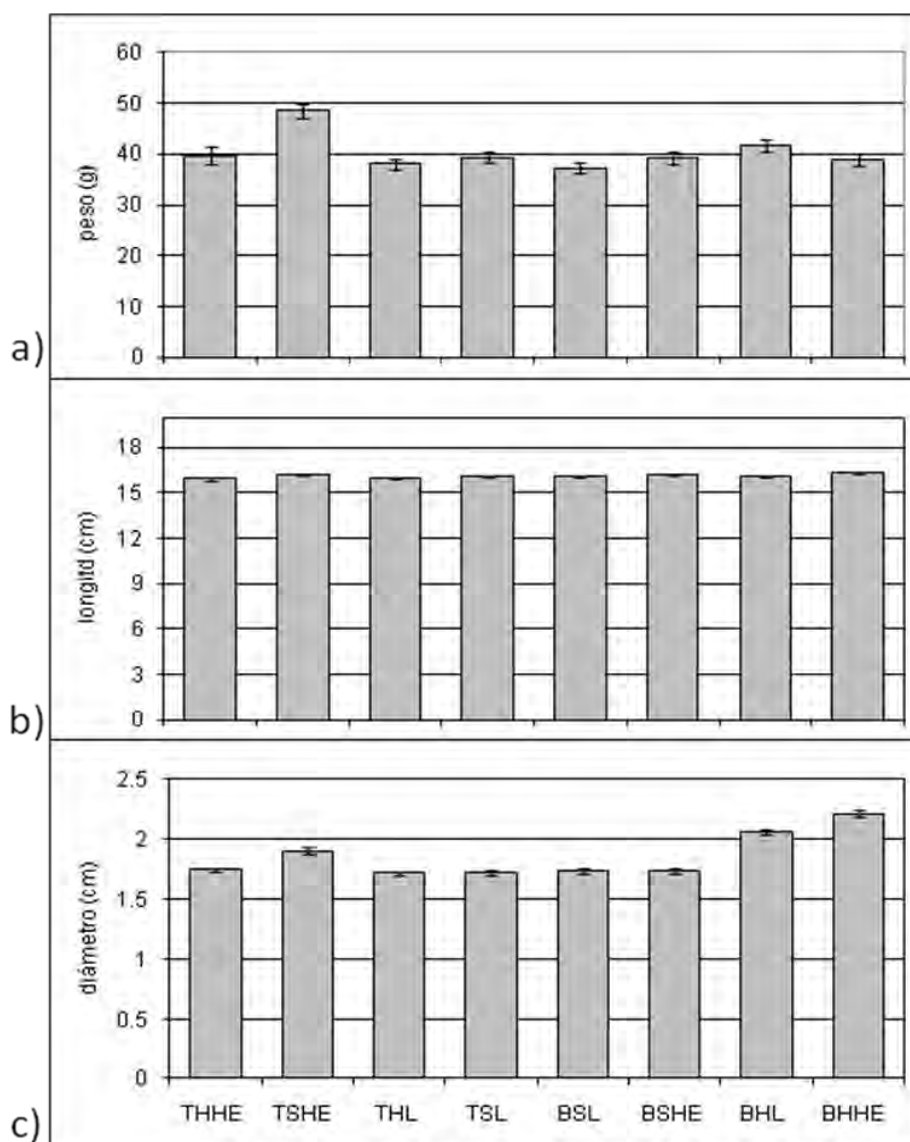


Figura 23. Distribución del peso fresco (a), longitud (b) y diámetro (c) promedio de los esquejes de *Spondias purpurea* en cada uno de los tratamientos. Las claves de los tratamientos son: THHe= tubete, con hormona, herbácea; TSHe=tubete, sin hormona, herbácea; THL=tubete, con hormona, leñosa; TSL=tubete, sin hormona, leñosa; BSL=bolsa, sin hormona, leñosa; BSHe=bolsa, sin hormona, herbácea; BHL=bolsa, con hormona, leñosa; BHHe=bolsa, con hormona, herbácea.

2.2.2 Evaluación de la supervivencia

Los esquejes presentaron una supervivencia promedio de 27% (tubete y bolsa ambos con 27%). El tratamiento con mayor supervivencia fue el que utilizó

estacas leñosas con hormonas, sin embargo el uso del recipiente de bolsa presentó una ligera ventaja sobre de tubete (45% y 38% respectivamente). Los tratamientos que presentaron la supervivencia más baja (20%) fueron BHHe y TSL (Fig. 24).

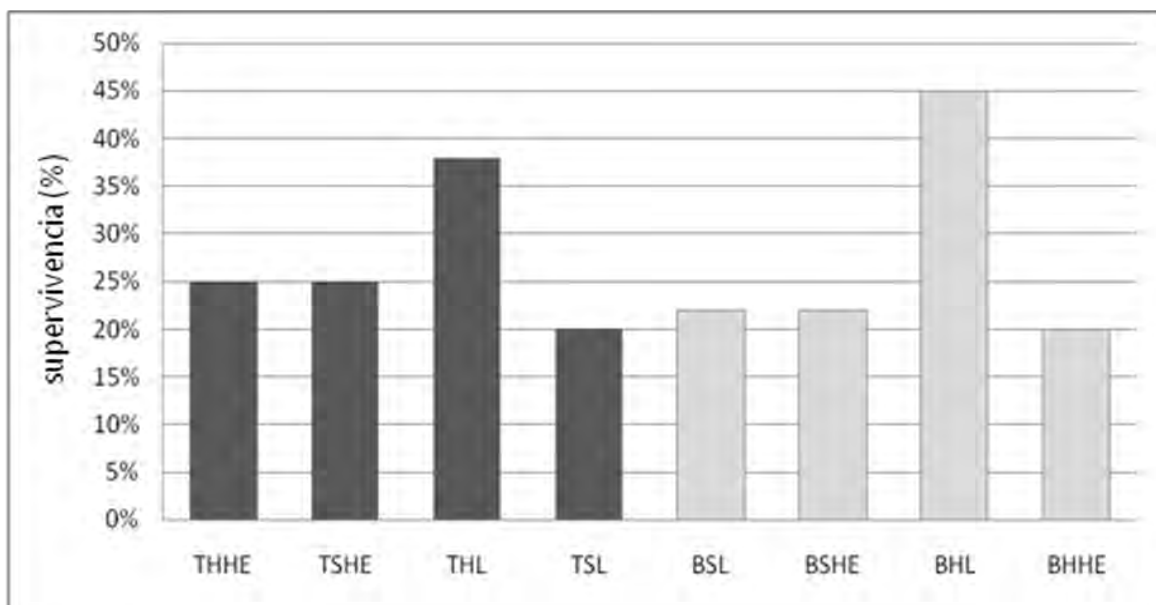


Figura 24. Porcentaje de supervivencia de *Spondias purpurea* al final del experimento en invernadero en cada uno de los tratamientos. Las barras en gris oscuro corresponden a los tratamientos de tubetes y las claras a los de bolsa. Las claves de los tratamientos son:
 THHe= tubete, con hormona, herbácea; TSHe=tubete, sin hormona, herbácea;
 THL=tubete, con hormona, leñosa; TSL=tubete, sin hormona, leñosa; BSL=bolsa, sin hormona, leñosa; BSHe=bolsa, sin hormona, herbácea; BHL=bolsa, con hormona, leñosa; BHHe=bolsa, con hormona, herbácea.

Se observó que hubo un periodo en que los esquejes rebrotaron mucho (en las primeras semanas después de plantados), pero después de un tiempo algunos comenzaron a morir. A pesar de no haber sido un parámetro a medir, se registró que muchos de los esquejes vivos evaluados presentaban callo, y algunos hongo en la base del esqueje; este último sólo en los tratamientos de bolsa.

Del primer muestreo destructivo, se tomaron los esquejes vivos como el 100%, y el porcentaje total de esquejes que presentaron callo fue de 65%. De éstos, si separamos solamente entre bolsa y tubete, el tratamiento de bolsa tuvo 91% de callo en los esquejes con brotes y el tratamiento de tubete tuvo 40% de callo en los esquejes con brotes.

En el segundo muestreo destructivo, entre bolsa y tubete, se observó un 95% de esquejes que presentaron callo en el tratamiento de bolsa, y 25% de presencia de callo en el tratamiento de tubete (Fig. 25). En cuanto a la presencia de hongo, sólo se presentó en un 35% de los esquejes del tratamiento de bolsa, y 0% en el tratamiento de tubete.

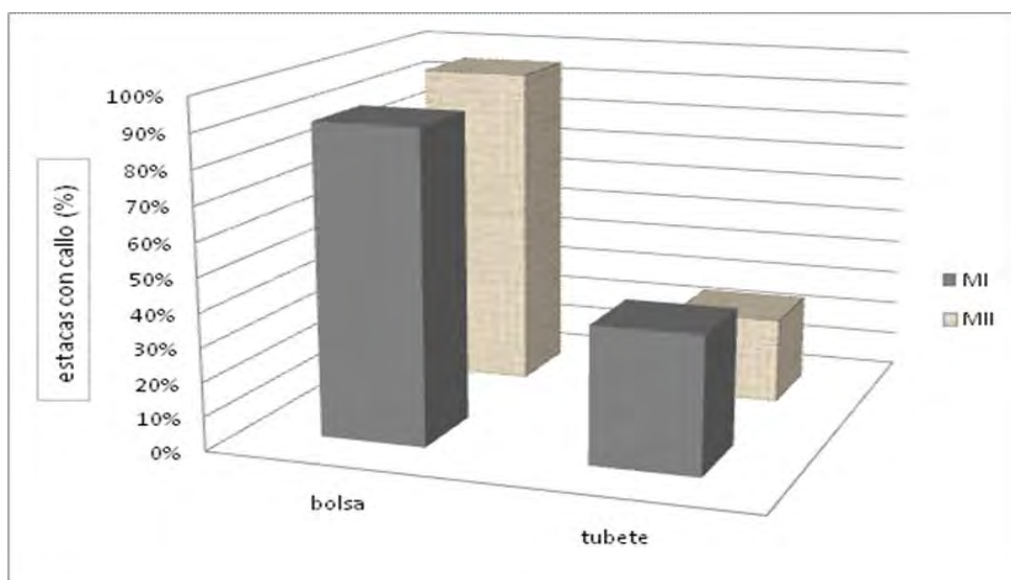


Figura 25. Porcentaje de esquejes que presentaron callo en los tratamientos de bolsa y tubete; MI representa el primer muestreo destructivo y MII el segundo muestreo destructivo.

Después de los dos muestreos destructivos se constató que ningún esqueje tuvo crecimiento radicular; excepto uno, que fue llevado a campo para su siembra.

2.2.3 Selección de esquejes para el campo

Se hizo una relación de los esquejes por tratamiento que fueron seleccionados entre bolsa y tubete para llevar al campo. De tubete (Fig. 26) se prefirió el tratamiento de tubete, con hormona, y leñosa (THL, 37%), y el que menos fue llevado a campo fue el tratamiento de tubete, sin hormona, leñosa (TSL, 17%).

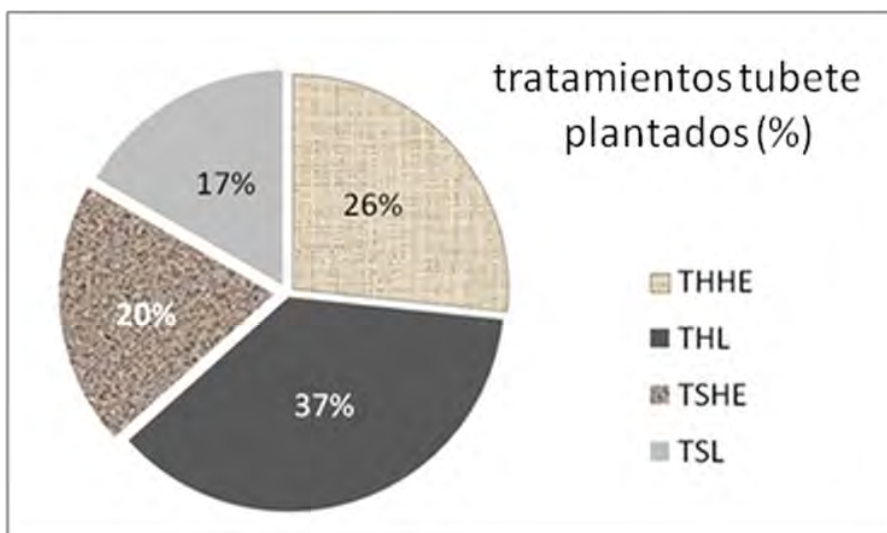


Figura 26. Porcentaje de esquejes llevados al campo que pertenecen a los diferentes tratamientos de tubete. Las claves de los tratamientos son: THHe=tubete, con hormona, herbácea; THL=tubete, con hormona, leñosa; TSHe=tubete, sin hormona, herbácea; TSL=tubete, sin hormona, leñosa

En cuanto al porcentaje de esquejes por tratamiento de bolsa (Fig. 27) llevadas al campo el mayor porcentaje lo obtuvo el tratamiento correspondiente a bolsa, con hormona y leñosa (BHL, 40%) y el menos escogido fue el de bolsa, con hormona, herbácea (BHHe, 10%). A pesar de haber podido escoger más uniformemente los esquejes de los tratamientos, se observa una preferencia por BHL y THL.

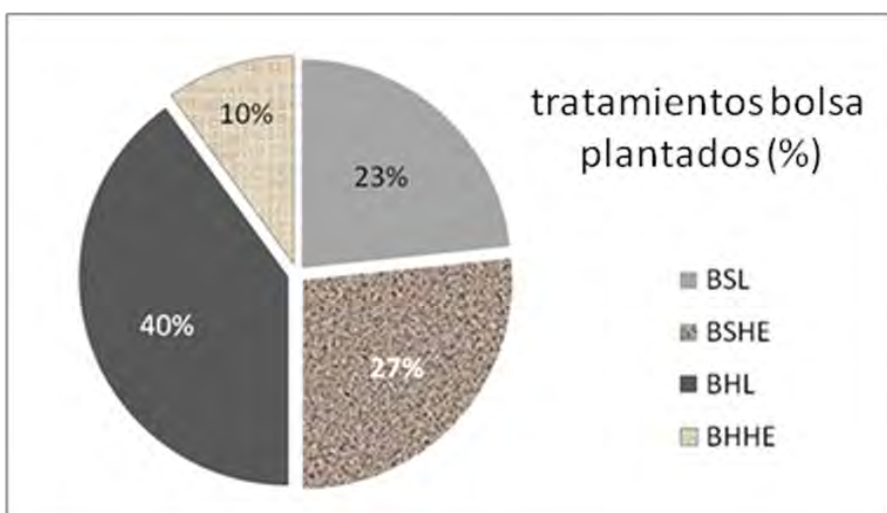


Figura 27. Porcentaje de esquejes llevados al campo que pertenecen a los diferentes tratamientos de bolsa. Las claves de los tratamientos son: BSL=bolsa, sin hormona, leñosa; BSHe=bolsa, sin hormona, herbácea; BHL=bolsa, con hormona, leñosa; BHHe=bolsa, con hormona, herbácea

2.2.4 Evaluación de la TCR

No se encontraron diferencias significativas entre las tasas de crecimiento relativo de los esquejes de los envases de bolsa y tubete ($F= 0.47$; $P> 0.05$), aunque la TCR promedio de bolsa fue un poco más alta (Tabla 3).

Tratamiento	TCR ($\text{g g}^{-1} \text{mes}^{-1}$)
Bolsa	1.26 ± 0.07
Tubete	1.18 ± 0.12

Tabla 3. Tasa de crecimiento relativo (TCR) \pm error estándar promedio de los tratamientos de bolsa y tubete en invernadero.

3. Propagación por estacas y esquejes en campo

3.1 Precipitación del área de estudio

Se graficaron los datos obtenidos del promedio mensual de precipitación de la estación meteorológica del Servicio Meteorológico Nacional de Cuentepec de los años 2004-2009 (Fig. 28). Se puede observar que en 2009 se registró el más bajo índice de precipitación en los meses de julio (3.05 mm/día) y agosto (4.13 mm/día), al inicio precisamente de la plantación, contra un promedio de 7.45 mm/día en julio y un promedio de 8.74 mm/día en agosto de los años 2004-2008. En el mes de septiembre del 2009 se registró un aumento considerable, con 11.6 mm/día, contra un promedio de 6.93 mm/día en promedio entre 2004 y 2008.

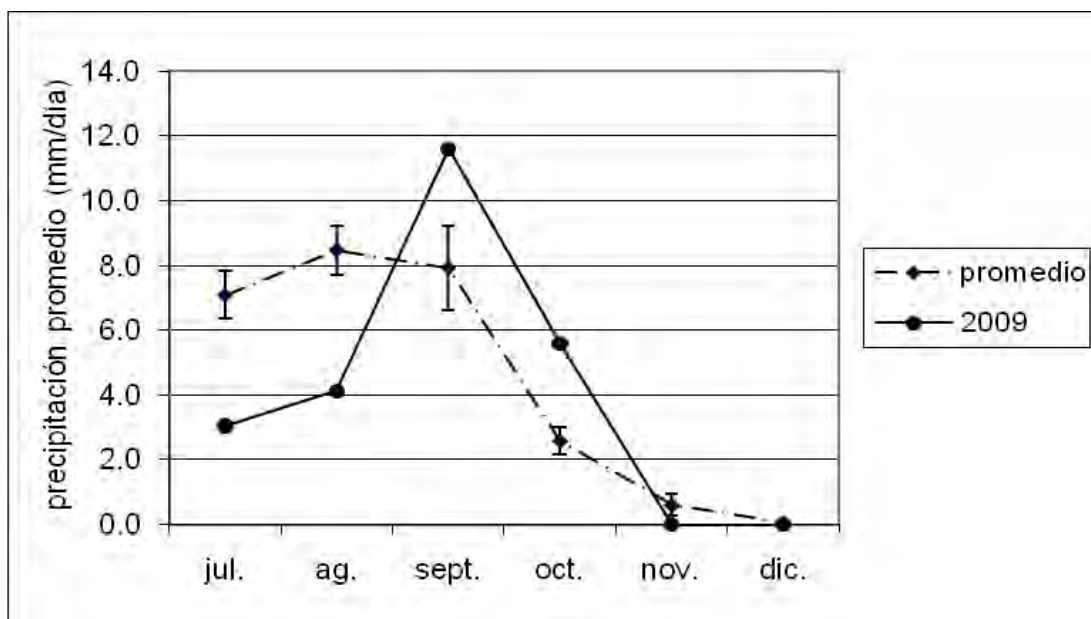


Figura 28. Promedio de precipitación mensual de los años 2004-2009 (mm/día; sin datos para el año 2007). El año 2009 se indica por una línea continua; se observa que julio fue el mes donde hubo menor precipitación.

3.2 Evaluación de esquejes y estacas

3.2.1 Evaluación inicial

Los esquejes fueron evaluados desde su estancia en el invernadero.

De las estacas se tomaron los datos iniciales de altura y diámetro a la altura de la base (DAB); el promedio de los cuatro tratamientos se presenta en la Tabla 4. Las estacas consideradas de un metro presentan en promedio 79 cm, y las estacas consideradas de dos metros tuvieron un promedio de 1.95 m. En grosor, las estacas consideradas como delgadas tuvieron un diámetro promedio de 23 cm, mientras que en las gruesas fue de 37 cm. Se debe tomar en cuenta que se midieron una vez plantadas, por lo que tienen en promedio 30 cm enterradas, y el DAB cambia ligeramente al esperado por haberse considerado la medida en la base, que quedó enterrada.

	1 metro	2 metros
Altura	79.2 ± 1.02 cm	194.5 ± 1.9 cm
	delgadas	gruesas
DAB	23.3 ± 0.59 cm	36.9 ± 0.57 cm

Tabla 4. Promedio ± error estándar de la altura y el DAB de las estacas para cada tratamiento.

3.2.2 Evaluación de la supervivencia

En términos generales, la supervivencia promedio de los tratamientos (Fig. 29), para el último mes de muestreo fue prácticamente nula tanto de estacas como de esquejes.

En cuanto al porcentaje de supervivencia de los esquejes, el de bolsa se mantuvo con un 20% hasta el quinto monitoreo, y el de tubete con sólo 6.7%, para después disminuir aun más.

Para los tratamientos de estacas, el mayor porcentaje de supervivencia hasta el quinto mes corresponde al tratamiento de 2 m, delgadas, con 43.3% –el nivel más alto-, seguido de 2 m gruesas con 36.7 % y luego por 1 m gruesas con 30%. (Tabla en Anexo).

A diferencia de los esquejes, donde todos los elementos fueron introducidos presentando rebrotes aéreos, las estacas al momento de la plantación no presentaban rebrotes, sino que fueron rebrotando a lo largo de los meses. Debido a este rebrote diferencial se tuvieron datos para los análisis estadísticos hasta el 3er monitoreo, y a pesar de eso no todos los tratamientos alcanzaron niveles de rebrote altos, como el tratamiento de estacas de 1 m delgadas (no superó el 50%). También se observó en los monitoreos de brotes que fácilmente cambió el número de yemas, rebrotes y hojas de un mes a otro, siendo un poco más estable el número de ramas; aunque también se observaron ramas necrosadas.

A partir del quinto monitoreo (noviembre), en *estacas* se observó una tendencia a una mayor supervivencia en el tratamiento de 2 m gruesas y una caída rápida en los demás tratamientos.

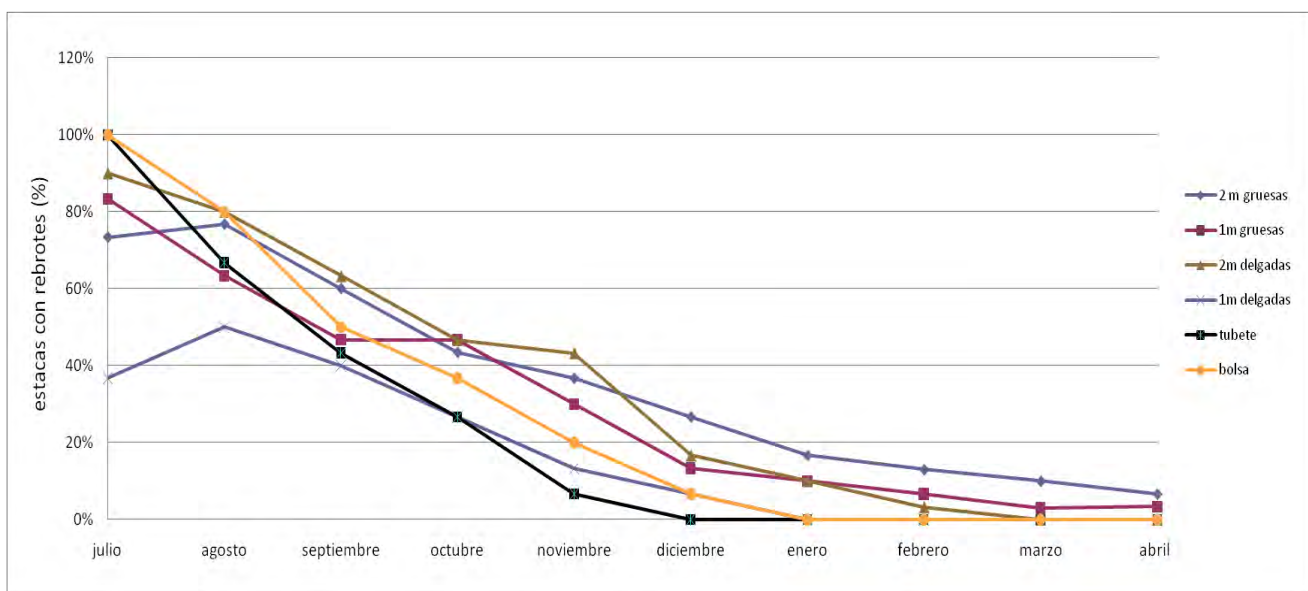


Figura 29. Porcentaje de supervivencia de estacas y esquejes de *Spondias purpurea* que presentan algún tipo de rebrote en cada medición mensual. Los tratamientos de 2 m y 1 m gruesas y delgadas corresponden a estacas, y los tratamientos de bolsa y tubete son de esquejes.

La disminución en la supervivencia de las estacas estuvo asociada directamente a la presencia de dos plagas: larvas de coleópteros de la familia Cerambycidae y larvas de lepidópteros de la familia Psychidae (Fig.30). Los primeros perforaron la madera de las estacas y los segundos las descortezaron (Fig. 31). No se tiene registro anterior en la literatura de ninguna de las dos plagas en *Spondias*

purpurea. La información más cercana, que corresponde a *Spondias mombin* (conocida comúnmente como azúcaró), indica que las larvas del cerambícido *Lagocheirus araneiformis* atacan el tronco, perforándolo a través de la médula (Bolford-Justiniano et al., 2001) y que al igual que la mayoría de las especies de madera blanda, *Spondias mombin* es poco resistente al ataque de hongos e insectos (Toledo y Rincón, 1996), cuestión observada también en *S. purpurea*. En cuanto al Psychido, se sabe que las especies de esta familia son polífagas y se desarrollan bien en un gran número de plantas, o también por la acción de factores ecológicos especiales, entre ellos la humedad o el régimen de lluvias, pues los saquitos están hechos para protegerlos del exceso de humedad (Vázquez-García, 1941).



Figura 30. Oruga recolectada del lepidóptero de la familia Psychidae con su característico saquito formado por palitos u hojitas. Izquierda, con saquito; derecha, fuera del saquito.

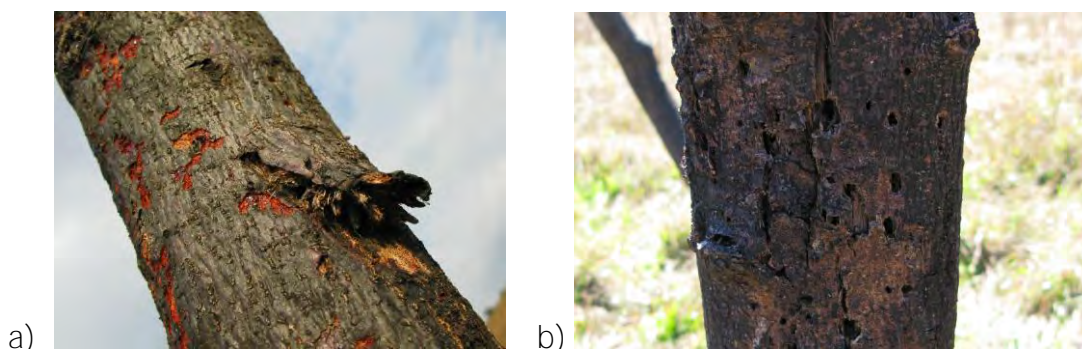


Figura 31. a) Las manchas rojas son daños causados por larvas de lepidópteros de la familia Psychidae, que se alimentan de la corteza y anidan entre la madera, descortezando las estacas. b) Daños causados por larvas de coleópteros de la familia Cerambicidae, los cuales perforan la madera para anidar.

Además del ataque de plagas, en el monitoreo 7, correspondiente a **enero**, se registró un **saqueo de estacas**, debido –según afirmó el vigilante de la ERABRT- a la necesidad de leña de los pobladores de alguna comunidad circundante. Este

saqueo realizado a finales de diciembre modificó drásticamente la configuración de los experimentos. Retiraron 47 estacas en total, con algunas reportadas como vivas el monitoreo anterior. Los tratamientos más afectados fueron los de estacas delgadas de 1 m (más fáciles de cargar), estacas gruesas de 1 m, y estacas delgadas de 2 m.

3.2.3 Evaluación de esquejes y estacas

3.2.3.1 Los esquejes

No se evaluó el **número de yemas** por el bajo número que presentaron.

El promedio del número de rebrotes del monitoreo uno, correspondiente al mes de julio, para bolsa fue ligeramente más alto que para el tratamiento de tubete, sin diferencias significativas entre ambos tratamientos (Tabla 5).

Mes	U	P	Promedio tubete	Promedio bolsa	Tratamientos usados:
Julio	39	>0.05	1.28	1.41	Tubete y bolsa

Tabla 5. Valores estadísticos de las diferencias entre tratamientos utilizados en campo del monitoreo de rebrotes de esquejes y sus respectivos promedios por tratamiento.

En cuanto al promedio del **número de ramas** en los esquejes, fue muy similar entre los tratamientos y en todos los meses monitoreados, sin que se presentaran diferencias significativas entre los meses de julio a octubre (Tabla 6)

Mes	U	P	Promedio tubete	Promedio bolsa	Tratamientos usados:
Julio	390	>0.05	1.1	1.14	Tubete y bolsa.
Agosto	215	>0.05	1.1	1.13	Tubete y bolsa.
septiembre	72	>0.05	1	1.14	Tubete y bolsa.
Octubre	28	>0.05	1	1.25	Tubete y bolsa.

Tabla 6. Valores estadísticos de las diferencias entre tratamientos utilizados en campo del monitoreo de ramas de esquejes y sus respectivos promedios por tratamiento.

3.2.3.2 Las estacas

Hubo diferencias significativas en el *número de yemas* de las estacas en los monitoreos de septiembre y octubre (Tabla 7), pues en esos meses los tratamientos con el mayor promedio en el número de yemas fueron los de estacas de 2 m delgadas y gruesas (Tabla 8), siendo este último significativamente diferente de 1 m delgadas en septiembre; en octubre las diferencias significativas se encontraron entre los tratamientos de 2 m gruesas y 2 m delgadas con el de 1 m delgadas (Fig. 32) Así, se observa una tendencia hacia una menor producción de yemas en el tratamiento de 1 m delgadas con respecto a los demás, que no se pudo corroborar en noviembre por el bajo número de datos.

Meses	F	P	Tratamientos usados:
septiembre	$\chi^2 8$	<0.05	1, 2, 3 y 4
octubre	4.3	<0.05	1, 2, 3 y 4
noviembre	2.5	>0.05	1, 2 y 3

Tabla 7. Valores estadísticos de las diferencias entre tratamientos utilizados en campo del monitoreo de yemas de estacas. P<0.05 indica diferencias significativas. Los números de tratamientos corresponden a: 1=2 m gruesas, 2=1 m gruesas, 3=2 m delgadas, 4=1 m delgadas.

Meses	Promedio 2 m gruesas	Promedio 1 m gruesas	Promedio 2 m delgadas	Promedio 1 m delgadas
septiembre	9.8	5.09	8.73	3.6
octubre	11.72	6.4	15.21	3.8
noviembre	9.6	3.16	8.30	

Tabla 8. Promedio del número yemas de las estacas en los diferentes tratamientos por mes.

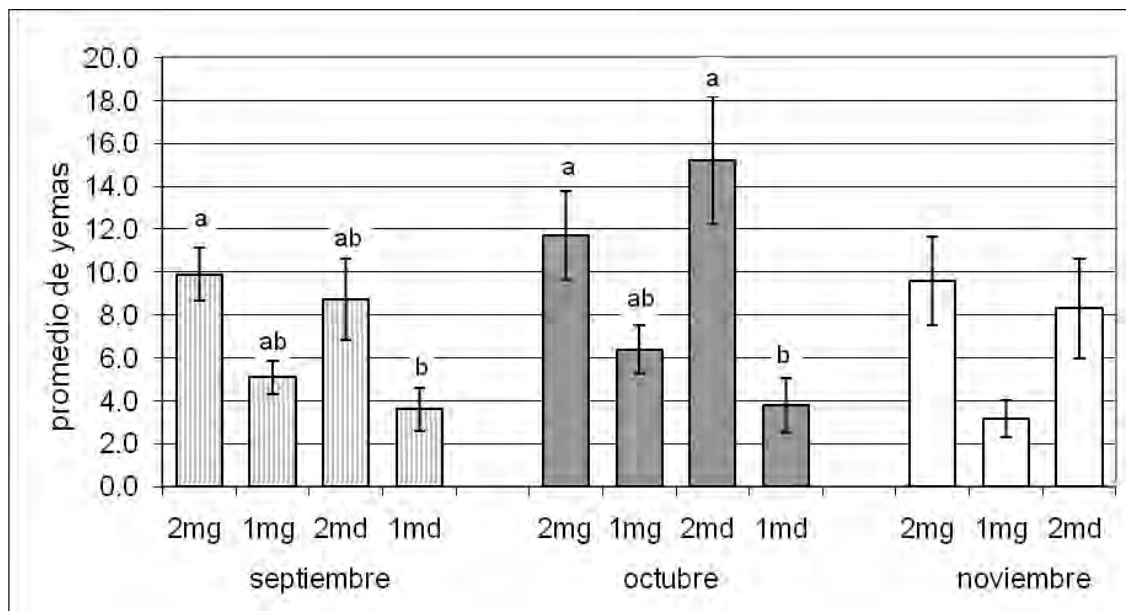


Fig. 32 Diferencias del promedio del número de yemas de los meses de septiembre, octubre y noviembre de estacas de *Spondias purpurea* en campo por tratamiento. Las letras indican diferencias significativas. Los tratamientos corresponden a: 2 mg= 2 m gruesas, 1 mg=1 m gruesas, 2 md=2 m delgadas, 1 md=1 m delgadas.

Se observaron diferencias significativas en el *número de rebrotes* entre los tratamientos del monitoreo de octubre, sin diferencias en los monitoreos de septiembre y noviembre (Tabla 9). En octubre, los tratamientos con mayor producción de rebrotes fueron los de estacas de 2 m gruesas y delgadas (Tabla 10), con una diferencia significativa entre 2 m delgadas y 1 m delgadas y 1 m gruesas (Fig. 33). En septiembre y noviembre se observó la misma tendencia en las diferencias entre tratamientos que en octubre, sin que éstas fueran significativas.

Meses	F	P	Tratamientos usados:
septiembre	1.7	>0.05	1, 2, 3 y 4
octubre	4.33	<0.05	1, 2, 3 y 4
noviembre	3.16	>0.05	1, 2 y 3

Tabla 9. Valores estadísticos de las diferencias entre tratamientos en campo en el número de rebrotes. $P < 0.05$ indica diferencias significativas. Los números de tratamientos corresponden a: 1=2 m gruesas, 2=1 m gruesas, 3=2 m delgadas, 4=1 m delgadas.

Meses	Promedio 2 m gruesas	Promedio 1 m gruesas	Promedio 2 m delgadas	Promedio 1 m delgadas
septiembre	9.2	8.6	10.27	5.4
octubre	9.81	5.81	11.28	5.12
noviembre	8.6	4.8	9.76	

Tabla 10. Promedio del número de rebrotes de las estacas en los diferentes tratamientos utilizados en campo por mes.

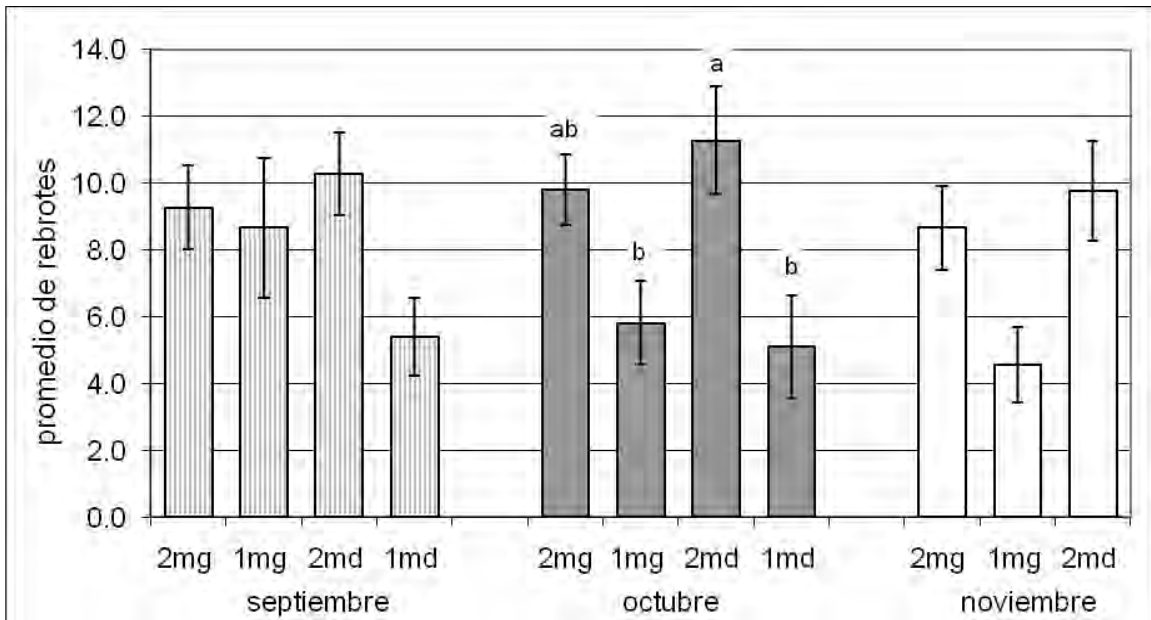


Figura 33. Diferencias del promedio del número de rebrotes de septiembre, octubre y noviembre de estacas de *Spondias purpurea* en campo por tratamiento. Las letras indican diferencias significativas. Los tratamientos corresponden a: 2 mg= 2 m gruesas, 1 mg=1 m gruesas, 2 md=2 m delgadas, 1 md=1 m delgadas.

En cuanto al promedio del *número de ramas*, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos en septiembre, sin diferencias en los monitoreos de los meses de octubre y noviembre (Tabla 11). Esto a pesar de que se observa una tendencia hacia un mayor número de ramas (Tabla 12) en los tratamientos de 2 m y 1 m gruesas en todos los monitoreos, excepto en el de noviembre, donde repunta también el promedio del tratamiento de 1 m delgadas pero que puede deberse a que presentó una menor *n* para promediar. En septiembre el tratamiento 2 m gruesas fue significativamente diferente de 2 m delgadas (Figura 34).

Meses	F	P	Tratamientos usados:
septiembre	3.36	<0.05	1, 2, 3 y 4
octubre	1.90	>0.05	1, 2, 3 y 4
noviembre	2.5	>0.05	1, 2, 3 y 4

Tabla 11. Valores estadísticos de las diferencias entre tratamientos utilizados en campo en el número de ramas. P<0.05 indica diferencias significativas. Los números de tratamientos corresponden a: 1=2 m gruesas, 2=1 m gruesas, 3=2 m delgadas, 4=1 m delgadas.

Meses	Promedio 2 m gruesas	Promedio 1 m gruesas	Promedio 2 m delgadas	Promedio 1 m delgadas
septiembre	17.92	12.66	9.4	8.25
octubre	18.84	12.5	10.38	9.33
noviembre	21.27	17.44	12.08	16

Tabla 12. Promedio del número ramas de las estacas en los diferentes tratamientos utilizados en campo por mes.

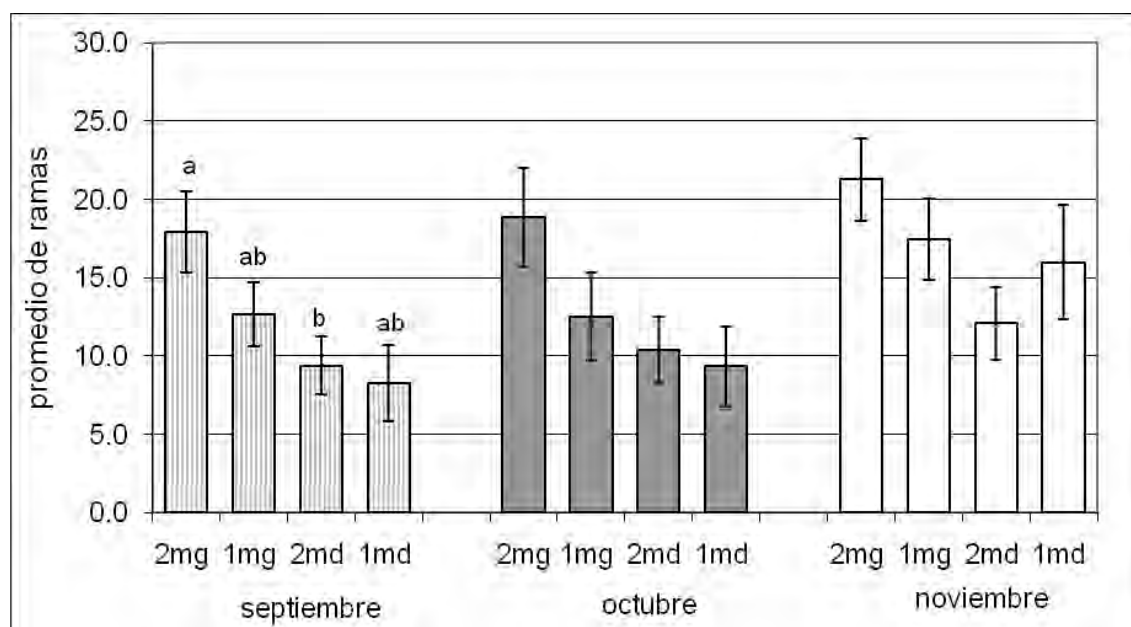


Figura 34. Diferencias del promedio del número de ramas en los monitoreos correspondientes a septiembre, octubre y noviembre de estacas de *Spondias purpurea* en campo por tratamiento. Las letras indican diferencias significativas. Los tratamientos corresponden a: 2 mg= 2 m gruesas, 1 mg=1 m gruesas, 2 md=2 m delgadas, 1 md=1 m delgadas.

3.2.3.3. Tasa de crecimiento relativo

Del promedio de la TCR obtenido a partir de la medida de la longitud de la rama más larga ($\text{cm cm}^{-1} \text{mes}^{-1}$) durante los monitoreos de julio-agosto, agosto-septiembre, septiembre-octubre y octubre-noviembre para *esquejes* (Tabla 13), se puede observar que en general el promedio más alto lo presenta el tratamiento de bolsa, con muy pocos datos para obtener los promedios del tratamiento de tubete en los dos últimos periodos.

	TCR jul-ago ($\text{cm cm}^{-1} \text{mes}^{-1}$)	TCR ago-sept ($\text{cm cm}^{-1} \text{mes}^{-1}$)	TCR sept-oct ($\text{cm cm}^{-1} \text{mes}^{-1}$)	TCR oct-nov ($\text{cm cm}^{-1} \text{mes}^{-1}$)	Promedio jul.-nov.
Tubete	0.28 ± 0.02	0.09 ± 0.03	-	-	0.13
Bolsa	0.35 ± 0.02	0.05 ± 0.02	0.11 ± 0.05	0.28 ± 0.09	0.20

Tabla 13. Tasa de crecimiento relativo promedio \pm error estándar de los tratamientos en campo de esquejes. Celdas en blanco sin datos suficientes.

Los promedios de la TCR de *estacas* en septiembre-octubre y octubre-noviembre se presentan en la Tabla 15. Se observa que el promedio mayor se alcanzó en el periodo de octubre-noviembre, y que los que presentaron una mayor TCR fueron los tratamientos de 2 m gruesas, 1 m gruesas y 2 m delgadas, en ese orden. El tratamiento de 1 m delgadas no tuvo suficientes datos para calcular la TCR en el periodo octubre-noviembre.

	TCR septiembre-octubre ($\text{cm cm}^{-1} \text{mes}^{-1}$)	TCR octubre-noviembre ($\text{cm cm}^{-1} \text{mes}^{-1}$)	Promedio sept.-nov.
2 m gruesas	0.08 ± 0.04	0.29 ± 0.06	0.18
1 m gruesas	0.17 ± 0.06	0.21 ± 0.04	0.19
2 m delgadas	0.08 ± 0.03	0.13 ± 0.04	0.10
1 m delgadas	0.06 ± 0.04		

Tabla 14. Tasa de crecimiento relativo promedio \pm error estándar de los tratamientos en campo de estacas. Celdas en blanco sin datos suficientes.

No hubo diferencias significativas en la TCR de los tratamientos de *esquejes* de bolsa y tubete en julio-agosto ($T=1.81$; $P>0.05$), ni en los meses de agosto-

septiembre (T 1.31; P>0.05). El primer resultado se debe a la similitud de los promedios y el segundo a la variación (error estándar) que presentó (Tabla 13). No se realizó una ANOVA factorial por el alto error estándar que tuvo el segundo periodo (agosto-septiembre) y la diferencia de *n* entre los periodos.

No hubo diferencias significativas en la TCR de los tratamientos de *estacas* de 2 m gruesas, 1 m gruesas, 2 m delgadas y 1 m delgadas en septiembre-octubre (F 1.15; P>0.05), pero sí las hubo en el periodo de octubre-noviembre (F 3.43; p<0.05; Fig. 35); el mayor valor se presentó en el tratamiento de estacas de 2 m gruesas, que es significativamente diferente al de 2 m delgadas.

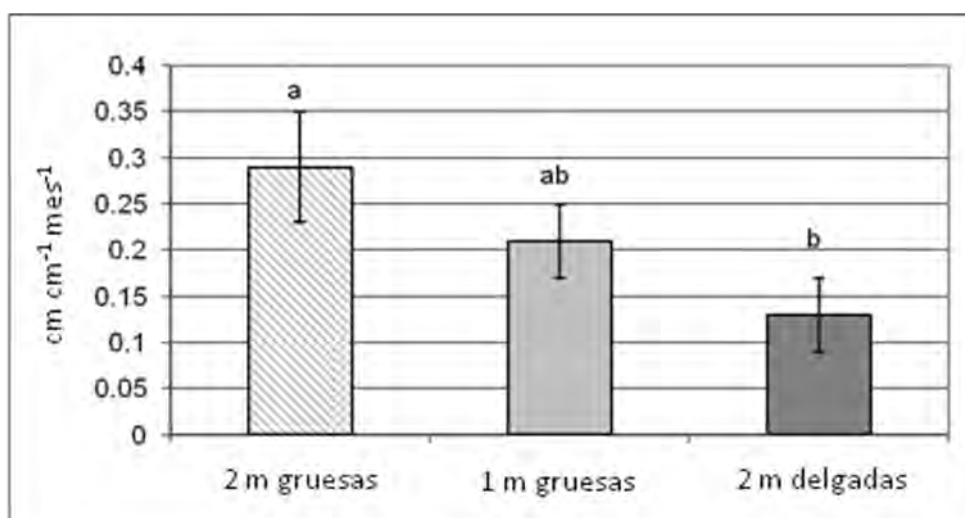


Figura 35. Tasa de crecimiento relativo promedio (cm cm⁻¹ mes⁻¹) ± error estándar de los tratamientos de estacas de 2 m gruesas, 1 m gruesas y 2 m delgadas para el periodo octubre-noviembre.

3.4 Folivoría de estacas y esquejes en campo

El índice de folivoría en todas las estacas y en ambos muestreos fue de cero. No hubo rastro de que las hojas hayan sido comidas en alguna etapa, tanto en las estacas grandes como en los esquejes. Por tanto, como no se registró ninguna categoría de daño a lo largo del informe, no se usó la fórmula clásica del índice de folivoría (Benítez-Malvido et al., 1999).

4. Aspectos sociales en la ERABRT

Como ya se mencionó, el pueblo de Cuentepec es el dueño de los terrenos donde se instaló la ERABRT. Es por esto que conocer la historia y el estatus actual de dicha población es importante en cualquier proyecto de restauración a implantarse en su territorio.

La comunidad de Cuentepec (del náhuatl *cuemitl* —propiedad, tierra labrada—, *tepetl* —montaña, localidad— y *c* —dentro, en—, interpretado como “surco en el cerro” o “en el cerro con surcos”; Simēon 1987, en Alavez-Vargas, 2010) es una de las más pobres y marginadas del estado de Morelos, con altos niveles de degradación ecosistémica (García-Barrios et al., 2005), en la cual sus habitantes son descendientes de los tlahuicas y hablantes de lengua náhuatl (98% de la población; INEGI 2000).

La comunidad de Cuentepec ha sufrido constantes injerencias de agentes externos, que han afectado las interacciones sociopolíticas: desde tiempos precolombinos con los caciques locales de los reinos de Cuauhnahuac y Tacuba, el Marquesado del Valle en la colonia y las haciendas circundantes y el gobierno postrevolucionario después. La presencia de diversas instituciones — gubernamentales o no—han dejado su marca en esa comunidad; con estilos de intervención que han ido desde el paternalismo clásico hasta quienes quieren fungir como facilitadores para que los propios pobladores rurales se asuman como protagonistas de su desarrollo (Ceccon et al., en prensa). Aunado a las fuertes injerencias, el estado de las instituciones locales es endeble, entre otros motivos, debido a la desconfianza generalizada, el alejamiento respecto a las experiencias organizativas, el desprestigio de la figura de autoridad local y a la debilidad de los líderes locales, de acuerdo al estudio de Alavez-Vargas (2010).

El proceso de modelación cultural histórico que se ha dado a la par de las injerencias desde tiempos precolombinos ha generado un deterioro de los ecosistemas circundantes de Cuentepec (Alavez-Vargas, 2010). Desde finales del siglo XIX, la mayor parte de los bosques de la región de Cuentepec fueron explotados por los ingenios azucareros y la industria papelera (Livenais, 2001). Hoy día, sólo permanecen algunos parches con vegetación natural perturbada en

sitios relativamente inaccesibles en barrancas y cañadas, inmersos en una matriz de pastizales inducidos para la cría de ganado sin estabular y campos agrícolas, como en los taludes del río Tembembe (Galindo-Escamilla, 2006). Desde la época colonial y hasta la actualidad se desarrolla en la región una ganadería extensiva y poco productiva pero de alto impacto ambiental, junto con una muy baja producción maicera indígena en tierras propias y arrendadas, principalmente para autoconsumo (Alavez-Vargas, 2010, Landázuri-Benítez, 1997). Debido a esto, estas tierras ahora tienen una productividad muy baja, y presentan altas tasas de erosión ($80 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$; Gómez-Garzón, 2002, García-Barrios et al., 2005) lo que provoca mayor escorrentía, disminución en la línea base del río, aumento de los sedimentos en los ríos, azolvamiento de presas y cuerpos de agua (Galindo-Escamilla, 2006; Alavez-Vargas, 2010)

Los daños anteriores tienen un impacto también en la disminución de especies herbáceas, arbustivas y arbóreas para autoconsumo de leña, frutos o de uso medicinal, afectando directamente a los pobladores de Cuentepec, ya que la leña es el principal combustible para uso doméstico y la alfarería (el gas LP es más costoso). Esto contribuye a la crisis de oferta, ya que el consumo de leña es alto. Para proveerse de leña, las familias la recolectan y extraen de los recursos forestales de los alrededores del pueblo, y/o la compran a vendedores locales y/o externos a la comunidad. El 94% de las familias que extraen leña para autoabastecerse, la obtienen del territorio de Cuentepec, pero un 6% la obtiene de las comunidades vecinas de Ahuatenco, Tetlama y Xochicalco (Vázquez-Perales, 2005).

En la historia reciente de Cuentepec encontramos que a partir de la construcción de la carretera asfaltada en 1992, los habitantes tuvieron acceso a los servicios básicos y esto disminuyó el nivel de marginación (de *muy alto* a *alto*; CONAPO, 2000), lo que ha acelerado la modelación cultural al cambiar los hábitos e intereses de los habitantes (Alavez-Vargas, 2010). La actividad agrícola se ha visto desplazada por el trabajo asalariado fuera de la comunidad (el cultivo del maíz de temporal era la principal actividad; Paz, 2005) que, aunado a la migración hacia los Estados Unidos, ha provocado una disminución del trabajo agrícola que conlleva a un abandono de las áreas agrícolas y ganaderas (Landázuri-Benítez, 1997, 2006).

Aunado a los factores anteriores, uno de los problemas más agudos en Cuentepec es la escasez de agua, pues a pesar de que la comunidad se ubica en los márgenes del río Tembembe (o Atenco), la población no se beneficia de este recurso, por lo escarpado de las laderas para bajar al río. El abasto de agua potable se sustenta en un convenio establecido con el poblado mexiquense de Ahuatenco (cuenca arriba) en 1953, en el que, a cambio de agua del manantial «La Amapola» se les permite el pastoreo del ganado en territorio cuentepecano cercano a la ERABRT (Ceccon y Flores-Rojas, 2008). Sin embargo, las comunidades de Ocuilan y Ahuatenco actúan como si fueran dueñas de los pastizales que utiliza, y sus autoridades han cortado el flujo de agua a la menor provocación a pesar del convenio firmado (Paz, 2005). Ante esto, la UNAM y el Centro de Innovación en Tecnologías Alternativas A. C., en colaboración con el gobierno municipal, estatal y la Fundación Gonzalo Río Arronte, realizaron la construcción de 70 cisternas de captación de agua de lluvia (domiciliarias y públicas) para favorecer la autosuficiencia hídrica. Al mismo tiempo, desde 2003 el gobierno municipal de Temixco inició las negociaciones con Ahuatenco para cambiar el uso hídrico de agrícola a urbano doméstico y aumentar el caudal a 15 l s^{-1} (Cortés-Vázquez 2008a en Alavez-Vargas, 2010) el cual finalmente le fue concedido en 2009 al pueblo de Cuentepec a condición de que éste cambie su descarga de aguas negras y sanee el río Tembembe.

La deforestación por la actividad agropecuaria y el consumo de leña, el abandono de las tierras agrícolas, así como el uso del territorio de Cuentepec por las comunidades mestizas vecinas (además de los cuentepecanos) en convenios ambientalmente desventajosos para el poblado indígena han contribuido a la degradación y sobreexplotación de los terrenos circundantes de esta comunidad.

Una cuestión que ha cambiado la dinámica de los habitantes de Cuentepec con agentes externos, es la participación de la UNAM, quien a través del CRIM coordina la ERABRT, en la cual el principal objetivo del convenio fue establecer condiciones de continuidad y manejo participativo para impulsar los cambios que la comunidad y el ambiente requieren a través de la operación del Macroproyecto «Manejo de Ecosistemas y Desarrollo Humano» en Cuentepec (UNAM 2005). El convenio entre la UNAM y el ejido de Cuentepec contempla cuatro programas de

trabajo universitario para la comunidad: restauración, rehabilitación productiva (agroforestería), saneamiento ambiental y educación ambiental (García-Barrios et al., 2005). Al mismo tiempo, se ha buscado promover la Estación en diversos ámbitos académicos, establecer los vínculos con la comunidad y con otras instituciones (Ceccon et al., en prensa; García-Barrios et al., 2005) para generar modificaciones sustanciales en las interrelaciones históricas que han tenido los pobladores de Cuentepec con actores externos e incrementar el protagonismo de estos grupos sociales a través de la educación no formal, con el fin de amalgamar la investigación con la acción local directa (Ceccon et al., en prensa).

A pesar de los programas impulsados por el CRIM, de las investigaciones que han surgido del estudio de la ERABRT y de la participación institucional, no toda la población de Cuentepec conoce el trabajo realizado en la Estación. Así se constata en el informe de trabajo sobre la pertinencia de la instauración de un programa de educación ambiental para la escuela secundaria y el bachillerato de la comunidad (Ceccon y Flores-Rojas, 2008), en el cual los profesores de estas escuelas en Cuentepec dijeron desconocer la existencia **del “Programa de Restauración de las Barrancas del Río Tembembe”**; solamente un maestro de secundaria y uno de preparatoria conocían este programa ambiental. Como los profesores son quienes difunden y representan parte del conocimiento en la comunidad, este dato es fácilmente extrapolable a la mayoría de la población, lo que ha afectado de forma significativa la implementación de los proyectos que ahí se desarrollan.

Además de este desconocimiento, hay un desacuerdo explícito de algunos ganaderos afectados por el establecimiento del cercado de los terrenos de la estación, que ha generado intervenciones negativas hacia la estación, las cuales pueden provenir de los pobladores de Cuentepec y también de los pobladores de Ahuatenco, quienes tal vez perciben a la estación como una invasión sobre tierras en las que Cuentepec les había permitido pastorear a cambio del abasto de agua. Esta inconformidad se ha puesto de manifiesto en varias ocasiones en los trabajos de investigadores diversos que tienen experimentos en la ERABRT, pues varios han sufrido la intervención intencional de personas que han arrancado plantas y provocado incendios (Consuelo Bonfil, Eliane Ceccon e Ivonne Toledo, com.

pers.), así como de la introducción de ganado, aún sabiendo que es área de restauración y que está cercada (este punto, a partir de la contratación de un vigilante de Cuentepec, ha disminuido considerablemente); también se han sufrido de incendios no controlados por la práctica de roza tumba y quema que se inician fuera de la estación y que traspasan los cercos y queman experimentos (Ulloa-Nieto, 2006; Díaz-Martín, 2010). En el caso de este trabajo, al principio era común encontrar excremento de ganado fresco, lo que indica que entraba el ganado a pastar afectando los experimentos propios y de otras investigaciones; además, en este trabajo se sufrió de un saqueo de estacas, el cual, según el vigilante de la estación, se dio en vísperas de Navidad por el alza en la demanda de leña para cocinar en esas fechas. Esto causó una desconfiguración seria de los experimentos, al extraer casi la totalidad de las estacas delgadas de un metro, y gran parte de las estacas delgadas de dos metros. Lo anterior tiene una correlación directa con la sociedad cuentepecana y sus históricas relaciones con el manejo de los recursos naturales y con otros pueblos y actores externos, como se ha informado.

Lo anterior ha desanimado en alguna medida el desarrollo de trabajos experimentales en la ERABRT, pero se continúa trabajando en la generación de vínculos que sean provechosos para el poblado de Cuentepec y para la recuperación ambiental de la zona. En la actualidad hay otros proyectos en marcha que pueden desarrollar vínculos con los trabajos de restauración en la comunidad, como el de turismo ecológico, que ya cuenta con instalaciones y un grupo organizado (Bonfil, com. pers.). En la medida en la que continúe la construcción y mantenimiento de los lazos entre las instituciones (gubernamentales, privadas, de investigación) y la comunidades que utilizan directamente estos recursos naturales, ponderando sus vivencias para impulsar su participación en los proyectos, se obtendrán resultados más duraderos en el cuidado y aprovechamiento del territorio.

A través de la información documental obtenida y las experiencias propias se percibe que la zona de la ERARBT, además del deterioro ecosistémico, presenta una problemática social importante, que ha afectado los trabajos de restauración.

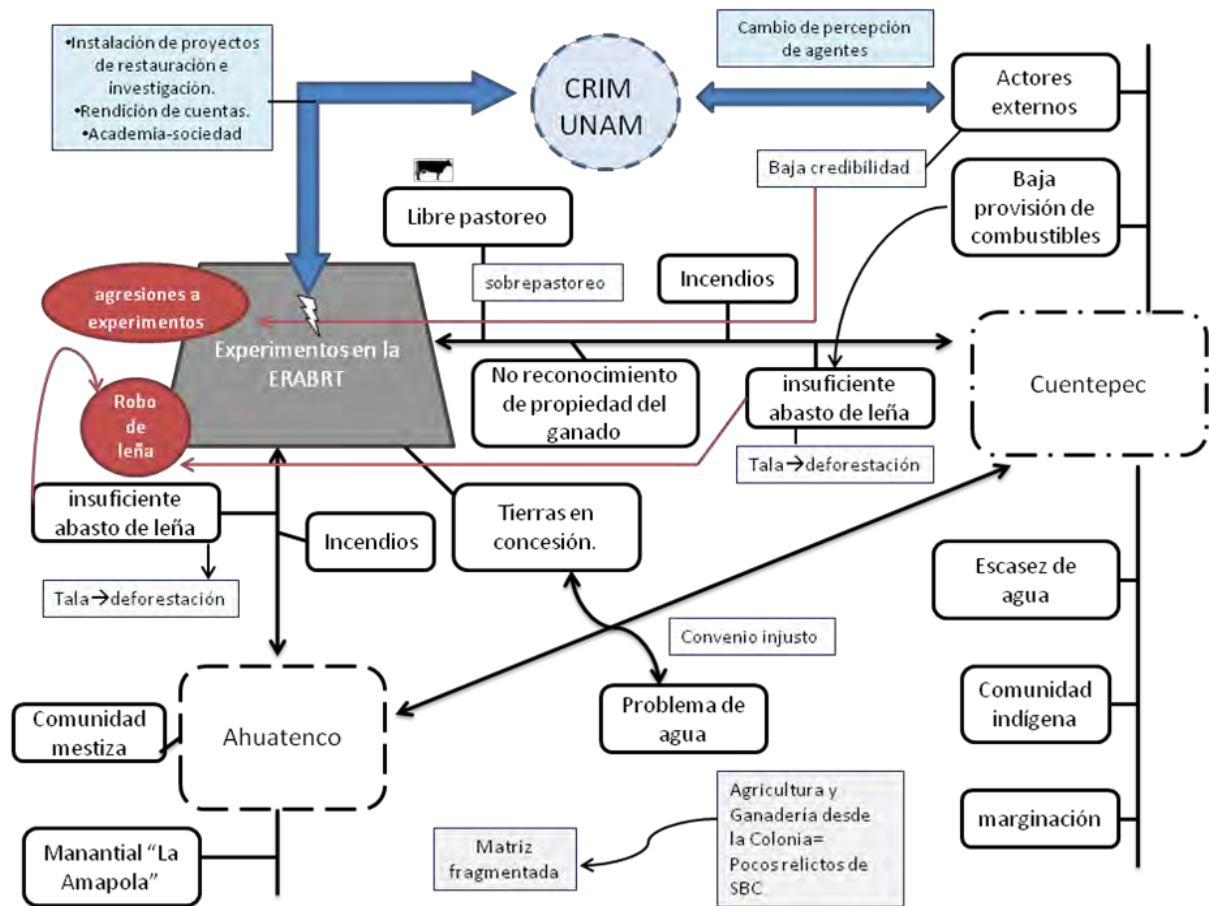


Figura 36. Esquema representativo de las relaciones y flujos que se dan a nivel social con repercusiones ambientales y sociales entre los actores involucrados en la instalación y funcionamiento de la ERABRT. Las flechas sombreadas indican las relaciones principales y los recuadros indican las condiciones y acciones que se dan entre estas relaciones. El trabajo que se lleva a cabo en la ERABRT, tiene como objetivo cambiar las interrelaciones entre academia y el pueblo de Cuatepec; un cambio de percepción de los agentes externos puede evitar que sigan las agresiones a los experimentos y permitir la recuperación ecológica y social de la zona.

DISCUSIÓN

1. Conocimiento tradicional sobre la propagación de *Spondias purpurea*

Los saberes tradicionales de los pueblos permean todos los aspectos de sus vidas, se expresan en formas tangibles e intangibles y los pobladores sienten que tienen la responsabilidad de protegerlo y perpetuarlo para el beneficio de las futuras generaciones (Declaración colectiva en torno a los Pueblos Indígenas y la Protección del Conocimiento Tradicional, 2004). Más específicamente hacia este trabajo, el concepto de los Saberes Agrícolas Tradicionales (SAT) engloba las prácticas, técnicas, conocimientos y/o cosmovisiones que responden a problemas que limitan la producción agrícola. En las comunidades rurales se generan estos saberes a partir de la observación minuciosa, sistemática y la convivencia con la naturaleza transmitiéndose de generación en generación por la tradición oral (Gómez-Espinoza y Gómez-González, 2006¹⁶).

Es hasta hace relativamente poco que se reconoce que este saber tradicional sobre la Tierra, sus ecosistemas, la vida silvestre, la pesquería, los bosques, la agricultura, y otros sistemas es extensa y en muchos casos precisa (Wavey, 1993), como se constata en la Cumbre de Río, en 1992 (Inglis, 1993) y que por tal debe ser tomada en cuenta, cuidada y divulgada (UNEP, 2010), reivindicándose como un punto de partida importante para la conservación.

A pesar de la gran importancia que estos saberes tradicionales implican, no siempre es tan sencillo de obtener esta información. Uno de los motivos principales, y que puede verse reflejado claramente en el problema de Cuentepec con los agentes externos, es la desconfianza. Desconfianza histórica debida a la extracción del conocimiento tradicional sin que las comunidades depositarias de los saberes reciban beneficios. Es ampliamente sabido que la invasión y

¹⁶ Estos autores usan el concepto de *saberes* y no el de *conocimiento*, ya que, según Villoro (2004, en Gómez-Espinoza y Gómez-González, 2006), *los saberes tienen como sustrato epistémico las creencias y los mitos*; un *saber* implica una creencia, y la diferencia entre saber y conocer está en que el conocer supone una experiencia directa sin intermediarios lo que no sucede en muchos saberes que se transmiten por la tradición oral. *Conocer* implica un proceso de sistematización y de organización en una unidad que permita ser estudiada e interpretada.

explotación de las tierras indígenas desde la Conquista ha generado un repliegue hacia el interior de las propias comunidades indígenas de América Latina.

Además de lo anterior, las mismas dinámicas de la actualidad en la enseñanza, han hecho que no se tome en cuenta esta sabiduría tradicional, pues por lo general se le da más credibilidad a los conocimientos académicos sin considerar los saberes locales. En este trabajo se quiso recuperar una parte de estos saberes tradicionales, ya que pueden aportar elementos básicos en los rubros de la conservación y la biodiversidad que potencialmente sirven para la generación de una agroecología moderna (Altieri y Merrick, 1987). Los conocimientos locales pueden ser un muy fructífero punto de partida para la vinculación entre academia y sociedad, para así obtener un mejor desempeño en la investigación y en el trabajo de campo, ya que la participación campesina puede ser una herramienta útil en el desarrollo de nuevas opciones tecnológicas y que así tengan un mayor nivel de aceptación cuando sean propuestas por la academia a las comunidades (Bukcles y Perales, 1995).

Esto permitiría la valoración y el reconocimiento de estos saberes tradicionales ante la sociedad o comunidades que los proporcionan, así como ante la academia donde se exponen para su uso, evitando la pérdida de autosuficiencia alimentaria y crisis ambiental en varias zonas donde ha mermado este conocimiento (Gómez-Espinoza y Gómez-González, 2006)

Siguiendo este ámbito académico, una parte importante de esta vinculación radica en recuperar este saber y así obtener estas ventajas metodológicas mencionadas. Por esto, cuando se quieren consultar los saberes locales, también hay que poner atención a las técnicas usadas en la obtención de esta información, que no siempre son las más adecuadas. Muchas veces, para obtener información se necesita un método correcto para relacionarse con las comunidades y plantear entrevistas, conocer las costumbres para programar asambleas comunitarias, ser depositarios de la confianza de los pobladores o ser conocido por ellos. Idealmente se requiere de un trabajo multidisciplinario en conjunto con los académicos de las áreas sociales, como los antropólogos, que podrían ayudar en la mejoría de las relaciones de comunicación entre los académicos de las áreas biológicas y los pobladores de las comunidades.

Con el fin de obtener de manera general algunas instrucciones para saber cómo plantan los cercos vivos los campesinos de Buenavista del Monte, se realizaron una serie de entrevistas. A pesar de que obtuvimos instrucciones relativamente semejantes por parte de los informantes, los resultados obtenidos en el trabajo de campo, nos permiten intuir que la información obtenida no fue tal vez la más completa, ya que ellos obtienen un establecimiento exitoso de 80% en promedio, según el resultado de las propias entrevistas. Aunque, por otra parte, este mismo porcentaje puede no ser exacto, pues la percepción de tiempo es muy subjetiva. Entre los factores que pudieron afectar los resultados de las entrevistas están:

- a) una baja confianza por parte de los entrevistados para dar información
- b) la propia inexperiencia para planear entrevistas
- c) poca claridad en las preguntas
- d) que las consideraciones técnicas y de tiempo son variables de persona a persona, y que los pobladores las tienen poco evaluadas
- e) poca claridad en las respuestas, pues cuando se transmite esa información es muy subjetiva

A pesar de lo anterior, se obtuvo información que sí coincidió con los resultados. Como el grosor de la estaca, que es uno de los factores que ayudan al establecimiento de la *Spondias purpurea*, pues refirieron que entre más grueso y leñoso tendría más éxito una estaca. También, el tratamiento que tuvo más éxito fue el tamaño (dos metros), coincidiendo con las preferencias de los entrevistados.

La mayor variación en las respuestas se encontró en el tiempo de secado de la estaca, que fueron de dos días hasta dos meses, con la mayor preferencia por 15 días. Aunque es una práctica compartida por todos los campesinos entrevistados y se reporta que el secado es una buena estrategia que ayuda a la cicatrización de la base (Zahawi, 2008), tal vez cada tipo de estaca no se secó el tiempo óptimo, pues pueden correr el riesgo de perder demasiada agua. Pudo ocurrir que el tiempo de secado para las estacas delgadas tendría que haber sido menor, y que fue el tiempo correcto para las estacas gruesas. Esta es información que seguramente los campesinos conocen empíricamente y aplican, pero que no se obtuvo por la vaguedad y poca precisión de las respuestas.

Ante estos resultados, coincido con Buckles y Perales (1995) quienes plantean que la experimentación basada solamente en los datos de los campesinos no debe verse como un sustituto de los experimentos convencionales sino como una fase inicial de las investigaciones sobre nuevas técnicas, tal y como se hizo aquí para comparar si las especificaciones que hicieron los pobladores de Buenavista del Monte eran correctas, o cuál era la más eficiente.

2. Desempeño de esquejes en invernadero

A pesar de que no se realizó una ANOVA para analizar las diferencias entre los tratamientos implantados, se observa una clara tendencia positiva en el tratamiento de las estacas leñosas y con aplicación de hormona, siendo el más exitoso el recipiente de bolsa (BHL), seguido por su contraparte en tubete (THL) en términos de porcentaje de supervivencia y producción de biomasa aérea cuando se escogieron los esquejes para la siembra en campo. Esto es contrario a resultados que indican que el mejor enraizamiento se logra con esquejes herbáceos, por la cantidad de auxinas endógenas que contienen por ser más jóvenes (Rodrigues y Lucchesi, 1987 en Zuffellato-Ribas, 2001; Roberto et al., 2004; Bastos et al., 2005) A pesar de que la mayoría de la literatura afirma lo anterior, se encuentran trabajos relacionados a un enraizamiento mayor en esquejes leñosos y semileñosos en determinadas especies debido a que tienen una mayor reserva de nutrientes (Scalabrelli y Couvillon, 1988; Miranda et al., 2003), que les proveen de ventaja frente al periodo de sequía estacional, lo que en este caso pudo provocar una mayor supervivencia en esquejes leñosos, lo que puede generar que las reservas de nutrientes y agua sean mayores o estén en una forma peculiar de disponibilidad para la planta en estructuras más lignificadas (Zuffellato, com. pers.).

Aunado al factor lignificación, la aplicación de AIB en esquejes leñosos pudo incidir en la producción de callo, y este a su vez, permitir la absorción de agua y nutrientes, y así generar biomasa aérea, que fue el indicador de supervivencia que se tomó. Sin embargo, se sugiere realizar más estudios en los cuales se prueben varias concentraciones de AIB, para corroborar que permita la generación de

callo y a su vez de raíces. En este experimento tal vez la concentración de AIB no fue la óptima, pues según los viveristas que trabajan con esquejes, se sabe que a mayor cantidad de leño presente en la especie, mayor concentración de hormona requiere.

Hay que tener en cuenta que no solamente hay diferencia entre el *recipiente*, sino en el sustrato que contiene, el cual genera las diferencias, junto con el tipo de recipiente, entre los tratamientos. Esto puede estar ligado con la formación de callo en los esquejes, ya que el mayor porcentaje que presentaron estas estructuras fueron las de los tratamientos de bolsa, posiblemente debido a que no tienen un eficiente sistema de drenado y mantienen un nivel de humedad mayor que los tubetes por la cantidad de sustrato que les cabe y porque el suelo forestal permanece húmedo por más tiempo (a diferencia del tubete, que es más pequeño, le cabe menos sustrato y se puede secar más fácilmente) aunque, en contraparte presentaron desarrollo de hongos (35%), a diferencia del tratamiento de tubete, que no los presentó. A pesar de lo anterior, la formación de callo no siempre garantiza la generación de raíces (Castellanos-Castro, 2009), y en este caso con *Spondias purpurea* sólo se podría determinar continuado con el tratamiento de BHL y de THL en invernadero varios meses más para ver si el callo induce el desarrollo de raíces en esta especie. Sin embargo, esto aumentaría los costos y el tiempo en un programa de restauración o enriquecimiento forestal, ya que la estancia en invernadero requiere de cuidados (irrigación, mantenimiento de las instalaciones), insumos (fertilizante) y espacio. Lo que puede hacerse de manera más inmediata en el caso de los tubetes, es el incremento en el riego, tomando en cuenta el indicador de mayor producción de callo asociado a la cantidad de agua mantenida por más tiempo por el recipiente y el sustrato.

A pesar de las diferencias notadas entre los cuatro tratamientos, no se presentaron diferencias significativas en la TCR, ya que sólo se analizaron los esquejes rebrotados del primer y segundo muestreo destructivo y se diferenció sólo entre bolsa y tubete. Un punto que quizás habría mejorado la comparación entre los tratamientos, hubiera sido no realizar el muestreo destructivo al azar, sino tomando muestras de esquejes con y sin rebrotes aéreos, para ver si había raíces en ambos.

Los datos obtenidos de invernadero permitieron obtener algunas tendencias con relación a los tratamientos aplicados sobre la supervivencia y crecimiento de los esquejes, ya que debido al alto porcentaje de mortalidad no se pudo obtener resultados significativos.

El nulo índice de enraizamiento de los esquejes en el invernadero puede deberse a varios factores. El principal puede ser una dificultad intrínseca de la especie para su reproducción por esquejes, pues a la par del experimento de *Spondias purpurea* se realizó otro con esquejes de *Erythrina americana*, recolectadas en la misma zona, en la misma fecha, y tratadas con los mismos tratamientos (riego, sustrato, luminosidad, AIB, temperatura, ubicación), con excepción del recipiente, pues sólo fueron plantadas en tubetes. *E. americana* tuvo un porcentaje de supervivencia de 90%, y un enraizamiento del 95%, con abundante producción de biomasa aérea (Fehling-Fraser, 2010), con lo que podemos pensar que el bajo índice de enraizamiento se debe a cuestiones fisiológicas propias de la especie, o a otras, que se desglosan a continuación.

Trabajos recientes de literatura reportan que la *época de recolecta* influye en la disponibilidad de nutrientes (Zuffellato-Ribas y Domingos Rodrigues, 2001; Ferriani et al., 2007), y que está relacionada con la actividad del cambium y el nivel endógeno de auxina (IAA; Iritani et al., 1986), lo que afecta la capacidad de enraizamiento. En este trabajo se escogió la época de secas cuando los árboles están en reposo o dormencia y no presentan hojas, y pueden pasar 3 a 4 meses en invernadero y ser llevadas a campo al inicio de las lluvias; además se ha reportado que esa fecha de recolecta es apropiada para otras especies de SBC, como diversas especies del género *Bursera* (Bonfil-Sanders et al., 2007; Castellanos-Castro, 2008).

Ligeras variaciones en la época de recolecta pueden traducirse en variaciones en la capacidad de desarrollar raíces, en cada especie debe determinarse el periodo de recolecta óptimo. Se puede probar haciendo la recolección en época de lluvias contra secas. Cambiar la fecha de la recolecta puede alterar de modo importante la dinámica en el invernadero, con puntos a favor y puntos en contra, pues se necesita de más tiempo e insumos invertidos, ya que se recolectarían mucho

antes, y pasarían en invernadero más tiempo. En este caso los esquejes serían recolectados en época lluviosa y tendrían **hojas** y por lo tanto, requerirían de una mayor humedad relativa en el ambiente (Landis et al., 1992). Ono y Rodrigues (1996) consideran que la presencia de hojas puede tener ventajas, pues son consideradas fuentes de auxinas naturales y nutrientes necesarios para el proceso de formación de las raíces. El efecto principal de las hojas en este proceso se da a través del abasto de factores nutricionales hacia la base de los esquejes; las hojas, de preferencia jóvenes, sirven como órgano de asimilación y reserva de carbohidratos, tanto por la fotosíntesis, como por la producción de auxinas, estimulando la diferenciación celular.

Otros trabajos reportan que el **diámetro** utilizado debe ser más delgado para facilitar la generación de raíces y que sea de ramas muy nuevas para aumentar la cantidad de auxinas endógenas (Zuffellato-Ribas y Domingos Rodrigues, 2001), aunque en este experimento se tomaron diámetros como los utilizados en el trabajo reportado para especies de selva baja caducifolia por Sheinvar (2004), basados en Hartmann y Kester (1997), donde el largo de los esquejes varía según el tipo de madera, y para semidura (como ***Spondias purpurea***) sugieren de 7.5 a 15cm de largo con 0.5 a 5cm de ancho. Aunado a esto, se persiguió que el vigor fuera mayor incrementando el diámetro del esqueje, cuestión que tal vez influyó en la baja capacidad de enraizamiento. Una alternativa podría ser establecer las plántulas con un año o más de anterioridad en el invernadero, pero implicaría un costo mayor de riego, fuerza de trabajo en invernadero, de cambio de recipientes por unos más grandes, de más sustrato y de fuerza de trabajo para la tarea de trasplante (Ceccon, 2011). Otro factor que pudo afectar fue la falta de **humedad relativa** más alta, que puede alcanzarse con un sistema de nebulización, como se recomienda tener en los invernaderos (Vázquez-Yanes et al., 1997; Zuffellato-Ribas y Domingos Rodrigues, 2001). Éste tiene la ventaja de que el grosor de las gotas no maltrata los esquejes; además, de que es necesario cierto nivel de humedad en el ambiente para favorecer el enraizamiento, ya que de lo contrario una humedad relativa muy baja puede ocasionar la muerte de los esquejes, antes que se formen las raíces (Hartmann y Kester, 1997). También pudo influir la falta de un periodo de **aclimatación o endurecimiento**, que en otros trabajos de esquejes indican que necesitan de una etapa así para adaptarse a las condiciones

externas antes de salir al campo (Zuffellato, com. pers; Arriaga et al., 1994; Castellanos-Castro, 2009) -como si fuesen plántulas generadas a partir de semillas-, donde se reduce el riego, se exponen a la radiación directa, al viento directo y al riego de gota gruesa; cuestión que no se tomó en cuenta por considerarlas suficientemente vigorosas por el grosor del esqueje. Además, en este trabajo se buscó obtener un método eficiente sin necesidad de contar con infraestructura como la que demandaría un invernadero con nebulización para la primera etapa de establecimiento, pues en general, la condición económica de las zonas con problemas de degradación no es boyante como para tener instalaciones de esa envergadura. Tendría que generarse una asociación con los invernaderos ya establecidos para que los costos no aumentaran como si se tratara de plántulas generadas a partir de semillas, invirtiendo en un tiempo de cuidado mayor en invernadero, en más fertilización y espacio ocupado por más tiempo hasta que alcancen la talla y el vigor suficiente para que compitan con los pastos (Zahawi y Holl, 2009).

Otro aspecto a considerar es que hay pocos trabajos sobre la reproducción de especies nativas de selva baja caducifolia, pues la mayoría son con especies de selva tropical húmeda o con especies comerciales (Meli, 2003; Bonfil-Sanders y Trejo, 2010).

Al obtener un desempeño muy similar (y sin diferencias significativas), en términos de supervivencia y TCR, entre los tratamientos con aplicación de hormona y leñosas, tanto de bolsa como de tubete (BHL Y THL), se propone utilizar ambos tratamientos para su propagación en invernadero, aunque el uso de tubetes es más práctico, y en México no está tan extendido para la propagación de especies nativas, pues se considera una inversión monetaria fuerte en un inicio. Aunque lo es, ésta se recupera grandemente al bajar los costos de horas hombre, al poder reutilizarse muchas veces, y ocupar menos espacio en el invernadero, lo que permite mayor producción en menos espacio, con porcentajes de enraizamiento alto, además de ser más fácil de transportar al campo por su volumen reducido y menor peso, como se observó en los diagramas comparativos entre recipientes (Anexo). Esto sería aún más útil si se trabajara a una escala de producción mayor, donde se reutilizarán constantemente estos materiales,

ahorrando tiempos y optimizando espacios; la metodización permite agilizar el trabajo y mejorar la productividad. Se puede importar la técnica y facilidad de trabajo de producciones de viveros comerciales para la producción de plántulas nativas, con todas las ventajas que esto implica.

3. Desempeño de estacas y esquejes en campo

Es probable que la baja supervivencia registrada en los experimentos de campo tanto de las estacas como de los esquejes se deba sobre todo a las condiciones climáticas. Los datos de precipitación indican que la época de lluvias durante el año en que se realizó el experimento fue mucho menor a la precipitación promedio registrada en otros años, presentándose una canícula muy fuerte durante los meses de julio y agosto, lo que con seguridad, afectó el establecimiento de estacas y esquejes, pues la situación ideal es que se implanten cuando la precipitación es abundante y continua. Además, hubo un incremento superior al promedio registrado para otros años en la precipitación de septiembre, lo que provocó anegamientos en el pie de ladera donde se estableció el experimento, en donde se ha reportado que el suelo presenta motas que indican actividad anaerobia por anegamiento en algunas épocas del año (Galindo-Escamilla, 2006; Ayala-García, 2008).

Estas anomalías meteorológicas incrementan los problemas derivados de las características físicas del suelo, el cual no es adecuado para el crecimiento de las plantas, pues su alto contenido de arcillas, causa que se generen grietas cuando se seca, y se produzca anegamiento cuando hay un exceso de precipitación. Estas características asociadas a la baja estructuración del suelo en esta zona afectaron la capacidad de enraizamiento de las estacas (Galindo-Escamilla, 2006; Ayala-García, 2008).

Como se dijo antes, hay que considerar que los resultados obtenidos en el trabajo de campo con las estacas nos permiten vislumbrar que la información obtenida por parte de los campesinos entrevistados tal vez no fue completa. Además, también hay que tomar en cuenta que la diferencia de condiciones climáticas y de altitud entre Buenavista del Monte y la ERABRT pudo influir en el

establecimiento de las estacas al encontrar condiciones diferentes a las de la planta madre en la parcela de trabajo (a pesar de ser una especie de SBC), pues Buenavista está localizado a una mayor altitud (1950 m snm) que el área de las parcelas experimentales (1663 m snm), y tiene una TMA en promedio tres grados centígrados menor a la registrada para la Estación (17 °C en Buenavista y 20 °C en la ERABRT, datos para el periodo 2007-2009). Además, los cercos vivos son implantados en áreas agrícolas, y por lo tanto no son el único atractivo para insectos herbívoros, y los suelos posiblemente están menos degradados y compactados.

Los trabajos con estacas para restauración (y en general los de paisajes fragmentados) carecen de mediciones y datos sobre la calidad del hábitat circundante o el estado de la matriz (Mortelliti, et al., 2010). Muchas veces, aunque se trabaja en áreas degradadas, la matriz circundante tiene un grado de permeabilidad alto (Zahawi, 2005, Zahawi, 2008; Zahawi y Holl, 2009), lo que significa que no presenta un nivel de degradación tan fuerte. El factor de la falta de permeabilidad de la matriz circundante en la ERABRT, conformada por un amplio pastizal inducido con huizache (*Acacia farnesiana*) fue crucial, ya que permitió que las estacas fueran blanco fácil de plagas de larvas de coleópteros de la familia Cerambycidae y larvas de lepidópteros de la familia Psychidae. En un paisaje menos fragmentado *Spondias purpurea* no es atacada por plagas en ese grado, por lo que las personas que la cultivan no aplican insecticida y sólo podan las áreas infectadas, lo que también ayuda al rejuvenecimiento de la planta. No se tiene registro de estas plagas para esta especie en la literatura, lo que puede indicar que la exposición a plagas fue mayor por estar en un área abierta, lo que causó que los insectos que por lo general no atacan esta especie encontraran alimento en una zona en la que normalmente no lo hay. A partir de lo anterior, se propone realizar un tratamiento preventivo contra plagas al introducir estacas en un área con matriz circundante muy degradada, pues el impacto que puede tener un insecticida con la dosis adecuada y correctamente aplicado, es menor al que se genera si una plantación es dañada por ataque de plagas, inutilizando así el trabajo que implica su establecimiento y los beneficios que eso conlleva. Es probable entonces que la asignación de recursos de las estacas se enfocara a sobrevivir a las plagas y a la sequía, sin éxito en muchos casos.

En cuanto a los resultados generales, en la generación de **yemas** hubo una tendencia hacia una mayor producción en los tratamientos de 2 m gruesas y delgadas y menor en el tratamiento de 1 m delgadas. De igual manera, se observó una tendencia a una mayor producción de **rebrotos** en los tratamientos de estacas de 2 m (gruesas y delgadas) y menor en los tratamientos de 1 m (gruesas y delgadas) en todo el periodo. En la producción de **ramas** observamos una tendencia general que va de menor a mayor en el siguiente orden: gruesas de 2 y 1 m gruesas, delgadas de 2 y 1 m.

En los resultados generales de la TCR, las mayores tasas correspondieron a las **estacas** de 2 m gruesas y 1 m gruesas, lo que coincide en varios puntos con lo obtenido en el análisis de la producción de rebrotes aéreos (yemas, rebrotes y ramas).

De lo anterior podemos observar que tanto el tratamiento de 2 m gruesas, como 2 m delgadas mantuvieron una producción de yemas y rebrotes muy similar, por lo que podrían estar entre los tratamientos más exitosos del experimento, junto con las estacas de 1 m gruesas, que tuvieron una alta TCR y producción de ramas, aunado al porcentaje de supervivencia que los tres tratamientos presentaron (2 m delgadas 43%, 2 m gruesas 36% y 1 m gruesas 30% de supervivencia al quinto mes). Si combinamos los resultados, podemos observar que el tratamiento con mejor desempeño hasta el quinto monitoreo fue el de 2 m gruesas, seguido de 1 m gruesas y 2 m delgadas. El tratamiento con peores resultados fue el de 1 m delgadas por su baja supervivencia, lo que puede estar directamente relacionado con el volumen de agua y nutrientes que almacena una estaca gruesa a diferencia de una estaca delgada.

En cuanto a los **esquejes**, hubo ligeras diferencias en la TCR y diferencias más marcadas en la supervivencia entre los tratamientos de bolsa y tubete, con una tendencia a un mejor desempeño del primero, pues los esquejes en bolsa presentaron hasta 20% más de supervivencia y una mayor TCR que los de tubete, aunque sin diferencias significativas entre ambos. Lo anterior puede deberse a que cuando se trasplantaron, los esquejes en bolsa conservaron un mayor volumen de sustrato (tierra forestal con los nutrientes de las fertirrigación y

agrolita, diferente al del tubete) alrededor del esqueje, el cual tenía propiedades físicas adecuadas, lo que tal vez les permitió su supervivencia por más tiempo.

El hecho de que no se hayan encontrado diferencias significativas entre los diferentes tratamientos (tanto de estacas como de esquejes) para varios de los parámetros evaluados, a pesar de observar claras tendencias a un mejor resultado de unos u otros, pudo deberse al bajo número de réplicas comparadas, al elevado error estándar y al bajo número de sobrevivientes para hacer comparaciones más robustas. Es por esto que puede hablarse de algunas tendencias, más que de diferencias significativas.

En otro trabajo con esquejes enraizados de dos especies de *Bursera* se encontró también una baja supervivencia en campo en la ERABRT, por lo que las autoras recomiendan mantener a las plantas en el vivero por un periodo mayor para que logren un mayor desarrollo radicular y mejoren el cociente raíz/vástago, lo que puede incrementar su supervivencia (Castellanos y Bonfil, 2010). Es de esperarse que algo similar suceda con los esquejes de *S. purpurea*, pues la presencia extensiva de raíces significa un incremento en las probabilidades de supervivencia. Por ello, podría intentarse buscar un buen desarrollo de raíces antes de pasarlas al campo. Además, no se recomienda su implantación en campo sin un periodo previo de aclimatación o endurecimiento, pues presentan una baja supervivencia que no es redituable si se compara con el gasto energético y económico que implica su instalación y cuidado en el invernadero.

En cuanto a las estacas, si tomamos en cuenta la supervivencia y los parámetros de crecimiento evaluados hasta el quinto mes, podemos observar que las estacas de 2 m (delgadas y gruesas) y de 1 m gruesas, son alternativas viables para la restauración. Se pueden entonces hacer recomendaciones de usar estacas gruesas de 1 m y delgadas de 2 m, que son más fáciles de obtener y transportar que las de 2 m gruesas. Si se van a introducir en zonas donde el ganado puede acceder con facilidad, se recomiendan estacas de 2 m, de preferencia gruesas, para disminuir la posibilidad de que las muevan o les coman los retoños. Esta recomendación se hace ya que se observó un mejor desempeño en la supervivencia promedio y la TCR en estacas gruesas; además otros trabajos indican que la supervivencia, el

número de ramas y la biomasa del follaje aumentan en relación al grosor de las estacas de *Bursera simaruba* (Carvajal 2005).

Otra alternativa es utilizarlas para proyectos de enriquecimiento forestal, donde se pueden introducir estacas ya sea de 2 m gruesas o delgadas y de 1 m gruesas, con la finalidad de que se recupere el estrato arbóreo en menor tiempo que el que tomaría a partir de plántulas, al igual que para proyectos de restauración. La propagación de estacas de esta y otras especies puede ayudar a aumentar el número de árboles con características deseables y acortar el periodo de regeneración (Souza y Araújo, 1999; Bonfil-Sanders, 2007), pues en condiciones naturales se suele presentar una alta mortalidad de plántulas en general en la SBC, y *Spondias purpurea* presenta un bajo nivel de germinación por semilla y una consecuente baja en número de plántulas en condiciones naturales (Vázquez-Yanes et al., 1999; Ramírez-Hernández, 2004). Debe tenerse siempre en cuenta que esta técnica ayuda como un *primer paso* en los procesos de restauración, para recuperar la cubierta forestal de manera más rápida que por plántulas, además de que su alta producción de follaje también ayuda a sombrear el pasto que ha invadido muchas de las zonas a restaurar (como en la ERABRT), permitiendo la mejora del microclima debajo de su copa. Es deseable combinar esta técnica con la implantación de otras especies nativas propagadas por semillas y plántulas obtenidas por recuperación de zonas donde *Spondias purpurea* silvestre germine.

Las recomendaciones y alternativas anteriores evitarían depender del banco de semillas de la SBC que, como se mencionó, en un lapso muy breve pierde su viabilidad, y además es difícil que esté presente sin una fuente cercana que provea de propágulos. Así, este tipo de propagación vegetativa tiene la ventaja de ser más práctica para enfrentar los problemas de regeneración que implica la particular dinámica de los BTES (Ceccon et al., 2003, 2004). Para paliar la baja variabilidad genética que este tipo de reproducción asexual implica, se pueden escoger las estacas de diferentes árboles y en una zona amplia.

Las plantas establecidas por estacas pueden generar nucleación, al actuar como planta nodriza para subsiguientes plantaciones y/o promover el establecimiento de especies sucesionalmente tardías (Guevara y Laborde, 1993; Reis et al., 2003;

Griscom y Ashton, 2010). Estas acciones pueden ser potenciadas por ser *S. purpurea* una especie zoocora. Durante los monitoreos se observó que las aves sí usaban las estacas como perchas, pues se posan en las estacas y se registraron heces sobre los troncos. Estas técnicas permiten acelerar la sucesión (Reis et al., 2003), e incrementar de manera directa la *diversidad funcional*, la cual resulta de las interacciones entre los organismos y su ambiente y va más allá de solamente la diversidad de las especies (Orozco-Segovia y Sánchez-Coronado, 2009).

Para el uso como cerco vivo se puede generar un híbrido de cerco vivo y cerco muerto, donde se aprovechen las estacas que sí rebrotaron y se queden las estacas muertas. Cuando el crecimiento de las estacas rebrotadas sea suficiente, se pueden cortar estacas nuevas para sustituir al cerco muerto, y éste puede utilizarse para leña, que tiene demanda en comunidades como Cuentepec, Buenavista del Monte y Ahuatenco.

Las recomendaciones anteriores sirven en un contexto en el que las áreas de restauración necesitan con urgencia ser proveedoras de recursos naturales para los pobladores cercanos, pues su degradación se debe muchas veces al mal manejo. Algunos programas conservacionistas no siempre se pueden implantar debido a que los habitantes tienen la necesidad de explotar agropecuaria y forestalmente las zonas en las que viven, y se necesita dotar de recursos a los pobladores antes o a la par que se implantan políticas de conservación, restauración y manejo. Hay que tomar en cuenta que si las comunidades poseedoras de las tierras no perciben o entienden totalmente los beneficios de los proyectos de restauración pueden verse frenados total o parcialmente (Cardona, 2005).

La folivoría, que en este estudio prácticamente no existió, puede deberse a la baja palatabilidad de las hojas. Aunque hay pocos estudios específicos para la composición química de las hojas de *S. purpurea*, se puede inferir que contienen compuestos químicos que evitan el ataque de insectos. Según el Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana (1994), esta especie ha sido poco estudiada; sólo se reporta la evaluación de la actividad antimicrobiana in vitro de una tintura preparada con las hojas, la cual mostró actividad frente a las bacterias

Gram positivas *Bacillus subtilis* y *Staphylococcus aureus*, dando resultados negativos frente a las Gram negativas y la levadura *Candida albicans*. Sin embargo, las hojas de *Spondias mombin* contienen compuestos ansiolíticos mediados por transmisión GABAérgica (Ayoka et al., 2005), que tienen actividad antibacteriana, antiviral, antimicrobiana, antihelmíntica, y molusquicida (Igwe et al., 2010); características que –si no en su totalidad- podría compartir con *S. purpurea*, haciendo que el ataque de insectos a las hojas fuera nulo en este caso.

Se ha reportado que *Spondias purpurea* tiene gran plasticidad fenotípica y es de conocida resistencia para crecer en suelos pobres de nutrientes, en pendientes rocosas y en suelos someros (Pimenta-Barrios y Ramírez-Hernández, 2003); se ha recomendado como una especie útil en restauración y es componente de la vegetación secundaria de la SBC (Vázquez-Yanes et al., 1999), lo que la hace una candidata ideal para la restauración de la ERABRT, sobre todo en las partes más altas. En el caso específico del experimento en campo, las malas condiciones de precipitación y el ataque de plagas influyeron en el bajo índice de supervivencia, más que una capacidad intrínseca de enraizamiento de la especie.

4. Aspectos sociales en la ERABRT

Una práctica de restauración ecológica debe estar ligada a los elementos humanos que le rodean. Siempre habrá actores sociales que pueden ayudar o retener el avance de un proyecto. Esto dependerá de la presentación del mismo ante la sociedad y de que se vinculen los problemas de las comunidades con soluciones o beneficios, ya sea inmediatos, como la obtención de recursos –ej., plantas medicinales-, o a largo y mediano plazo, como la recuperación de servicios ambientales –ej., recarga del manto acuífero.

Un punto importante es el conocimiento y percepción de los problemas, ya que las visiones pueden cambiar radicalmente dependiendo de las vivencias personales de los actores; así, aunque los externos visualicen ciertas carencias y desajustes, ya sea de tipo ambiental o social, los pobladores inmersos en estas dinámicas pueden percibirlos de otro modo. Un ejemplo es la escasez de agua que sufrieron hasta hace poco los cuentepecanos, la cual no era vista como el principal problema a pesar de que sólo tenían agua por un periodo de dos horas

cada tercer día (Paz, 2005). Los pobladores percibían el problema del agua como el tercero o cuarto más importante, dentro de los que tenían (Ceccon y Flores Rojas 2008). Si los agentes externos comprendemos estas diferencias, será mucho más fácil la empatía con las visiones locales y con el tipo y nivel de ayuda que se requiere en cada caso.

Así, el gran reto para convertir las prácticas de restauración ecológica en una realidad, es aumentar la vinculación entre las vivencias de las comunidades que utilizan directamente los recursos naturales y las instituciones de investigación y planeación agrícola, forestal (Pinilla y Ceccon, 2008) y social. Esta vinculación en muchos casos es endeble o inexistente. Al mismo tiempo, en los países del tercer mundo, los problemas económicos y sociales, como la pobreza rural, la ilegalidad y las demandas de un mercado que no reconoce criterios de sustentabilidad, entre otros, contribuyen cada día más a la elevada tasa de desaparición de los ecosistemas naturales. Por lo tanto, la restauración de los sitios degradados debe, además de garantizar los procesos ecológicos intrínsecos de los ecosistemas, conciliar las necesidades humanas que conllevan a la extracción de los recursos naturales con la oferta de los servicios ambientales (Pinilla y Ceccon, 2008).

¿Cómo se puede lograr esta vinculación entre las vivencias de las comunidades que utilizan directamente los recursos naturales y las instituciones? Una opción es aumentar el capital social (traducido como experiencias e identidades compartidas, relaciones de **confianza** y reciprocidad, conocimientos y perspectivas comunes y experiencia de organización, Merino-Pérez, s/f) entre los actores inter e intra comunidades (primordial), así como entre agentes externos. En la medida en que la confianza aumente, la participación y cooperación lo harán también.

En este caso, debido a que muchos de los problemas ambientales de Cuentepec tienen las características de uso de recursos comunes, se pueden aplicar los planteamientos que propone Ostrom (2000), al establecer contratos vinculantes entre los actores que comparten los recursos, que los obliguen a cumplir con acuerdos iniciales, contando con estrategias de penalización y de cooperación planteadas y delineadas por ellos mismos. Es importante puntualizar que los contratos no se pueden hacer cumplir hasta que haya un acuerdo entre los

pobladores que usan los recursos para lograr una aceptación desde el interior de **la comunidad**. “De esta manera, el interés propio de los que negociaron el contrato los conducirá a supervisarse mutuamente y a reportar las infracciones observadas, de modo que se hace cumplir el **contrato (Ostrom 2000)**”

Algunas de las premisas importantes para que este contrato vinculante sea cumplido están la solidez de las instituciones, la calidad de la información sobre los recursos y su capacidad de carga, y la posibilidad de que esta información sea dada por agentes externos o por los mismos usuarios de los recursos, así como que el contrato sea *autoregulable* dentro de la comunidad, apoyados por una institución. Sin embargo, no existen instituciones internas bien desarrolladas y sólidas en la comunidad, por lo que el trabajo al interior de la comunidad debe comenzar por su fortalecimiento, lo cual ya es en sí mismo un importante desarrollo del capital social.

En el caso de Cuentepec podría revisarse el uso agrosilvopastoril de las tierras de uso común, del recurso agua y de los recursos maderables intra e inter comunidades. Las instituciones académicas estarían fungiendo como un catalizador para la generación del capital social y para fortalecer las instituciones que logren regular los procesos de explotación de los recursos, que permitan la vigilancia y regulación de dicho contrato vinculante, y los estudios realizados en la estación y en la comunidad de Cuentepec aportarían datos importantes para mejorar y aumentar la cantidad y calidad de la información que permita esta regulación desde adentro.

Como se ha señalado con anterioridad, considerar explícitamente los factores sociales en los análisis, diagnósticos y gestiones encaminados a la conservación de ecosistemas naturales, puede hacer la diferencia entre el éxito y el fracaso de las iniciativas implementadas (Merino-Pérez, s/f; Pinilla y Ceccon, 2008)

CONCLUSIONES

1. Desempeño de esquejes en invernadero

En cuanto a la instalación del experimento de esquejes en invernadero, se pueden generar propuestas interesantes para la mejoría del enraizamiento, pues se cuenta con más experiencia y datos. Se puede concluir y/o proponer que:

- ❖ Se observó una tendencia clara (aunque sin diferencias significativas) al mejor desempeño de los tratamientos de esqueje en bolsa, con hormona, leñosos (BHL), seguido por su contraparte en tubete, con hormona, leñoso (THL); ambos tuvieron la mayor generación de brotes aéreos, y fueron los más seleccionados para ser trasplantados al campo. La aplicación de hormona y el tronco leñoso son las características que se propone sean tomadas en cuenta en posteriores experimentos.
- ❖ Hubo el mismo porcentaje de supervivencia general entre los tratamientos de bolsa y tubete, a pesar de las diferencias entre los mismos.
- ❖ A partir de lo anterior, se recomienda la propagación por estacas usando esquejes leñosos, con aplicación de AIB, en bolsas y en tubetes. Aunque para facilitar el manejo en el invernadero y su transporte a campo se recomienda el uso del recipiente tipo tubete (ver esquemas en Anexo).
- ❖ En próximos experimentos se pueden probar factores como: diámetros más delgados (de 4 a 1 cm de grosor), probar otras épocas de recolecta, probar mayores concentraciones de AIB y comparar las estacas con presencia y ausencia de hojas), y el efecto de diferentes grados de lignificación.
- ❖ Es muy recomendable implementar una etapa de aclimatación o endurecimiento de tipo rústico, para generar resistencia en los esquejes a las condiciones ambientales desfavorables antes de ir al campo.
- ❖ Se pueden realizar estudios a nivel de morfología vegetal, para analizar las posibles causas del bajo nivel de supervivencia de las plantas, y su asociación a los factores que la provocan. En particular resulta interesante evaluar cuáles son las condiciones de desarrollo de las raíces (y por lo tanto del cociente raíz/vástago) que favorecen una mayor supervivencia en campo.

Las ventajas y desventajas *técnicas* que implica el uso del tubete y el uso de la bolsa se presentan en el Anexo.

2. Desempeño de estacas y esquejes en campo

- ❖ No se recomienda la implantación de *esquejes* en el campo (a menos que se logre un buen desarrollo radicular) debido a que su bajo porcentaje de supervivencia no es redituable si se compara con el gasto, económico y de mano de obra, que requiere su cuidado en invernadero y su posterior traslado a campo.
- ❖ Los mejores tratamientos en cuanto a desempeño de *estacas* (tomando en cuenta la TCR y la supervivencia) fueron los de estacas de 2 m gruesas, delgadas y 1 m gruesas
- ❖ El tratamiento de estacas de 1 m delgadas tuvo el desempeño más bajo, por tanto, no se recomienda su uso.
- ❖ Es mejor llevar al campo estacas de mayor grosor, ya sea de un metro o de dos metros que retengan más agua durante el periodo de secado.
- ❖ La irregularidad en la precipitación impidió el correcto establecimiento de las estacas en campo, junto con la fragilidad que implica la baja permeabilidad de la matriz circundante que generó susceptibilidad a plagas en la plantación.
- ❖ Se requiere de un tratamiento preventivo contra plagas correctamente aplicado al introducir estacas en un área con matriz circundante muy degradada, y así no perder el trabajo que implica su establecimiento y los beneficios que conlleva.
- ❖ Se propone que en experimentos futuros se planten estacas en una zona con la matriz muy degradada y en otras con la matriz más permeable para probar el establecimiento en relación a la matriz.

3. Aspectos sociales en la ERABRT

Al estudiar la historia reciente de la zona, se puede inferir que se necesita tomar en cuenta las relaciones poco constructivas entre los cuentepecanos y los agentes externos (Landázuri-Benítez, 1997, 2006; Paz, 2005) para lograr la rehabilitación de la zona. Para esto, se propone impulsar una gestión de estos bienes comunes desde una perspectiva *alterna a la conocida como “tragedia de los comunes”*, con una regulación a partir de un contrato vinculante autoregulado por los agentes de la comunidad que puede mejorar los niveles de confianza, de aceptación, de participación y cooperación.

También se propone una rehabilitación productiva o silvopastoril en los terrenos agrícolas circundantes, que provean de recursos a la par que se realizan acciones de restauración en la ERABRT, que se continúen los programas de educación ambiental y la vinculación entre el pueblo de Cuentepec y la academia, lo que permitirá ofrecer alternativas productivas a los propietarios de la tierra, e insertar los conocimientos y propuestas populares. De lo contrario, a la larga se seguirán presentando saqueos o intervenciones negativas, y el proceso de restauración de la ERABRT se estancará en una sucesión detenida. La participación, planeación, y evaluación conjunta de las acciones llevadas a cabo en la ERABRT aumentará el nivel de aceptación y por tanto de conciencia de la importancia de los proyectos de restauración en la zona al ver resultados tangibles y que concuerden con sus expectativas. Y que en un futuro no muy lejano estas acciones de inter-comprensión (academia-pueblo-ambiente) puedan ser seguidas por otros pueblos y aporten experiencia repetible para el trabajo comunitario de los investigadores. Hasta el momento ya se ha visto cierta influencia en las reforestaciones independientes emprendidas por los ejidatarios a través de CONAFOR para la restauración en la ERABRT. Por esto es importante seguir impulsando y profundizando esta influencia a través de la educación ambiental.

Que la importancia de la participación social en cualquier trabajo de restauración no sea pasada por alto, ni que se tome como un factor secundario, pues en la correcta articulación de ambos actores, sociales y académicos, existe un punto que puede acelerar o retrasar el éxito de un proyecto, cualquiera que este sea.

BIBLIOGRAFÍA

Acevedo, S., O. 1984. Monografía y enraizamiento de estacas de higuera (*Ficus carica* L.) tratadas con AIB en dos tipos de estaca: basal y apical. Tesis de Licenciatura.

Aguilar-Benítez, S. 1998. Ecología del Estado de Morelos, un enfoque geográfico. Praxis. México, 469 pp.

Alavez, L. S. 1983. Estudio preliminar de los cercos vivos en la ganadería de Teapa, Tabasco; manejo de árboles en los potreros, una técnica silvopastoril. Tesis de Licenciatura. UACH. Departamento de Bosques. Chapingo, México.

Alavez-Vargas, M. 2010. El paisaje histórico como referencia para la restauración ecológica de Cuentepec, una comunidad nahua de Morelos. Tesis de Maestría, UNAM, México.

Almazo-Rogel, A. 2007. El efecto de la inoculación con *Rizhobium* en la supervivencia y crecimiento iniciales de *Acacia farnesiana* en la Estación de Restauración Ecológica del Río Tembembe en Morelos. Tesis de Licenciatura, UAEM.

Altieri, A. y Merrick, L. C. 1987. In situ conservation of crop genetic resources through maintenance of traditional farming systems. *Economic Botany*, 41: 86-96.

Archer, S. 1995. Herbivore mediation of grass-woody plant interactions. *Tropical Grasslands*, 29: 218-235.

Arias, D., O. Dorado y Maldonado B. 2002. Biodiversidad e importancia de la selva baja caducifolia: la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla. CONABIO. *Biodiversitas*, 45: 7-12.

Arriaga, V., Cervantes, V. y Vargas-Mena, A. 1994. Manual de reforestación con especies nativas. Secretaría de Desarrollo Social-Instituto Nacional de Ecología-UNAM. México, 180 pp.

Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana. 1994. Argueta-Villamar, A. (Coord. Gral.) Instituto Nacional Indigenista, México. <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/atlas.php>

Ayala-García, J. F. 2008. Desempeño de plantas de tres especies arbóreas en tres unidades de ladera de la Estación de Restauración Barranca del Río Tembembe”, Morelos, México. Tesis de Maestría, UNAM. México.

Ayoka, A. O., Akomolafe, R. O., Iwalewa, E. O., y Ukponmwan, O. E. 2005. Studies on the anxiolytic effect of *Spondias mombin* L. (Anacardiaceae) extracts. African Journal of Traditional Complementary and Alternative Medicines, 2: 153 – 165.

Azcorra-Carvajal, J.J. 2005. Establecimiento de postes de Chacah (*Bursera simaruba*, L. Sarg.) como cerco vivo. Livestock Research for Rural Development, 17: <http://www.lrrd.org/lrrd17/2/carv17022.htm>

Barrales-Alcalá, B. A. 2009. Establecimiento inicial de *Bursera copallifera* en tres sitios con diferente grado de perturbación. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México.

Bastos, D. C., Pio, R., Scarpore-Filho, J. A., Libardi, M. N., Paes de Almeida, L. F. y Albuquerque-Entelmann, F. 2005. Enraizamento de estacas lenhosas e herbáceas de cultivares de caquiheiro com diferentes concentrações de ácido indolbutírico. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, 27: 182-184.

Baker, H. G. 1989. The ecology of soil seed banks. Some aspects of natural history of seed banks. Academic Press, San Diego, California.

Benítez-Malvido, J., García-Guzman, G. y Kossmann-Ferraz, I. D. 1999. Leaf-fungal incidence and herbivory on tree seedlings in tropical rainforest fragments: an experimental study. Biological Conservation, 91: 143-150.

Bolford-Justiniano, M. J., Fredericksen, T. S, y Nash, D. 2001. Ecología y silvicultura de especies menos conocidas –Azucaró *Spondias mombin* L., Anacardiaceae. Ed. El País. Santa Cruz, Bolivia.

Bolin, B. y Cook, R. B. (Eds.). 1983. The major biogeochemical cycles and their interactions. Wiley & Sons: New York, USA.

Bonfil, C., Tobón-Niedfeldt, W., Ulloa-Nieto, J., García-Flores, J., García-Barríos, R. 2009. La restauración ecológica de bosques tropicales secos: el caso de la Barranca del río Tembembe, Morelos (México). Boletín divulgativo de la Red Iberoamericana y del Caribe de Restauración Ecológica, 3: 2-6.

Bonfil, C., Mendoza-Hernández, P. E., y Ulloa-Nieto, J. A. 2007. Enraizamiento y formación de callos en estacas de siete especies del género *Bursera*. Agrociencia, 41: 103-109.

Bonfil, C., y Trejo, I. 2010. Plant propagation and the ecological restoration of Mexican Tropical Deciduous Forests. Ecological Restoration, 28: 369-376.

Buckles, D. y Perales H. 1995. Experimentos con el frijol terciopelo basados en los agricultores: la innovación dentro de la tradición. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Documento interno. México, D.F.: CIMMYT

Budowski, G. y Russo, R. 1993. Live fence post in Costa Rica: a compilation of the farmer´s Beliefs and Technologies. *Journal of Sustainable Agriculture*, 3: 65-87.

Budowski, G. 1993. Agroforestería: una disciplina basada en el conocimiento tradicional. *Revista Forestal Centroamericana*, 2: 14-18.

Bullock, S. H. y Solis-Magallanes J. A. 1990. Phenology of canopy trees of a tropical deciduous forest in Mexico. *Biotropica*, 22: 22-35.

Camacho-Rico, F., Trejo, I., Bonfil, C. 2006. Estructura y composición de la vegetación ribereña de la barranca del río Tembembe, Morelos, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 78: 17-31.

Campo, J., Jaramillo, V. J. y Maass, J. M. 1998. Pulses of soil phosphorus availability in a Mexican tropical dry forest: effects of seasonality and level of wetting. *Oecologia*, 115: 167–172.

Cardona, C. N. 2005. Consideraciones socioeconómicas en el diseño de proyectos sustentables de restauración ecológica. pp. 45-56. en: Sánchez O., Peters, E., Márquez-Huitzil, R., Vega, E., Portales, G., Valdés, M., y Azuara, D. (Eds.) *Temas sobre restauración ecológica*. INE-SEMARNAT, U.S. Fish & Wildlife Service, UPC, A.C. México. 255pp.

Carvajal A. J. 2005. Establecimiento de postes de Chacah (*Bursera simaruba*, L. Sarg.) como cerco vivo. *Livestock Research for Rural Development*, 17: art. 22.

Castellanos-Castro, C. 2009. Propagación vegetativa, establecimiento y crecimiento inicial de cuatro especies del género *Bursera*. Tesis de Maestría, UNAM.

Castellanos-Castro, C. y Bonfil, C. 2010. Establecimiento y crecimiento inicial de estacas de tres especies de *Bursera* Jacq. ex L. *Revista Ciencia Forestal en México* (en prensa)

Ceccon, E. 2011. Los bosques tropicales estacionalmente secos: ¿una prueba ácida para la restauración? Memorias en extenso del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración. *La Restauración Ecológica en la Práctica*. Julio de 2009. Universidad Nacional de Colombia. 700p.

Ceccon, E. y Cetto, A. M. 2003. Capacity building for sustainable development: some Mexican perspectives. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 10: 345-352.

Ceccon, E., Sánchez, S. y Campo, J. 2003. Tree seedling dynamics in two tropical abandoned dry forests of differing successional status in Yucatán, México: a field experiment with N and P fertilization. *Plant Ecology*, 170: 12-26.

Ceccon, E. y Flores-Rojas, L. 2008. Diagnóstico sobre percepción y pertinencia en la realización de un curso de educación ambiental para maestros de la escuela secundaria y bachillerato de la comunidad de Cuentepec. Informe de trabajo, CRIM, UNAM, 53pp.

Ceccon, E. y Hernández, P. 2009. Seed rain dynamics following disturbance exclusion in a secondary tropical dry forest in Morelos, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 57: 257-269.

Ceccon, E., Huante, P. y Campo, J. 2004. Effects of nitrogen and phosphorous fertilization on the survival and recruitment of seedlings of dominant tree species of two secondary tropical dry forests in Yucatán, México. *Forest Ecology and Management*, 182: 387-402.

Ceccon, E., Huante, P. y Rincón, E. 2006. Abiotic factors influencing tropical dry forests regeneration. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 49: 305, 312.

Ceccon, E., Olmstead, I., Vázquez-Yanes, C. y Campo, J. 2002. Vegetation and soil properties in two tropical dry forests of differing regeneration status in Yucatán. *Revista Agrocienza*, 36: 621-631.

Ceccon, E., Toledo, I. y García-Barrios, R. (en prensa). La vinculación universitaria con comunidades rurales: el modelo de la estación de restauración ambiental del río Tembembe en México. En: Valderrama J. (ed.). *Territorios y Sociedades en un Mundo en Cambio. Miradas Contrastadas en Iberoamérica*, Barcelona, España (aceptado).

Cervantes, M., V. 2005. Un enfoque interdisciplinario para la restauración ambiental: estudio de caso de una comunidad nahua del sur de México. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. UNAM, México.

Chacón, E. J. C. 1994. La producción de biomasa en cercos vivos de cocohite *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud., bajo cuatro frecuencias de poda en Teapa, Tabasco. Séptima Reunión Científica Forestal y Agropecuaria. 6 y 7 de diciembre. Villahermosa, Tabasco.

- Chacón-León, M. y Harvey, C. A. 2006. Live fences and landscape connectivity in a neotropical agricultural landscape. *Agroforestry Systems*, 68: 15–26.
- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los Ecosistemas Terrestres de México. Pasado, presente y futuro. CONABIO. IBUNAM. ASM, SC, México.
- Chávez-León, G. 1996. Principios, conceptos y consideraciones de restauración ecológica. *Ciencia Forestal*, 21: 3-24.
- Choi, D. Y. 2007 Restoration ecology to the future: a call for new paradigm. *Restoration Ecology*, 15: 351–353.
- Chulim C., R y J. Tun G. 1998. Especies vegetales útiles en las cercas vivas de la Península de Yucatán. Libro de resúmenes del VII Congreso Latinoamericano de Botánica/XIV Congreso Mexicano de Botánica. P. Magaña (ed.). Sociedad Botánica de México. 146 pp.
- Clavo, P. M., de la Torre M. 2002. Capacidad de propagación vegetativa de cinco especies arbóreas para cercos ganaderos con postes vivos en la zona de Pucallpa. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. 10 pp.
- Coletto, J. M. 1995. Crecimiento y desarrollo de las especies frutales. Ed. Agroguías mundi-prensa. España. 168pp.
- CONAPO. 2000. Índice de marginación a nivel localidad, 2000. Consejo Nacional de Población. México.
- Costa-Lima, A. K., Rezende, P. L., Alves-Camara, F. A., y Sousa-Nunes, G. H. 2002. propagação de cajarana (*Spondias sp.*) e cirigüela (*Spondias purpurea*) por meio de estacas verdes enfolhadas, nas condições climáticas de Mossoró-RN. *Caatinga*, Mossoró-RN, 15: 33-38.
- Davies, P. J. 1990. The plant Hormones: Their Nature, Occurrence and Functions. en Davies, P. J. (Ed.). *Plant Hormones and their Role in Plant Growth and Development*. Edit. Kluwer Academic Publishers. U.S.A. 12pp.
- de Alba, E. y Reyes, M. E.. 1998. La diversidad biológica de México: Estudio de País, 1998. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- De Villalobos, A. E., D.V. Peláez y Elia, O. R. 2005. Factors related to establishment of *Prosopis caldenia* Burk. seedlings in central rangelands of Argentina. *Acta Oecologica*, 27: 99-106.

Declaración colectiva en torno a los Pueblos Indígenas y la Protección del Conocimiento Tradicional. 2004. Foro Permanente de Naciones Unidas en Asuntos Indígenas, Tercera Sesión, Nueva York, 10-21 de mayo. www.ipcb.org

Dickison, W. C. 2000. Integrative plant anatomy. Harcourt Academic Press, U.S.A.

Dixon, R. K. 1995. Agroforestry Systems: sources or sinks of greenhouse gases? *Agroforestry Systems*, 31: 99-116.

Esau, K. 1977. Anatomy of seed plants. John Wiley & Sons. U.S.A. pp. 215-255

F.A.O. 1986. Plan de acción forestal en los trópicos. *Unasyuva*, 152.

FAO Sala de prensa. 2005. La ganadería extensiva destruye los bosques tropicales en Latinoamérica;
en:<http://www.fao.org/newsroom/es/news/2005/102924/index.html>

Fehling-Fraser, T. C. 2010. Sobrevivencia y crecimiento inicial de esquejes de *Erythrina americana* Mill. tratados con ácido indolbutírico y fertilizante fosfatado, como herramienta para la restauración productiva. Tesis de licenciatura, UAEM.

Ferriani, A. P., Borges, M. V., Zuffellato-Ribas, K. C., Carpanezzi, A. A. y Koehler, H, S. 2007. Influência da época do ano e das diferentes formas de aplicação de ácido naftaleno acético (NAA) no enraizamento de Mikania micrantha Kunth. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, Botucatu*, 9: 102-107.

Fierro-Álvarez, A. 2003. Conceptos básicos de fertirrigación: notas de curso normal de licenciatura. UAM, Unidad Xochimilco, División Ciencias Biológicas y de la Salud. 147 pp.

Fosket, D. E. 1994. *Plant Growth and Development: a molecular approach*. Edit. Academic Press. U.S.A. 580 pp.

FRA. 2005. Terms and definitions. Global forest resources assessment update. Forestry Department. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 33 pp.

Galindo-Escamilla, A. 2006. Problemática para el establecimiento de seis especies nativas de selva baja caducifolia en la recuperación de un sitio perturbado en las Barrancas del Tembembe, Morelos. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología, UNAM. México.

García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). México D.F. 3ra. Ed.

García, M. C. 1993. Principales especies forestales tropicales utilizadas en cercos vivos en el estado de Tabasco. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Biológicas. Villahermosa, Tabasco, Tab. 81 p.

García-Barrios, R., Cecon, E., Bonfil, C., Trejo, I., Toledo, I. y Martínez-Romero, E. 2005. Estación de restauración ambiental del río Tembembe: un modelo mexicano de vinculación universitaria con la comunidad. Ponencia presentada en el Congreso Latino Americano de Recuperación de Áreas Degradadas. Curitiba, Brasil.

García-Flores, J. 2008. Diagnóstico ambiental de las unidades naturales de la Estación de Restauración Ecológica Barrancas del Río Tembembe. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas, UNAM, México.

García-Orth, X. 2002. Efectos del ácido indolbutírico y de la estratificación en la formación de callos y de raíces en estacas de *Bursera simaruba* (L.)Sarg., *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. y *Omphalea oleifera* Hemsl., tres especies potencialmente útiles para restauración ecológica. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Gerhardt, K. 1993. Tree seedling development in tropical dry abandoned pasture and secondary forest in Costa Rica. *Journal of Vegetation Science*, 4: 95-102.

Gerhardt, K. 1998. Leaf defoliation of tropical dry forest tree seedlings-implications for survival and growth. *Trees*, 13: 88-95.

Gómez-Aparicio, L., R. Zamora, J.M. Gómez, J.A. Hódar, J. Castro y E. Baraza. 2004. Applying plant facilitation to forest restoration: a meta-analysis of the use of shrubs as nurse plants. *Ecological Applications*, 14: 1128-1138.

Gómez-Cirilo, G. Y. 2010. Establecimiento de plántulas de *Quercus glaucooides* en un pastizal degradado. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM.

Gómez-Espinoza, J. A. y Gómez-González, G. 2006. Saberes tradicionales agrícolas indígenas y campesinos: rescate, sistematización e incorporación a la IEAS. *Ra Ximhai*, 2: 97-126.

Gómez-Garzón, A. 2002. Caracterización del medio físico de la cuenca del río Tembembe empleando sistemas de información geográfica. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Coordinación de Tecnología de Riego y Drenaje, Subcoordinación de Conservación de Cuencas, Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica del SIG CUENCAS, 26 pp.

Gómez-López, T. 2006. Supervivencia y crecimiento de estacas de tres especies de árboles como herramienta de restauración en el noreste de la península de Yucatán. Tesis profesional de maestría en Ciencias Biológicas, UNAM, México.

Granzow de la Cerda, I. 1999. Tropical rain forest trees propagated using large cuttings (Nicaragua). *Ecological Restoration*, 17: 84-85.

Griscom, H. P. y Ashton, M. S. 2010. Restoration of dry tropical forests in Central America: A review of pattern and process. *Forest Ecology Manage.* doi:10.1016/j.foreco.2010.08.027

Guevara S. y Laborde J. 1993. Monitoring seed dispersal at isolated standing trees in tropical pastures: consequences for local species availability. *Vegetation*, 107/108: 319- 338.

Guevara S., Laborde J. y Sánchez G. 1998. Are isolated remnant trees in pastures a fragmented canopy? *Selbyana*, 19: 34- 43.

Guevara S., Meave J., Moreno-Casasola P. y Laborde J. 1992. Floristic composition and structure of vegetation under isolated trees in neotropical pastures. *Journal of Vegetation Science*, 3: 655- 654.

Guevara S., Purat S. y van der Maarel E. 1986. The role of remnant forest trees in tropical secondary succession. *Vegetation*, 66: 77- 84.

Haddad, N. M., Bowne, D. R., Cunningham, A., Danielson, B. J., Levey, D.J., Sargent, S., y Spira, T. 2003. Corridor use by diverse taxa. *Ecology*, 84: 609-615.

Hartmann H. T., Kester D. E., Davies F.T. y Geneve R.L. 1997. *Plant Propagation: principles and practices*. Prentice-Hall Inc. USA.

Harvey, C., C. Villanueva, J. Villacis, M. Chacon, D. Munoz M. Lopez, M. Ibrahim, R. Gomez, R. Taylor, J. Martinez, A. Navas, J. Saenz, D. Sanches, A. Medina, S. Vilches, B. Hernandez, A. Peres, F. Ruiz, F. Lopez, I. Lang, S. Kunth, y F. Sinclair. 2003. contribución de las cercas vivas a la productividad e integridad ecológica de los paisajes agrícolas en América Central. *Agroforestería de las Américas*, 10: 30-40.

Henrique, A. 2001. Efeitos fisiológicos de fitorreguladores no enraizamiento de estacas de *Pinus taeda* L. e *Pinus caribaea* var. hondurensis Morelet. Botucatu. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

Hess, G. R., y Fischer, R. A. 2001. Communicating clearly about conservation corridors. *Landscape and Urban Planning*, 55: 195-208.

Hilty J. A., Lidicker W.Z y Merenlender A. M. 2006. Corridor Ecology. Island Press, Washington. 323 pp.

Higgs, S. E. 1997. What is Good Ecological Restoration? Conservation Biology, 11: 338–348.

Hobbs, J. R. y Norton, D. A. 1996. Towards a conceptual framework for restoration ecology. Restoration Ecology, 4: 93-110.

Holl, K. D. 1999. Factors limiting tropical rain forest regeneration in abandoned pasture: seed rain, seed germination, microclimate and soil. Biotropica, 31: 229- 242.

Holmann, F., Romero, F., Montenegro, J., Chana, C., Oviedo, E., Baños, A. 1992. Rentabilidad de sistemas silvopastoriles con pequeños productores de leche en Costa Rica: primera aproximación. Turrialba, 42: 79-89.

Hooper, E. R., Legendre P. y Condit, R. 2005. Barriers to forest regeneration of deforested and abandoned land in Panama. Journal of Applied Ecology, 42: 1165–1174.

Hopkins, W. G. 1995. Introduction to plant physiology. John Wiley & sons, Inc. U.S.A.

Hou, D. 1978. Anacardiaceae. En: van Steenis, C. G. G. J. (Ed.), Flora. Malesiana, series I, 8: 395-548.

Hunt, R. y Parsons, I. T. 1974. A computer program for deriving growth-functions in plant growth- analysis. Journal of Applied Ecology, 11: 297-307.

Iglesias G. L, Prieto R. J. A. y Alarcón B. M. 1996. La propagación vegetativa de plantas forestales. Revista Ciencia Forestal en México, 21: 15-41.

Igwe, C. U., Onyeze G. O. C., Onwuliri, V. A., Osuagwu C. G. y Ojiako A. O. 2010. evaluation of the chemical compositions of the leaf of *Spondias mombin* Linn from Nigeria. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 4: 706-710.

INEGI. 2000. Morelos. XII censo general de población y vivienda. Tabulados básicos. Tomo I.

Inglis, J. T (Ed). 1993. Traditional ecological knowledge concepts and cases. International Program on Traditional Ecological Knowledge International Development Research Centre, Ottawa, Canada, 73 pp.

Iritani, C., Soares, R.V., y Gomes A. V. 1986. Aspectos morfológicos da aplicação de reguladores do crescimento nas estacas de *Ilex paraguariensis* St. Hilaire. Acta Biologica do Paraná, Curitiba, v.15: p.21-26

Ivory, D. A. 1990. Major characteristics, agronomic features and nutritional value of shrubs and tree fodders. En: C. Devendra (ed.). Shrubs and Tree Fodders for Farm Animals, Proceedings of a Workshop held in Denpasar, Indonesia, July 24-29, 1989. IDRC, Ottawa, Canadá, 22-38 pp.

Jackson, L., Lopoukhine, N. y Hillyard D. 1993. Commentary ecological restoration: A definition and comments. Restoration Ecology, 3: 71-75.

Janzen, D. H. 1988. Tropical dry forest. the most endangered major tropical ecosystem. En: E. O. Wilson (ed.). Biodiversity. pp. 130-137. National Academic Press, Washington, D.C.

Kellman, M. 1985. Forest seedling establishment in neotropical savannas: transplant experiments with *Xylopia frutescens* and *Callophyllum brasiliense*. Journal of Biogeography, 12: 373- 379.

Keyghobadi, N. 2007. The genetic implications of habitat fragmentation for animals. Canadian Journal of Zoology: 85, 1049–1064.

Kozlowski, T. T y Pallardy S. G.. 1997. Physiology of woody plants. 2ª ed. Academic Press. 411 pp.

Landa, R., Meave, J., Catabias, J. 1997. Environmental deterioration in rural Mexico: an examination of the concept. Ecological Applications, 7: 316-329.

Landázuri-Benítez, G. 1997. Encuentros y desencuentros entre campesinos y asesores en el medio rural: el caso de Cuentepec, Morelos, México. Ponencia elaborada para el XX Congreso Internacional de la Asociación de Estudios Latinoamericanos Guadalajara, México.

Landázuri-Benítez, G. 2006. Cuentepec: tiempo, espacio e identidades. En: Sociedad, estado y territorio: Las dinámicas de la aproximidad. México DF: UAM-X, CSH, Depto. de Educación y Comunicación.

Landis, T. D., Tinus, R. W., McDonald, S. E. y Barnett J. P. 1992. Atmospheric Environment. Vol. 3. The Container Tree Nursery Manual. Agricirc. Handbook 674. Washington D.C., U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 145p.

Laurance, W. F. y Bierregaard, R. O. (Eds). 1997. Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities. University of Chicago Press, USA.

Livenais, P. 2001. Peuplement et évolution agraire au Morelos (Mexique). **L'Harmattan, Collection Populations, Francia.**

Lorbiecke R. y Sauter M.. 1999. Adventitious root growth and cell-cycle induction in deepwater rice. *Plant Physiology*, 119: 21-29.

Lugo, A. E., Cuevas, E. y Sánchez, M. J. 1990. Nutrients and mass in litter and top soil of 10 tropical tree plantations. *Plant and Soil*, 125: 263–280.

Macía, M. J. y Barford, S. A. 2000. Economic Botany of *Spondias purpurea* (Anacardiaceae) en Ecuador. *Economic Botany*, 54: 449–458.

Maldonado, M. F. G., Vargas S. y Molina R. F. M. 1998. Los cercos vivos del estado de Tabasco, México. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Biológicas. Villahermosa, Tabasco. 71 p.

Mandujano, S., Gallina S. y Bullock S. H. 1994. Frugivory and dispersal of *Spondias purpurea* (Anacardiaceae) in a Tropical deciduous forest in Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 42: 107-114.

Martínez-Rosales, M. B. 2009. Caracterización geomorfológica y su relación con la integridad de la vegetación en la cuenca media alta del Río Tembembe, Morelos, Méx. para fines de restauración. Tesis de Maestría, UNAM. México.

Masera, O., Ordoñez, M. J. y Dirzo, R. 1997. Carbon emissions from Mexican forests: current situation and long term scenarios. *Climatic Change*, 35: 265-295.

Mauseth, J. D. 2009. Botany, an introduction to plant biology. Jones and Bartlet Publishers. Massachusetts. 624 pp.

Medina, E. y Cuevas, E. 1990. Propiedades fotosintéticas y eficiencia de uso de agua de plantas leñosas del bosque decido de Guanica: consideraciones generales y resultados preliminares. *Acta científica*, 4: 25-36.

Meli, P. 2003. Restauración ecológica de bosques tropicales. Veinte años de investigación académica. *Interciencia*, 28: 581-589

Mena-Gallardo A. 2009. Variación del banco de semillas a lo largo de la sucesión secundaria en un bosque tropical caducifolio del sur de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México

- Merino-Pérez, L. s/f. Procesos de uso y gestión de los recursos naturales-comunes. Instituto de Investigaciones Sociales, UNAM. Manuscrito, 25 pp.
- Miles, L., Newton, A. C., DeFries, R. C., Ravillious, C., May, I., Blyth, S., Kapos, V., y Gordon, J. E. 2006. A global overview of the conservation status of tropical dry forest. *Journal of Biogeography*, 33: 491-505.
- Miller, A. y Schaal, B. 2005. Domestication of a Mesoamerican cultivated fruit tree, *Spondias purpurea*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102: 12801–12806.
- Miranda, E. M. y Ferreira, V. J.. 1998. Establecimiento e manejo de cercas vivas com espécies arbóreas de uso múltiplo. Embrapa. Comunicado Técnico No 85, 1-4.
- Miranda, C. S., Chalfun, N. N. J., Dutra, L. F., Hoffmann, A. y Coelho, G. V. A. 2003. Enraizamento de estacas lenhosas de porta-enxertos para pessegueiro e umezeiro. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, 9: 229-232.
- Miranda, F. y Hernández, X. E. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 28: 29 – 179.
- Mortelliti, A., Amori, G. y Boitani, L. 2010. The role of habitat quality in fragmented landscapes: a conceptual overview and prospectus for future research. *Oecologia*, 163: 535–547.
- Mooney, H. A., Bullock, S. H. y Medina, E. (Eds). 1995. Seasonally tropical dry forests. Cambridge Univ. Press, Cambridge, U.K., pp. 1–22.
- Morales, A. 2010. Crecimiento inicial, herbivoría y germinación de ocho especies nativas de la selva baja caducifolia de Morelos en la restauración de una cárcava en la Estación de Restauración Ecológica del Río Tembembe. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Murphy, P.G. y Lugo, A.E. 1986. Ecology of tropical dry forest. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 17, 67-88
- Nussbaum, R., Anderson J. y Spencer T. 1995. Factors limiting the growth of indigenous tree seedlings planted on degraded rainforest soils in Sabah, Malaysia. *Forest Ecology and Management*, 74: 149-159.
- Ono, E. O. y Rodrigues, J. D. 1996. Aspectos da fisiologia do enraizamento de estacas caulinares. Jaboticabal: FUNEP, 83 pp.

Orika, O. A., Domingos R. J., y Zambello de Pinhos. 1997. Ação de auxinas, B e da época de colecta sobre o enraizamento de estacas caulinares de kiwi (*Actinidia chinensis* Pl.). *Phyton*, 60: 1-10

Orozco-Segovia, A. y Sánchez-Coronado, M.E. 2009. Functional diversity in seeds and its implications for ecosystem functionality and restoration ecology. En: *Functional Diversity of Plant Reproduction*. Gamboa-deBuen, A., Orozco-Segovia A. y Cruz-García, F. (Eds). Research Signpost.

Ortega, L. M., Avendaño, S., Gómez-Pompa, A. y Ucán-Ek, E. 1993. Los solares de Chunchucmil, Yucatán, México. *Biótica, nueva época*, 1: 37-51.

Ortiz-Pérez, M. A. 1978. Estudio geomorfológico del glacis de Buenavista, Estado de Morelos. Instituto de Geografía, UNAM, México. 8: 25-40pp

Ostrom, E. 2000. El gobierno de los bienes comunes: la evolución de las instituciones de acción colectiva. Ed. Fondo de Cultura Económica, México.

Pardini, R., Marques de Souza, S., Braga-Neto, R., y Metzger, J. P.. 2005. The role of forest structure, fragment size and corridors in maintaining small mammal abundance and diversity in an Atlantic forest landscape. *Biological Conservation*, 124: 253-266.

Parrotta, J. A. y Turnbull, J. W. (Eds.), 1997. Catalyzing native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management*, 99: 1–7.

Paz, M. F. 2005. Cuentepéc, Morelos. Reporte Técnico. Morelos: CRIM. UNAM.

Pennington, T. D., Lavin, M. y Oliveira-Filho, A. 2009. Woody plant diversity, evolution, and ecology in the tropics: perspectives from seasonally dry tropical forests. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 40: 437–57.

Pennington, T.D. y Sarukhán J. 1998. Árboles tropicales de México. Fondo de Cultura Económica. UNAM. México. 521 pp.

Peña, F. R. M. 1995. Propagación por medio de estacas de algunas especies (*Tamarix plumosa*, *Cotoneaster pannosa*, *Senecio praecox*, *Buddleia cordata*, *Schinus terebenthifolus*). Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México.

Peñaloza-Guerrero, C. B. 2004. Regeneración de *Bursera simaruba* a partir de estacas en el Noreste de la Península de Yucatán. Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Pimenta-Barrios, E., y Ramírez-Hernández, B. 2003. Phenology, growth, and response to light of ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L., Anacardiaceae). Economic botany 5:, 481-490.

Pinilla, C. y Ceccon, E. 2008. Nuevo paradigma en la restauración ecológica: integrar la conservación y la sociedad. Revista Ciencia de la Academia Mexicana de Ciencias, 59: 49-55.

Pizo, M. A. y Gabriel, V. A. 2005. Cercas-vivas e o movimento de aves frugívoras e sementes em áreas degradadas. Memórias em extenso del VI Simposio Nacional e Congresso Latino-americano de Recuperação de Áreas Degradadas. Curitiba, Paraná, Brasil.

Puyana, J. y Rengifo, L. M. 2004. Uso de las cercas vivas por parte de la avifauna en un paisaje rural: implicaciones para la conservación. Primer congreso de Ornitología Colombiana. Octubre de 2004. Ponencias Aves en Paisajes Rurales.

Ramírez-Hernández, B. C. 2004. Etnobotánica y ecofisiología de la ciruela Mexicana (*Spondias purpurea* L.) Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias, UNAM, México

Raven, H. P., Evert, R. y Eichhorn, S. 1999. Biology of Plants. W.H. Freeman and Company Worth Publishers. 6th ed., New York. 943 pp.

Ray, G. J. y Brown, B. J. 1994. Seed Ecology of woody species in a Caribbean dry forest. Restoration Ecology, 2: 156-163.

Reis, A., Bechara, F. C., Espindola, M. B., Vieira, N. K. y Lopes, L. 2003. Restoration of damaged land areas: using nucleation to improve successional processes. Natureza e Conservação, 1: 85-92.

Reyes, S. A. y Rosado A. I. 2000. Plantas utilizadas como cercas vivas en el estado de Veracruz. Madera y Bosques, 6: 55 – 71.

Rhoades, C., Eckert G. y Coleman D. 1998. Effect of pasture trees on soil nitrogen and organic matter: implications for tropical montane forest restoration. Restoration Ecology, 6: 262- 270.

Rico-Gray V. y García-Franco J. 1992. Vegetation and soil seed bank on sucesional stages in tropical lowland deciduous forest. Journal of Vegetation Science, 3: 617-624.

Roberto, S. R., Pereira, F. M., Janeiro-Neves, C. S. V, Silva-Jubileu, B., Azevedo, M. C. B. 2004. Enraizamento de estacas herbáceas dos porta-enxertos de videira Campinas (IAC 766) e Jales (IAC 572) em diferentes substratos. Ciência Rural, Santa Maria, 34: 1633-1636.

Rodríguez, F. A. 1999. El arte de cultivar plantas ornamentales tropicales. Editorial José Martí. La Habana, Cuba

Rojas, G. M y Ramírez H. 1993. Control hormonal del desarrollo de las plantas: fisiología-tecnología-experimentación. Edit. Limusa-Noriega Editores, 2ª Ed. México, D.F. 263 pp.

Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa, México, 432 p.

Sabogal, C. 1992. Regeneration of tropical dry forests in Central America, with examples from Nicaragua. *Journal of Vegetation Science*, 3: 407-416 pp.

Salinas, P. L. 1999. Contribución al conocimiento florístico y etnobotánico de los cercos vivos, en el municipio de Othón. P. Blanco, Quintana Roo. México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. México. 69 pp.

Sánchez-Azofeita, G. A., Quesada, M., Rodríguez, J. P., Nassar, J. M., Storer, K. E., Castillo, A., Garvin, T., Zent, E.L., Calvo-Alvarado, J. C., Kalacksa, M. E. R, Fajardo, L., Gamon, J. A. y Cuevas-Reyes, P. 2005. Research priorities for neotropical dry forests. *Biotropica*, 37: 477-485.

Savill, P., Evans, J., Auclair, D., y Falck J. 1997. *Plantation silviculture in Europe*. Oxford University press. UK.

Scalabrelli, G.; Couvillon, G. A. 1988. Factors affecting rooting and survival of peach hardwood cuttings treated with AIB. *Acta Horticulturae*, Wageningen, 227: 275-377.

Sheinvar, G. E. 2004. Efecto del ácido Indol-butírico, el riego y las condiciones ambientales en la propagación vegetativa por estacas, de *Gliricidia sepium* con miras a la restauración de dos selvas tropicales. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Simberloff, D., Farr, J. A., Cox, J., y Mehlman, D. W. 1992. Movement corridors: conservation bargains or poor investments? *Conservation Biology*, 6: 492-504.

Simpson, R., M. Leck y Parker, V.. 1989. Seed banks: General concepts and methodological issues. En: M. A. Leck, V. Parker y R. L. Simpson (Eds). *Ecology of soil seed banks*. Academic Press INC. San Diego, California.

Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group. 2004. *The SER International Primer on Ecological Restoration*. www.ser.org & Tucson: Society for Ecological Restoration International.

Soule, M. E. y Gilpin, M. E. 1991. The theory of wildlife corridor capability. Nature Conservation No. 2, The Role of Corridors. Australia.

Souza, F. X., Araújo, C. A. T. 1999. Avaliação dos métodos de propagação de algumas agroindustrias. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, (Embrapa-CNPAT. Comunicado Técnico), 4p.

Throop, W. 2000. Environmental restoration. Ethics, theory and practice. Hummanity books. USA.

Tobón-Niedfeldt W. 2005. Evaluación del crecimiento y establecimiento de plántulas de *Conzattia multiflora* para la restauración de las selvas bajas de Morelos. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

Toledo, E. y Rincón, C.. 1996. Utilización industrial de nuevas especies forestales en el Perú. OIMT-CNF-INRENA. Lima, Perú.

Trejo, I. y Dirzo, R. 2000. Deforestation of seasonally dry tropical forest a national and local analysis in México. Biological Conservation 94: 133-142

Trejo, I. y Dirzo, R. 2002. Floristic diversity of Mexican seasonally dry tropical forests. Biodiversity and Conservation 11: 2063–2048

Trejo, I. 1998. Distribución y diversidad de selvas bajas de México: relaciones con el clima y el suelo. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Trejo, I. 1999. El clima de la selva baja caducifolia en México. Investigaciones Geográficas, 3: 40-52

Trejo, I. 2005. Análisis de la diversidad de la selva baja caducifolia en México, en: [Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma](#). Halffter, G. S., Koleff, J. P. y A. Melic (Eds) Conabio, México. pp 111-122.

Ulloa-Nieto, J. A. 2006. Establecimiento y crecimiento inicial de cuatro especies arbóreas potencialmente útiles para la restauración de pastizales degradados del NO de Morelos. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. México.

United Nations Environment Program (UNEP). 2010. Indigenous knowledge in Africa. En: <http://www.unep.org/IK/Pages.asp?id=About%20IK>

Van der Putten, W.H., S.R. Mortimer, K. Hedlund, C. Van Dijk, V.K. Brown, J. Lepa, Rodríguez-Barrueco, C., Roy, J., Diaz-Len, T. A., Gormsen, D., Korthals, G.W., Lavorel, S., Santa-Regina, I. y Smilauer, P.. 2000. Plant species diversity as a driver of early succession in abandoned fields: a multi-site approach. Oecologia, 124: 91-99

Vázquez-García, L. 1941. Estudio monográfico de las Psychidae de México. Anales Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.

Vázquez-Perales, R. 2005. Producción sustentable de energía de biomasa mediante una plantación energética en la cuenca del Río Tembembe: el caso de Cuentepec. Reporte Técnico. Morelos. UNAM.

Vázquez-Perales, R., Islas-Samperio, J., Martínez-Romero, E., Toledo, I. Cecon, E. 2005. Initial establishment of two Energy Plantations using agroforestry systems for small farmers: the case of the village of Cuentepec, in Mexico. Memorias en extenso del 14th European Biomass Conference and Exhibition Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, 17-21 October 2005. Palais des Congrès, Paris, France.

Vázquez-Yanes, C., Batis Muñoz, A. I., Alcocer Silva, M. I., Gual Díaz M., Sánchez C. y Dirzo R. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO - Instituto de Ecología, UNAM.

Vázquez-Yanes, C., Orozco-Segovia, A., Rojas-Aréchiga, M., Sánchez-Coronado M. E. y Cervantes V. 1997. La reproducción de las plantas: semillas y meristemos. Fondo de Cultura Económica. México.

Wavey, R. 1993. International Workshop on Indigenous Knowledge and Community-based Resource Management: Keynote Address, En Traditional Ecological Knowledge concepts and cases, Ed. Inglis, J. T. International Program on Traditional Ecological Knowledge International Development Research Centre, Ottawa, Canada, 1-10pp.

Wunderle, J. M. 1997. The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forestry Ecology and Management*, 99: 223-235

Zahawi, R. A. 2005. Establishment and growth of living fence species: an overlooked tool for the restoration of degraded areas in the tropics. *Restoration Ecology*, 13: 92-102

Zahawi, R. A. 2008. Instant trees: Using giant vegetative stakes in tropical forest restoration. *Forest Ecology and Management*, 255: 3013-3016 .

Zahawi, R. A. y Holl, K. D. 2009. Comparing the performance of tree stakes and seedlings to restore abandoned tropical pastures. *Restoration Ecology*, 17: 854–864.

Zamora-Rosales, P. 2005 Efecto del ácido indolbutírico, la estratificación, la hora de corte y el tipo de selva en estacas de *Spondias mombin*: Una herramienta para la restauración ecológica. Tesis Profesional de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Zhang, B., Yang, Y. y Zepp, H. 2004. Effect of vegetation restoration on soil and water erosion and nutrient losses of a severely eroded clayey *Plinthudult* in southeastern China. *Catena*, 57: 77-90.

Zolman, B. K, Yoder A. y Bartel, B. 2000. Genetic analysis of indole-3-butyric acid responses in *Arabidopsis thaliana* reveals four mutant classes. *Genetics*. 156: 1323-1337.

Zorrilla, R. M. 2005. La influencia de los aspectos sociales sobre la alteración ambiental y la restauración ecológica. pp. 31-43. En: Sánchez O., Peters, E., Márquez-Huitzil, R., Vega, E., Portales, G., Valdés, M., y Azuara, D. (eds.) Temas sobre restauración ecológica. INE-SEMARNAT, U.S. Fish & Wildlife Service, UPC, A.C. México. 255pp.

Zuffellato-Ribas, K. y Domingos-Rodrigues, J. 2001. Estaquia: uma abordagem dos principais aspectos fisiológicos. Imprensa Universitaria da UFPR. Curitiba, Brasil. 39pp.

A N E X O

1. Entrevista

Nombre:

fecha:

Edad:

Sexo:

¿Cuánto tiempo tiene viviendo ahí?

¿Qué nombre común tiene el árbol?

¿Cómo son las estacas que se toman? ¿De qué diámetro?

¿De qué parte del árbol se toman?

¿Cómo se siembran?

¿Cuánto tiempo se espera después de cortada la estaca para sembrar y en qué condiciones se tiene?

¿Le dejan hojas?

¿Se planta en sol o en sombra?

¿Crece rápido el árbol?

¿En qué tipo de suelo se siembra más?

¿En qué fecha se cortan las estacas?

¿Cuándo se siembran?

¿En cuánto tiempo obtiene resultados?

¿De todas las estacas que siembra cuántas sobreviven?

¿Qué otros usos tiene el árbol?

Fruta:

Madera:

Otros:

¿Se usa como cerco vivo?

¿Se sabe algún lugar donde hay más *Spondias*?

2. Ventajas y desventajas técnicas

Ventajas y desventajas *técnicas* que implican el uso del tubete y el uso de la bolsa.

Uso de tubete (Fig. 37)

Ventajas:

- ⇒ El llenado de los envases requiere menor tiempo.
- ⇒ Menor cantidad de sustrato utilizado
- ⇒ Menor espacio ocupado en invernadero.
- ⇒ Posibilidad de reusar muchas veces el mismo material.
- ⇒ Mejor control de la humedad en el sustrato (no hay excesos, pues todo drena).
- ⇒ Facilidad de transporte al campo, por peso, espacio y manejo. Se pueden transportar hasta 60 plántulas de tubete envueltas en una tira plástica ya fuera del tubete y listas para plantarse (experiencia pers.).
- ⇒ De más fácil siembra por el diámetro pequeño de la cepa que se necesita.
- ⇒ Si se usa un sustrato inerte (peat moss, arena, fibra de coco, agrolita, etc.) no necesita esterilizarse y se evitan plagas y enfermedades en las plántulas.

Desventajas:

- ⇒ Mayor costo inicial que las bolsas.
- ⇒ Requiere de sustrato especial, que generalmente es más caro (aunque pueden usarse materiales de bajo costo, como la arena o la fibra de coco)
- ⇒ Necesita de humedad constante en el sustrato (si se usa peat moss) porque pierde sus propiedades de densidad aparente y estructura si se seca.
- ⇒ Necesita fertilización si se usan sustratos inertes, lo que representa gasto y tiempo si no se cuenta con un sistema automatizado.

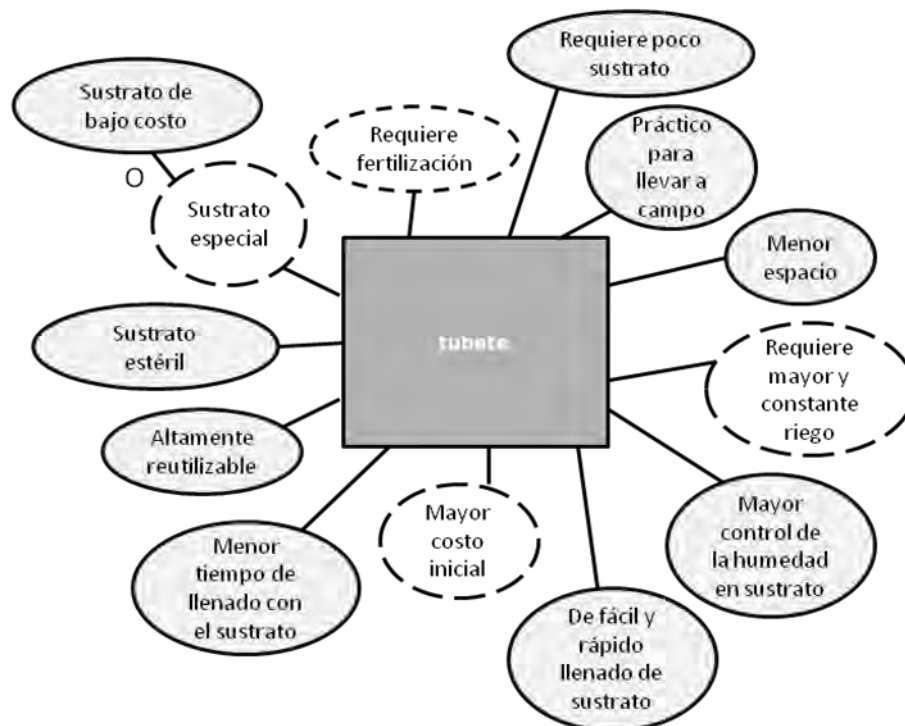


Figura 37. Esquema de las ventajas y desventajas técnicas que tiene el uso de tubetes como recipientes para la siembra.

Uso de bolsa (Fig. 38)

Ventajas:

- ⇒ Menor costo.
- ⇒ Se encuentra fácilmente en las tiendas.
- ⇒ No requiere de fertilización cuando se usa suelo forestal (llamada comúnmente tierra negra), o algún sustrato no inerte.
- ⇒ El suelo forestal puede proveer de hongos micorrizógenos cuando se siembran plántulas o semillas.
- ⇒ Mantiene por más tiempo la humedad.
- ⇒ Permite que mayor cantidad de sustrato se coloque alrededor de la planta a sembrar.

Desventajas:

- ⇒ Requiere más sustrato que el tubete, aunque sean bolsas pequeñas.
- ⇒ El tiempo de llenado de las bolsas es mayor al de los tubetes.
- ⇒ Si no se utilizan sustratos inertes, y se usa suelo forestal también puede tener patógenos que afecten a la siembra.
- ⇒ Al no tener un adecuado sistema para drenar el agua excedente, pueden anegarse y pudrir las plantas o permitir el crecimiento de hongos.

- ⇒ Ocupa mucho más espacio que los tubetes.
- ⇒ En el transporte hacia el campo son poco prácticas, pues ocupan más espacio, pesan más y no se pueden transportar muchas bolsas por persona, ya que por lo general hay que recorrer camino a pie para llegar a la zona de plantación.
- ⇒ Necesita un mayor diámetro de cepa para su siembra.
- ⇒ Si las raíces crecen demasiado y se encuentran colocadas en el suelo la raíz penetra en el suelo, dañándose al mover las bolsas.

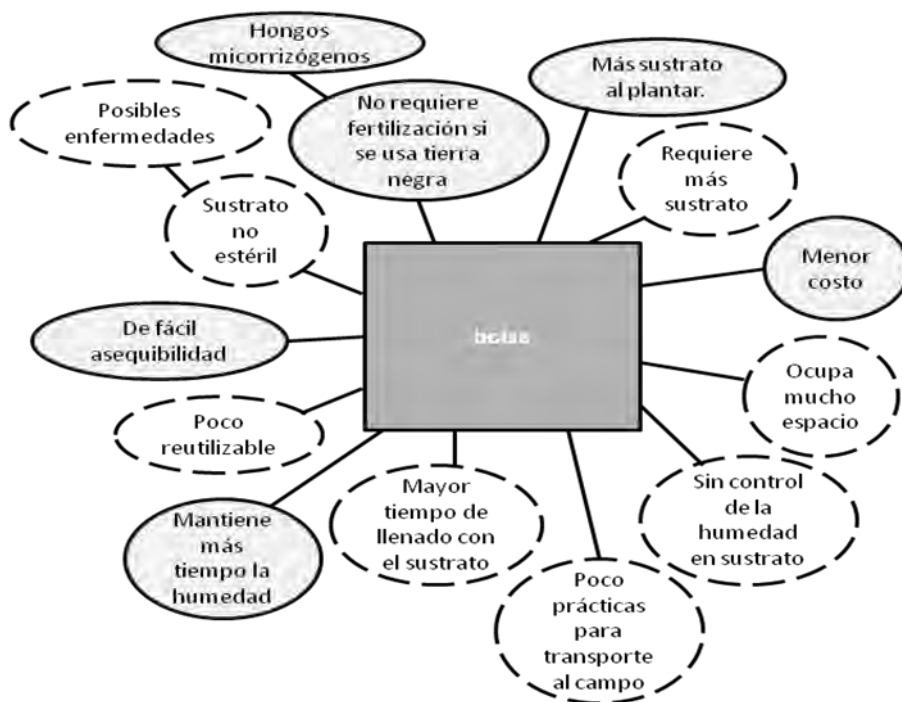


Figura 38. Esquema de las ventajas y desventajas técnicas que tiene el uso de bolsas como recipientes para la siembra.

3. Porcentaje de supervivencia

Datos del porcentaje de la supervivencia por tratamiento de cada monitoreo

Tratamiento	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.
2 m gruesas	73.3%	76.7%	60.0%	43.4%	36.7%
1m gruesas	83.3%	63.3%	46.7%	46.7%	30.0%
2m delgadas	90.0%	80.0%	63.3%	46.7%	43.3%
1m delgadas	36.7%	50.0%	40.0%	26.7%	13.3%
tubete	100.0%	66.7%	43.3%	26.7%	6.7%
bolsa	100.0%	80.0%	50.0%	36.7%	20.0%
Tratamiento	Dic.	Enero	Febrero	Marzo	Abril
2 m gruesas	26.7%	16.7%	13.0%	0.10	0.07
1m gruesas	13.3%	10.0%	6.7%	0.03	0.03
2m delgadas	16.7%	10.0%	3.3%	0.0%	0.0%
1m delgadas	6.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
tubete	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
bolsa	6.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

Tabla 16. Supervivencia de los tratamientos establecidos en campo de estacas y esquejes de *Spondias purpurea*. Donde los tratamientos de 2m y 1m gruesas y delgadas corresponden a estacas, y los tratamientos de bolsa y tubete son de esquejes.