



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

**CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**PROPAGACIÓN ASEXUAL POR ACODOS AÉREOS EN
TRES ESPECIES DE MANGLE Y SU
ESTABLECIMIENTO PARA FINES DE
REFORESTACIÓN**

T E S I S

(Idónea Comunicación de Resultados)

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS
P R E S E N T A**

Biól. Saúl Hernández Carmona

COMITÉ TUTORAL:

DIRECTOR:

Dr. GUSTAVO CARMONA DÍAZ

ASESOR:

Dr. CARLOS HÉCTOR ÁVILA BELLO

ASESOR:

Dr. GERMÁN DAVID MENDOZA MARTÍNEZ

México D. F. Marzo de 2010

La presente tesis titulada: Propagación asexual por acodos aéreos en tres especies de mangle y su establecimiento para fines de reforestación, realizada por el alumno Saúl Hernández Carmona, bajo la dirección del comité tutorial indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

COMITÉ TUTORAL

DIRECTOR	Dr. Gustavo Carmona Díaz	_____
ASESOR	Dr. Carlos Héctor Ávila Bello	_____
ASESOR	Dr. Germán David Mendoza Martínez	_____

México D. F. Marzo 2010

DEDICATORIA

A mis padres

Emilia Carmona Palacios

Modesto Hernández García

Por ser los pilares que me sostienen y me motivan a seguir preparándome. Por el apoyo y el amor incondicional que siempre me han brindado. Este logro también es de ustedes.

A mis hermanos

José Guadalupe

Catalina

Sandra

Gracias por el apoyo y los ánimos que siempre me dieron.

A mis amores

Dariel y Dayra

Porque ambos me motivan y me inspiran a seguir adelante para poder brindarles lo mejor. Los amo corazones.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios, por darme la vida y por los logros que me permite alcanzar y disfrutar.

Al Dr. Gustavo Carmona Díaz, director de esta tesis, por el tiempo invertido, sus comentarios, sugerencias, observaciones y por el apoyo en la realización del trabajo.

A los Drs. Carlos Héctor Ávila Bello, Germán David Mendoza Martínez y Fidel Adolfo Payán Zelaya, por sus valiosas revisiones y observaciones durante la elaboración de este trabajo.

A mis carnales Carlos, Gaudencio y Manuel, por el ánimo y apoyo laboral que siempre mostraron. Al carnal Mario por su valiosa ayuda para los análisis estadísticos.

A mi amiga y compañera, Yazmín Reyes Domínguez, por impulsarme a seguir y terminar este importante trabajo. Gracias corazón por todo tu apoyo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
RESUMEN GENERAL	VIII
ABSTRACT	X
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
Bibliografía.....	5
CAPÍTULO II.....	8
PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE TRES ESPECIES DE MANGLE POR ACODOS AÉREOS EN EL MANGLAR DE SONTECOMAPAN, CATEMACO, VERACRUZ, MÉXICO	8
Resumen	9
Introducción.....	10
Materiales y Métodos	13
Resultados.....	15
Discusión	17
Conclusiones.....	20
Bibliografía.....	21
CAPÍTULO III	29
PROPAGACIÓN ASEXUAL DE <i>LAGUNCULARIA RACEMOSA</i> GAERTN (COMBRETACEAE) POR ACODO AÉREO EN EL MANGLAR DE SONTECOMAPAN, CATEMACO, VERACRUZ, MÉXICO	29
Resumen	30
Introducción.....	31
Materiales y Métodos	35
Resultados.....	37
Producción de raíces	37
Plantación de los acodos.....	37
Discusión	39
Conclusiones.....	42
Bibliografía.....	43
CAPÍTULO IV	50
CONCLUSIONES GENERALES	50

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Muestra los acodos elaborados y la cantidad de estos que lograron producir raíces por especie, así como el número de días que tardaron en formar sus primeras raíces y en ser desprendidos del árbol progenitor.....	26
Cuadro 2. Promedio \pm DE del número de raíces producidas por los acodos de cada especie y de las longitudes y grosores que estas presentaron.....	27
Cuadro 3. Promedios \pm DE de las medidas estructurales de los árboles adultos en los que se elaboraron los acodos y de las ramas acodadas de cada especie.....	28
Cuadro 4. Resultados del análisis de suelo realizado en cada uno de los sitios de plantación de los acodos.....	47
Cuadro 5. Número de acodos plantados y evaluación del porcentaje de supervivencia y número de acodos con y sin producción de retoños en cada sitio de plantación durante un periodo de ocho meses de muestreo, donde CN = Costa Norte, CM = Costa Mango y RC = Río Coxcoapan.....	48
Cuadro 6. Evaluación de los acodos que lograron producir retoños, cantidad de retoños producidos y crecimiento en longitud y grosor para cada sitio de plantación durante un periodo de ocho meses de muestreo, donde AR = Acodos con retoños, NRP = Número de retoños producidos, NR-/+ = Número menor y mayor de retoños producidos, LR = Longitud de los retoños, L-/+ = Longitud menor y mayor de los retoños, GR = grosor de los retoños y G-/+ = Grosor menor y mayor de los retoños.	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa del sitio RAMSAR 1342 “Manglares y Humedales de la Laguna de Sontecomapan” donde se llevó a cabo el estudio. 25

Figura 2. Muestra el mapa de la Laguna de Sontecomapan y los sitios donde se llevó a cabo la plantación de los acodos de *L. racemosa*. 46

RESUMEN GENERAL

Uno de los principales problemas al que se enfrentan los bosques de mangle es la deforestación, ocasionada por actividades como la tala, la agricultura y la ganadería. Con la finalidad de frenar la reducción de éstas importantes áreas se han implementado programas de reforestación por medio de la siembra directa de propágulos y plántulas, sin embargo, los resultados han sido poco exitosos debido a los altos índices de mortalidad de las plántulas. Por ésta razón y con la finalidad de probar otros métodos de propagación, en el presente trabajo se buscó probar la viabilidad de la propagación asexual mediante la técnica de acodos aéreos en *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) y *Avicennia germinans* (mangle negro), bajo el supuesto de que un individuo de mangle propagado por medio de acodos aéreos logra mayor altura y más rápido crecimiento, además de desarrollarse en menor tiempo que al usar propágulos maduros. El trabajo se realizó en el sitio RAMSAR 1342 “Manglares y humedales de la laguna de Sontecomapan, Catemaco, Veracruz”. Para esto se prepararon 120 acodos de cada especie sobre árboles de mangle adultos, vigorosos y sanos. Se obtuvieron 96 (80%) acodos de *L. racemosa* con raíces a los 195 días de su preparación, así como 37 (30.8%) de *R. mangle* y 31 (25.8%) de *A. germinans* después de un año. Al comparar con una prueba χ^2 entre los acodos que habían logrado producir raíces a los 195 días se encontraron diferencias significativas ($\chi^2 = 27.8$, gl = 2 y P = 0.001), al igual que entre los acodos a un año ($\chi^2 = 29.8$, gl = 2 y P = 0.001). Los promedios del número de raíces producidas en cada especie, sus longitudes y grosores fueron muy diferentes; al comparar estas variables se encontraron diferencias significativas entre el número de raíces producidas (H = 53.8 y P = 0.001), longitud (H = 47.6 y P = 0.001) y grosor (H = 86.4 y P = 0.001) de las raíces. Mediante una ANCOVA se analizó la relación entre la altura, diámetro a la altura del pecho y

cobertura de los árboles adultos y la longitud y grosor de las ramas acodadas, encontrándose que ninguna de estas variables tuvo relación con el número de raíces producidas por especie. No se encontró una asociación significativa entre las variables longitud y grosor de las ramas acodadas con el número de raíces de cada especie. Todos los acodos fueron llevados a campo y únicamente 43 de *L. racemosa* lograron producir retoños. Los acodos de *L. racemosa* fueron plantados en tres diferentes sitios del manglar de Sontecomapan, Costa Norte, Costa Mango y Río Coxcoapan, y se logró obtener producción de retoños en un 44.7% durante el quinto mes de la plantación y una supervivencia del 30.2% en el octavo mes. Costa Norte fue el sitio donde se observó la mejor respuesta de cantidad de retoños producidos con un promedio de 56.3 ± 86.8 , los cuales alcanzaron una longitud de 24.2 ± 14 y un grosor de 0.38 ± 0.15 cm. Únicamente se encontró diferencia significativa entre la cantidad de retoños producidos en cada sitio durante el séptimo ($H = 13.234$, $P = 0.001$) y el octavo mes ($U = 18.5$, $P = 0.008$). *L. racemosa* fue la especie que registró el mayor número de acodos con producción de raíces, y la única que se estableció exitosamente en condiciones de campo.

ABSTRACT

One of the main problems mangrove forests are facing, is deforestation, caused by activities such as logging, agriculture and livestock. In order to stop the diminution of these important areas, many reforestation programs have been implemented; for example, direct planting of propagules and seedlings. However, results have been unsuccessful due to the high mortality rates of seedlings. For this reason, and in order to try other methods of propagation, this paper intends to demonstrate the viability of asexual propagation by air layering technique in *Rhizophora mangle* (red mangrove), *Laguncularia racemosa* (white mangrove) and *Avicennia germinans* (black mangrove), under the assumption that an individual mangrove spread through air layering, achieves higher and faster growth, and develops in less time than using mature propagules. The work was done in the RAMSAR site 1342 “Mangroves and wetlands of Lake Sontecomapan, Catemaco, Veracruz”. 120 layers of each species were prepared on adult, vigorous and healthy mangrove trees. 96 (80%) layers of *L.racemosa* with roots were obtained 195 days after the preparation, as well as 37 (30.8%) of *R. mangle* and 31 (25.8%) of *A.germinans* after a year. When the layers that produced roots on the 195th day were compared by an χ^2 test, significant differences were found ($\chi^2 = 27.8$, $df = 2$, $P = 0.001$), same as the layers that produced roots within a year ($\chi^2 = 29.8$, $df = 2$, $P = 0.001$). The average amount of roots produced by each species, their lengths and widths were very different. When this variables were compared, significant differences were found between the number of roots that were produced ($H = 53.8$ and $P = 0.001$), the length ($H = 47.6$ and $P = 0.001$) and the width ($H = 86.4$ and $P = 0.001$) of the roots. The relation between height, chest diameter and coverage of the adult trees and length and width of the layered branches, was analyzed with an ANCOVA, and what was found was that neither of these variables was related to the amount of roots produced by

each species. A significant association between the length and width of the layered branches and the amount of roots produced by each species was not found. All the layers were taken to the field, and only 43 of *L.racemosa* were able to produce offspring. *L.racemosa* layers were planted in three different sites of the Sontecomapan mangrove: Costa Norte, Costa Mango and Río Coxcoapan. A 44.7% offspring production rate was accomplished during the 5th month of the plantation, as well as a 30.2% of survival rate on the 8th month. Costa Norte was the site where the best response was observed in amount of offspring produced, with an average of 56.3 ± 86.8 , which reached a length of 24.2 ± 14 and a width of 0.38 ± 0.15 cm. Significant difference was only found between the number of offspring produced at each site during the seventh ($H = 13,234$, $P = 0.001$) and eighth month ($U = 18.5$, $P = 0.008$). *L. racemosa* recorded the highest amount of layers with root production, and was the only species that was successfully established in field conditions.

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN GENERAL

Los manglares son ecosistemas formados por especies arbóreas halófitas (tolerantes a la salinidad) que se distribuyen en 112 países sobre las zonas costeras tropicales de Asia, África, Oceanía y América (ISME, 1999, citado por Carmona-Díaz *et al*, 2005); representados por 69 especies (tres helechos, una palma y 65 árboles), pertenecientes a 24 géneros y 19 familias (Tomlinson, 1994). Son considerados los ecosistemas tropicales más frágiles y los más productivos del planeta, su importancia radica en el potencial económico y alimenticio que representan para los pobladores que habitan en sus cercanías (Tomlinson, 1994).

Las especies de mangle en México se encuentran bajo protección especial dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2001. *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans* son las especies en las que se ha estudiado su propagación con fines de conservación por la marcada pérdida de las áreas de manglar, por lo cual resulta necesario profundizar en el tema de la propagación de estas especies de mangle (Reyes y Tovilla, 2002; Carmona-Díaz *et al*, 2005).

La forma tradicional para su propagación puede ser colectando propágulos y sembrándolos en los sitios que se deseen restaurar, o mediante la producción de plantas en viveros para utilizarlas en la reforestación, sin embargo, cuando se busca reforestar las áreas de manglar mediante esta vía, se tiene la desventaja de que sólo un bajo índice de individuos logra establecerse y alcanzar la madurez, debido al ataque de herbívoros, insectos y plagas, lo que ocasiona altos índices de mortalidad durante la etapa de plántula (Reyes-De la Cruz *et al*, 2002; Basáñez-Muñoz *et al*, 2008; Carmona-Díaz *et al*, 2009).

La propagación asexual por su parte, se orienta a la obtención de clones, teniendo la ventaja de una producción uniforme de individuos que conserven los mismos caracteres de la planta de origen, siendo esta, una técnica que ha adquirido gran

importancia en la multiplicación y conservación de especies amenazadas, principalmente de especies arbóreas tropicales (Rojas-Gonzales *et al*, 2004; Molano y Roso de Luna, 2007).

A través de la propagación vegetativa es posible tener individuos mediante varias técnicas como el cultivo *in vitro*, acodos aéreos o varetas, las cuales, combinadas con el uso de diferentes fitohormonas como las auxinas pueden dar resultados satisfactorios en cuanto a enraizamiento (Rao *et al*, 1998). Particularmente, la técnica del acodo aéreo, puede ofrecer ciertas ventajas, tales como: 1) Obtención de clones en periodos relativamente cortos mediante la inducción de raíces, requiriéndose de pocos individuos para obtener el material vegetal (Rao *et al*, 1998; Rojas-Gonzales *et al*, 2004); 2) La rama acodada al no ser separada de la planta madre sigue recibiendo agua y nutrimentos (Castillo *et al*, 2005) y 3) Las plantas obtenidas no retornan a un estadio juvenil durante el cual puede darse un alto índice de mortalidad (Nilca *et al*, 2004). Entre las técnicas de propagación asexual y las especies de mangle que han sido evaluadas están los acodos aéreos en *Sonneratia apetala* (Sonneratiaceae) y *Xylocarpus granatum* (Meliaceae) (Kathiresan y Ravikumar, 1995); *in vitro* en *Excoecaria agallocha* (Euphorbiaceae) (Rao *et al*, 1998); varetas o esquejes en *Laguncularia racemosa* (Combretaceae) (Elster y Perdomo, 1999); acodos aéreos y varetas o esquejes en *E. agallocha*, *Heritiera fomes* (Sterculiaceae) e *Intsia bijuga* (Leguminaceae) (Eganathan *et al*, 2000) y *L. racemosa* y *Conocarpus erectus* (Combretaceae) (Benítez *et al*, 2002); varetas en *L. racemosa*, *C. erectus*, *Rhizophora mangle* (Rhizophoraceae) y *Avicennia germinans* (Avicenniaceae) (Felipe, 2006; Cruz y Pino, 2006; Alemán y Ortega, 2006; Pérez-Zetina, 2006). La poca información documentada puede estar relacionada al hecho de que las especies de mangle tienen poca capacidad para la regeneración vegetativa, lo que las hace difíciles de propagar de manera asexual

(Tomlinson, 1986, citado por Elster y Perdomo, 1999), y que algunas técnicas como el cultivo *in vitro* requieren un equipo sofisticado lo que las hace más costosas (Rao *et al*, 1998).

En relación con lo anterior, en el presente trabajo se evaluó la propagación asexual de las especies *L. racemosa*, *A. germinans* y *R. mangle* mediante la técnica de acodos aéreos.

En el capítulo uno se hizo una reseña acerca de la problemática actual de los ecosistemas de manglar, y de la dificultad que ha representado la restauración de sus áreas degradadas, debido a los escasos resultados obtenidos en los programas de reforestación mediante la siembra de propágulos.

El capítulo dos presenta los resultados correspondientes a la evaluación de producción de raíces en los acodos aéreos en las tres especies, cuyos resultados corresponde a su elaboración, número de acodos por especie con producción de raíces, tiempo en que se formaron y maduraron las raíces, conteo y medición de longitud y grosor, relación de la estructura de los árboles y las ramas acodadas con el número de raíces producidas y desprendimiento de los mismos. Se utilizaron pruebas de χ^2 para comparar las diferencias entre el número de acodos que lograron producir raíz por especie; análisis no paramétrico para las diferencias entre el número de raíces, sus longitudes y grosores por especie; análisis de covarianza para determinar la relación de las variables altura, DAP y cobertura de los árboles y longitud y grosor de las ramas acodadas con el número de raíces producidas, así como una correlación para ver si la longitud y grosor de las ramas acodadas influyó con el número de raíces producidas.

En el capítulo tres se presentan los resultados correspondientes a la plantación de los acodos de *L. racemosa*, por ser la única especie que logró establecerse con éxito en tres diferentes sitios del manglar de Sontecomapan. En cada sitio se evaluó el

establecimiento de los acodos mediante la producción de retoños y su crecimiento en longitud y grosor. La evaluación se hizo a lo largo de ocho meses, durante los cuales se obtuvo el número de acodos que lograron producir retoños, el tiempo que tardaron en producirlos, el incremento o decremento que mostraron en la cantidad de retoños, sus longitudes y grosores, así como el porcentaje de supervivencia registrado a lo largo de ocho meses. Mediante análisis no paramétrico se compararon las variables cantidad de retoños, longitud y grosor de estos por cada sitio de plantación durante los meses más representativos.

Por último, el capítulo cuatro corresponde a las conclusiones generales, donde se retoman los resultados encontrados en los capítulos II y III.

Bibliografía

- Alemán-Soto, E. y L. M. Ortega-Ramos. 2006. Propagación de *Rhizophora mangle* L. (Rhizophoraceae) “mangle rojo” para la reforestación de la Laguna del Ostión, Pajapan, Veracruz. Tesis. 39 p.
- Benítez Pardo, D.; F. F. Verdugo y J. V. Hernández. 2002. Reproducción vegetativa de dos especies arbóreas en un manglar de la costa norte del Pacífico mexicano. *Madera y Bosques* **8**(2): 57-71.
- Basáñez-Muñoz, A. J.; P. Elorza-Martínez; J. L. Alanís-Méndez; M. Á. Cruz-Lucas y N. Sánchez-Solórzán. 2008. Instalación de un vivero comunal y propagación de las especies de mangle en Tuxpan, Veracruz. XXI Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz y I del Trópico Mexicano. 11 p.
- Carmona-Díaz, G.; J. E. Morales-Mavil y E. Rodríguez-Luna. 2005. Plan de manejo del Manglar de Sontecomapan, Catemaco, Veracruz. Instituto de Neuroetología. 112 p.

- Carmona-Díaz, G.; C. Duncan-Lara; G. Cruz-Ruiz; M. Gómez-Herrera; E. González-Antonio y S. Hernández-Carmona. 2009. Reforestación y mantenimiento de áreas de manglar en el sur de Veracruz, México. *Memorias III Foro Internacional Biológico Agropecuario*. Tuxpan, Veracruz. 21-24 de septiembre.
- Castillo, M.; Y. H. Fréitez y N. Hernández, B. 2005. Efectos de la auxina AIB en la propagación de azahar de la India (*Murraya paniculata* L. Jack) por acodo aéreo. *Bioagro* 17(2): 123-126.
- Cruz-Ruiz, G.; y J. V. Pino-Hernández. 2006. Propagación por esquejes y propágulos de *L. racemosa* (Combretaceae) “mangle blanco” en el vivero de la Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria de Acayucan, Veracruz. Tesis. 43 p.
- Eganathan, P.; C. Srinivasa Rao y Ajith Anand. 2000. Vegetative propagation of three mangrove tree species by cuttings and air layering. *Wetlands Ecology and Management* 8: 281-286.
- Elster, C. y L. Perdomo. 1999. Rooting and vegetative propagation in *Laguncularia racemosa*. *Aquatic Botany* 63: 83-93.
- Felipe, G. S. 2006. Propagación sexual y asexual de *avicennia germinans* (Avicenniaceae) mangle negro en el vivero de la f.i.s.p.a. Acayucan, Veracruz. Tesis. 50 p.
- Kathiresan, K. y S. Ravikumar. 1995. Vegetative propagation through air-layering in two species of mangroves. *Aquatic Botany* 50: 107-110.
- Molano, R. D. y M. Roso de Luna L. 2007. Propagación de plantas medicinales y aromáticas. CPR Trujillo. 30 p.

- Nilca, R. A.; J. A. Vilchez P.; Z. J. Vilorio; C. Castro y J. Gadea L. 2004. Propagación asexual del guayabo mediante la técnica de acodo aéreo. *Agronomía Tropical*. **54**(1): 63-73.
- Pérez-Zetina, J. 2006. Producción de *Conocarpus erectus* L. (Mangle botoncillo) en cuatro sustratos en el vivero de la Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria. Acayucan, Veracruz. Tesis. 26 p.
- Rao, C.; P. Eganathan; A. Anand; P. Balakrishna y T. P. Reddy. 1998. Protocol for in vitro propagation of *Excoecaria agallocha* L., a medicinally important mangrove species. *Plant Cell Reports* 17: 861-865.
- Reyes-De la Cruz, A.; G. López-Ocaña y H. Hernández-Trejo. 2002. Evaluación preliminar de los efectos de la inundación y la herbivoría sobre plántulas de mangle. *Universidad y Ciencia* 18(36): 135-140.
- Reyes Chargoy, M. A. y C. Tovilla Hernández. 2002. Restauración de áreas alteradas de manglar con *Rhizophora mangle* en la costa de Chiapas. *Madera y Bosques* 1: 103-114.
- Rojas-González, S.; J. García-Lozano y M. Alarcón Rojas. 2004. Propagación asexual de plantas. Conceptos Básicos y Experiencias con Especies Amazónicas. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. 56 p.
- Tomlinson, P. D. 1994. The botany of mangroves. Harvard University. Harvard Forest. Petersham, Mass. 419 p.

CAPÍTULO II

PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE TRES ESPECIES DE MANGLE POR ACODOS AÉREOS EN EL MANGLAR DE SONTECOMAPAN, CATEMACO, VERACRUZ, MÉXICO

Resumen

La propagación asexual en especies de manglar está escasamente documentada en la literatura y ha consistido en la propagación vegetativa de algunas especies sin existir continuidad y mayor investigación debido a los resultados poco favorables. De las 69 especies de mangles sólo nueve han sido propagados a través de la reproducción asexual y los resultados van desde una escasa producción de raíces en individuos acodados hasta un bajo porcentaje de estos mismos individuos que logran establecerse en campo. Esto ha hecho que algunos especialistas en manglares opinen que estas especies no son apropiadas para propagarse de forma vegetativa. El objetivo de este trabajo fue evaluar la propagación asexual por acodos aéreos en las especies *Rhizophora mangle* (Rhizophoraceae), *Laguncularia racemosa* (Combretaceae) y *Avicennia germinans* (Avicenniaceae) bajo el supuesto de que un individuo de mangle propagado por acodo puede ser de mayor altura y más rápido crecimiento, además de desarrollarse en menor tiempo que al propagarse por propágulo. El trabajo se hizo en el sitio Ramsar 1342 “Manglares y Humedales de la Laguna de Sontecomapan”, Catemaco, Veracruz, México. Se acodaron 120 ramas por especie de mangle utilizando ácido indolbutírico (Raizone-plus, con 6% de ácido indol-3-butírico) para favorecer el enraizado. *Laguncularia racemosa* produjo raíces en 96 acodos después de 195 días. *Rhizophora mangle* produjo raíces en 37 acodos y *A. germinans* en 31. Estas dos últimas especies después de 1 año de acodadas. Se encontraron diferencias significativas entre el número de raíces producidas por especie, su longitud y grosor. No se encontró relación entre el número de raíces producidas por especie con la altura, diámetro a la altura del pecho y cobertura de los árboles seleccionados y la longitud y grosor de las ramas acodadas. No se encontró una asociación significativa entre las variables longitud y grosor de las ramas acodadas con el número de raíces para cada especie. Las tres especies tienen la

capacidad de producir raíz aunque en cantidad y tamaños diferentes, no obstante, se sugiere el acodado de la especie *L. racemosa* para efectuar programas de reforestación.

Palabras clave: Propagación asexual, acodo aéreo, especies de mangles, producción de raíces.

Introducción

El uso, la conservación, manejo y restauración ecológica de los manglares están entre los aspectos más importantes relacionados con la conservación de estos ecosistemas (Carmona-Díaz *et al*, 2004). La restauración ecológica se ha tratado de hacer mediante técnicas de propagación, reforestación y rehabilitación como estrategias conservacionistas que permitan el éxito en la recuperación de estos ambientes (Eganathan *et al*, 2000; Basáñez-Muñoz *et al*, 2008; Cruz-Ruíz *et al*, 2009; Carmona-Díaz *et al*, 2009). La técnica más comúnmente usada es la siembra directa de propágulos para recuperar áreas deforestadas de manglar (Reyes y Tovilla, 2002). Sin embargo, esta acción tiene la desventaja de que sólo un bajo índice de individuos sembrados logra alcanzar la madurez (Lema *et al*, 2003). Esto conlleva a resultados pocos favorables, debido entre otros factores, a la falta de cuidados desde la colecta de los propágulos, el ataque de herbívoros, insectos y plagas durante la etapa crítica del establecimiento, lo cual impide el desarrollo de los individuos de mangle y en general, de la plantación o plantaciones realizadas (Reyes-De la Cruz *et al*, 2002).

Con las técnicas de reproducción asexual como estacas, varetas y acodos aéreos, se pueden propagar individuos de plantas vasculares y los resultados son más satisfactorios cuando se utilizan fitohormonas naturales o artificiales, lo cual induce la formación de raíces, gemas foliares y retoños (Rao *et al*, 1998). En pocas especies de mangles se han implementado estas técnicas de reproducción asexual con la finalidad de

obtener individuos en un corto tiempo y con mayores dimensiones estructurales que permitan restaurar las áreas de manglar degradadas (Benítez *et al*, 2002). Por ejemplo, los acodos aéreos brindan la posibilidad de propagar y obtener mangles con un avanzado desarrollo y tamaños uniformes a partir de ramas seleccionadas de determinada longitud y grosor y de árboles en etapa reproductiva (Castillo *et al*, 2005; Nilca *et al*, 2004). Los individuos propagados de manera asexual no retornan a un estado juvenil donde se presenta un alto índice de mortalidad (Eganathan *et al*, 2000).

La propagación asexual por acodos aéreos ha sido poco documentada en especies de manglar, por lo cual se les considera con poca o nula capacidad natural para su regeneración vegetativa (Tomlinson, 1986). Algunos autores señalan que especies de los géneros *Avicennia*, *Rhizophora*, *Laguncularia*, *Conocarpus*, *Sonneretia*, *Xylocarpus* (Kathiresan y Ravikumar, 1995; Elster y Perdomo, 1999; Benítez *et al*, 2002), *Excoecaria*, *Intsia* y *Heritiera* (Eganathan *et al*, 2000), tienen la capacidad fisiológica para poder propagarse de forma asexual por acodos aéreos y estacas y que los criterios de selección de árboles y ramas para la obtención del material vegetativo pueden variar considerablemente de acuerdo con la cobertura vegetal de los individuos y la especie, siendo estos factores importantes a considerar, aunado a un adecuado control y cuidado de los acodos aéreos para obtener resultados favorables al propagar vegetativamente las especies de manglar.

Benítez *et al* (2002) consideran que los árboles de mangle sanos y vigorosos, de porte y edad intermedia son idóneos para obtener material vegetativo, sugiriendo la selección de ramas de entre 1.5 m de largo y 3 cm de grosor, y que presenten cuando menos una yema axilar. Encontraron que elaborando los acodos durante el verano las especies *L. racemosa* y *Conocarpus erectus* obtuvieron producción de raíces en un 80% de los acodos pero que fueron dañados por hormigas, lo cual impidió que fueran

llevados a los sitios de plantación. También elaboraron acodos durante el otoño, donde la respuesta de producción de raíces decreció en un 40%. García-Hoyos *et al* (2005) registraron producción de raíces en un 18.3% de los acodos de las especies *L. racemosa*, *R. mangle* y *A. germinans* en ramas acodadas de aproximadamente tres metros de longitud; en este trabajo destaca la obtención de cuatro acodos que posterior a su plantación lograron producir retoños y establecerse exitosamente. Otros autores argumentan que la utilización de fitohormonas puede dar buenos resultados y favorecer la inducción de raíces en acodos aéreos como en el caso de las especies de *Sonneretia apetala* y *Xylocarpus granatum*. Kathiresan y Ravikumar (1995) propagaron las dos especies anteriores durante las cuatro estaciones del año pero sólo los acodos elaborados en octubre y enero lograron producir raíces, con una mayor respuesta en *S. apetala*, mencionando que los efectos de las hormonas pueden tener una amplia relación con las variaciones estacionales que se dan a lo largo del año.

Otra técnica de propagación asexual que ha sido probada en especies como *R. mangle* y *L. racemosa* es la de estacas o varetas, obteniéndose resultados positivos sólo en *L. racemosa*. Elster y Perdomo (1999) propagaron 240 varetas bajo condiciones controladas, logrando obtener producción de retoños e incluso de floración únicamente en 5 de éstas. Sembrando 170 varetas directamente en campo, lograron la supervivencia de 29, después de seis meses de sembradas. Carmona-Díaz (2005) ha registrado resultados favorables en la producción de rebrotes e incluso de neumatóforos en las varetas de *A. germinans*, mismas que crecieron y se desarrollaron durante tres años posteriores a su elaboración, en *L. racemosa* se registró un individuo totalmente ramificado de aproximadamente 1 m, mientras que de *C. erectus* se mantuvieron tres varetas de la misma altura las cuales han pasado por su etapa de floración y fructificación después de tres años de haberse sembrado. También se ha tenido respuesta

de producción de rebrotes en varetas de 25 y 50 cm en *L. racemosa* y *A. germinans* las cuales en un periodo de 88 días fueron abortados (Felipe, 2006; Cruz y Pino, 2006,.) así como en *R. mangle* y *C. erectus*, siendo nula la obtención de rebrotes en *R. mangle* y escasa en *C. erectus* con tan sólo algunos rebrotes mismos que fueron abortados (Alemán y Ortega, 2006; Pérez-Zetina, 2006). El cultivo *in vitro*, ha sido probado en *Excoecaria agallocha* en la que se logró obtener de 10 a 12 renuevos por explante a los tres meses del cultivo, registrando un 85% de plantas que lograron adaptarse exitosamente al ambiente natural en condiciones ex vitro (Rao *et al*, 1998).

Tomando en cuenta los trabajos que existen acerca de la propagación vegetativa de especies de manglar, queda de manifiesto el gran potencial genético que estas presentan para propagarse de forma asexual mediante diversas técnicas como el acodo aéreo, varetas o *in Vitro*, a través de las cuales se pueden llegar a obtener resultados favorables que garanticen la viabilidad y el éxito en su propagación, evidenciándose la posibilidad de generar tecnología propia para el manejo de éstas especies; además de que este tipo de propagación puede brindar la oportunidad de explotar la variación genética directamente, teniendo la gran ventaja de poder obtener individuos de mayor talla en poco tiempo comparado con la reproducción sexual (Eganathan *et al*, 2000). De acuerdo con lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la propagación asexual mediante la técnica de acodos aéreos en las especies de *L. racemosa*, *A. germinans* y *R. mangle* comparando la cantidad, longitud y grosor de las raíces entre cada especie, así como el tiempo que tardan en producirlas.

Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en el sitio Ramsar 1342 “Manglares y Humedales de la Laguna de Sontecomapan” ubicado en las coordenadas 18° 30’ – 18° 34’ Norte y 95°

00' – 95° 04' Oeste (Figura 1), en la región de Los Tuxtlas a 20 km de la ciudad de Catemaco, entre la cuenca del volcán San Martín y la Sierra de Santa Marta, siendo este uno de los más importantes manglares del estado de Veracruz, por su tamaño, grado de conservación y diversidad biótica (Contreras y Castañeda, 1995; Carmona-Díaz *et al*, 2005).

Durante la época de primavera (marzo), se prepararon 120 acodos en cada especie de *L. racemosa*, *A. germinans* y *R. mangle*. Se seleccionaron árboles adultos, de porte vigoroso y sano, que no presentaron indicios de plagas; a todos los árboles se les midió la altura, diámetro a la altura del pecho (DAP) y cobertura. Para la elaboración de los acodos de *L. racemosa* se seleccionaron 30 árboles con una altura promedio de 24 m, 56 árboles de *R. mangle* y 99 árboles de *A. germinans*, estos dos últimos con una altura de 8.5 y 9 m, respectivamente. El número de árboles utilizados para cada especie fue variado debido a la accesibilidad de las ramas. Se eligieron ramas con una longitud de 3 a 5 m, y un grosor de 3 a 4 cm al momento del acodado; las ramas acodadas fueron las del primer estrato por ser las más accesibles y próximas al suelo.

La elaboración de los acodos se realizó siguiendo el proceso descrito por Benítez *et al* (2002), utilizando navajas de campo, rafia, plástico transparente y “raizone-plus” el cual contiene ácido indolbutílico para un mayor y más rápido enraizado (Rao *et al*, 1998). El raizone-plus se aplicó en un anillo de aproximadamente 8 cm en el cual se retiró completamente la corteza y el cambium, quedando impregnado el polvo alrededor del anillo, posteriormente se amarró un plástico transparente para facilitar la observación de producción de raíz y fue rellenado utilizando como sustrato tierra negra. Finalmente se hicieron unas perforaciones en la parte inferior del acodo como salida para el exceso de agua (Eganathan *et al*, 2000). Mediante observaciones directas se registró el tiempo en días en que cada especie comenzó a formar las primeras raíces, en

seguida se contabilizó el número de acodos que las presentaban. Se registró el tiempo en que estas habían desarrollado y madurado, considerando en ese momento que los acodos estaban listos para ser desprendidos del árbol, por lo que se contabilizó nuevamente el número de acodos con dichas características. Las características que se tomaron en cuenta para considerar que la raíz había madurado fueron aumento de longitud y grosor, consistencia leñosa, color pardo y formación de una capa costrosa en la punta de la raíz la cual indicó la formación de aerénquima.

El tiempo que tardó cada especie en desarrollar raíces fue variado, por lo que cada especie registró un periodo diferente para su desprendimiento. El corte de la rama se hizo librando entre 10 y 15 cm por debajo de las raíces. Se contabilizaron todos los acodos que formaron raíces por especie. Al retirar el plástico, se contabilizó el número de raíces producidas y se midieron al menos cinco raíces por acodo, con lo cual se obtuvo un promedio de la longitud y el grosor que estas alcanzaron.

Para los análisis estadísticos se aplicó una χ^2 comparando el número de acodos por especie que registraron formación de las primeras raíces y número de acodos que lograron la maduración de raíces. Utilizando una prueba de Kruskal-Wallis se comparó el número de raíces, la longitud y el grosor que registraron los acodos de cada especie. Mediante una ANCOVA, se analizó la relación entre la estructura de los árboles (altura, DAP y cobertura) y (longitud y grosor) de las ramas acodadas con el número de raíces producidas en los acodos de cada especie. Con una correlación se exploró la influencia entre la longitud y grosor de las ramas acodadas y la producción de raíces.

Resultados

Los primeros registros de producción de raíces se observaron a los 75 días en 62 individuos de la especie *L. racemosa*. La consistencia que presentaron las raíces al inicio

fue de colores blanquecinos y delgados. Para las especies de *R. mangle* y *A. germinans* la formación de las primeras raíces se observó a los 195 días en 12 y 31 acodos, respectivamente. Con base en la prueba de χ^2 la producción de las primeras raíces (75 días para *L. racemosa* y 195 para *A. germinans* y *R. mangle*) (Cuadro 1) mostró diferencia significativa (χ^2 primeras raíces = 27.8, gl = 2 y P = 0.001). La maduración de las raíces se registró a los 195 días en *L. racemosa* y a los 365 días en *R. mangle* y *A. germinans* en un total de 96, 37 y 31 acodos, respectivamente (Cuadro 1). Al comparar con una prueba de χ^2 también se encontró diferencia significativa (χ^2 desprendimiento = 29.8, gl = 2 y P = 0.001).

Se contabilizaron y midieron las raíces al momento que los acodos fueron desprendidos, algunos produjeron una sola raíz, mientras que otros lograron producir 22 raíces. *Laguncularia racemosa* registró el mayor número de raíces promedio (Cuadro 2). Al comparar el número de raíces producidas por especie se encontró diferencia significativa (H = 53.8 y P = 0.001), al igual que entre la longitud (H = 47.6 y P = 0.001) y el grosor (H = 86.4 y P = 0.001) de las raíces.

Los árboles de *L. racemosa* sobre los cuales se elaboraron los acodos fueron los más altos, con promedio de 23 m, al igual que las ramas acodadas con más de 4 m de longitud (Cuadro 3). Mediante una ANCOVA se analizó la relación de la estructura (altura, diámetro a la altura del pecho y cobertura) de los árboles y (longitud y grosor) de las ramas acodadas con el número de raíces que cada especie logró producir, encontrándose que no hay una influencia entre estas variables con la producción de raíces.

Al aplicar una correlación entre el número de raíces de cada especie con la longitud y grosor de las ramas no se encontraron asociaciones significativas entre estas variables para ninguna de las especies.

Discusión

Los resultados obtenidos muestran que es posible inducir la producción de raíces por acodos en las especies de mangle *L. racemosa*, *A. germinans* y *R. mangle*, sin embargo, la formación de raíces en los acodos varía en las tres especies. Particularmente, *L. racemosa* fue la especie cuyos individuos acodados produjeron la mayor cantidad de raíces, esto estuvo en función de la mayor altura de los árboles acodados y de la mayor longitud de las ramas seleccionadas. La producción de raíces en estas tres especies de mangle también está influenciada por la estación del año en la cual se realicen los acodos. García-Hoyos *et al* (2005) probaron el mismo experimento con las mismas especies de mangle, y elaborando los acodos durante el otoño, encontraron que sólo el 18.3% lograron la inducción de raíces, por lo que la elaboración de los acodos durante la primavera proporciona resultados más favorables. Sin embargo, la falta de humedad durante la primavera pudo haber provocado estrés hídrico, el cual se vio compensado con la llegada de las lluvias y el aumento de la humedad relativa, ya que a partir de entonces se observó respuesta de producción de raíces en los acodos (Benítez *et al*, 2002). Así mismo, los acodos elaborados durante el otoño, pudieron verse afectados por la disminución de temperatura, con el cual se reduce el metabolismo de la planta, reflejándose esto en una menor respuesta de producción de raíces.

Por su parte, Benítez *et al* (2002), encontraron que el verano (junio) es la época adecuada para propagar vegetativamente a las tres especies, observando que en otoño y primavera hubo un decremento de producción de raíces, mientras que en el invierno la producción fue totalmente nula. Al respecto, refieren que el éxito obtenido en verano está influenciado por las altas temperaturas y la presencia de lluvias las cuales mantienen húmedo el sustrato del acodo además de que contribuyen a la disminución de

la salinidad y con ello a una mayor disponibilidad de nutrimentos favoreciendo una adecuada nutrición y una mayor capacidad metabólica de la planta.

En el presente estudio, los acodos se realizaron durante la época de primavera y fueron desprendidos durante el otoño del mismo año, lo cual contrasta con lo encontrado por Benítez *et al* (2002) cuyos resultados muestran que la primavera no es la época más apropiada para la propagación vegetativa de las especies de mangle, esto es, que los factores que imperan a lo largo de las estaciones del año serán cruciales para el éxito en la propagación de estas especies. Sin embargo, es evidente que otros factores aparte de la temporada están implicados en el éxito de la propagación asexual por acodos. En relación con lo anterior, algunos autores señalan que cualquier técnica asexual al aplicarse directamente en campo, en cualquier época del año, será influenciada por factores bióticos como presencia de plagas, infección micótica y bacteriana, y abióticos como fluctuación en las condiciones ambientales, humedad, temperatura, luz y precipitación pluvial, siendo esta última uno de los principales factores a considerar, ya que pueden interferir en la actividad hormonal del individuo, reduciendo su metabolismo o produciéndole estrés hídrico, lo cual va a afectar directamente sobre el acodo y a su vez en la formación de raíces y desarrollo de estas, permitiendo su poco o nulo crecimiento, lo cual va a ser crucial para su posterior establecimiento en campo (Eganathan *et al*, 2000).

La cantidad de raíces producidas en los acodos está influenciada por factores ambientales como la humedad y las lluvias que imperan durante el año, dependiendo también de las características particulares de la especie que se busque propagar (Nilca *et al*, 2004). Con base en lo anterior, los resultados del presente estudio muestran que la formación de raíces de cada especie de mangle fue diferente, y que las ramas de 4 m acodadas en *L. racemosa* mostraron una mayor capacidad de inducción, logrando

formar hasta 22 raíces por acodo; por su parte, las ramas de 3 m acodadas en *R. mangle* y *A. germinans* mostraron una menor respuesta de inducción, produciendo un máximo de 15 y ocho raíces respectivamente. Así mismo, el tamaño que presentaron las raíces de cada especie también fue diferente y a pesar de que *L. racemosa* fue la especie que registró el mayor promedio 14.5 ± 2.8 cm de longitud, las raíces de *R. mangle* con 12.1 ± 12.2 cm, pudieron haber alcanzado un mayor tamaño, ya que de manera natural, las raíces adventicias que produce esta especie, tienden a crecer hasta alcanzar el suelo y adherirse. Así mismo, *L. racemosa* presentó 9.4 ± 4.8 raíces primarias y estas a su vez formaron raíces secundarias, por su parte *A. germinans* y *R. mangle* sólo lograron producir 3.2 ± 1.9 y 4.9 ± 2.9 raíces primarias respectivamente, sin formar raíces secundarias. Lo anterior está ampliamente relacionado con la condición fisiológica que presenten los individuos, ya que de esta va a depender la disponibilidad de azúcares que son sintetizados mediante la actividad de varias enzimas hidrolíticas que son la fuente principal de energía metabólica requerida para las actividades de la célula durante la etapa de iniciación de raíces (Kathiresan y Ravikumar, 1995; Eganathan *et al*, 2000). De aquí la importancia en la selección de árboles maduros, vigorosos y sanos, de los cuales se extraiga el material vegetativo, así como de la selección de la longitud y grosor de las ramas, lo cual también es importante para asegurar mejores resultados en la propagación con especies de mangle y de acuerdo con algunos autores, la longitud y grosor de la rama puede variar dependiendo de la especie que se busque propagar, así como de la técnica a utilizar, sea por medio de varetas o acodos aéreos (Elster y Perdomo, 1999; Benítez *et al*, 2002; García-Hoyos *et al*, 2005).

A pesar de que algunos autores señalan que la altura, el DAP y la cobertura de los árboles y la longitud y grosor de las ramas utilizadas para la elaboración de los acodos pueden brindar mejores resultados, el presente trabajo analizó la posible relación

entre las variables estructurales ya mencionadas y la cantidad de raíces producidas por los acodos de cada especie. La especie *L. racemosa* mostró una mayor respuesta de producción de raíces, ya que presentó los mayores promedios 4.7 ± 1.3 m de longitud y 3.7 ± 0.9 cm de grosor de las ramas, por lo que, la selección de ramas grandes, así como la utilización de árboles en etapa reproductiva dieron una mayor respuesta de producción de raíces. Por lo anterior, puede sugerirse la elaboración de acodos sobre árboles en etapa reproductiva y en ramas de entre 3 y 4 m de longitud y de aproximadamente 3 cm de grosor, principalmente en *L. racemosa*.

La información generada incrementa el conocimiento acerca del potencial que pueden presentar las especies de mangle para su propagación asexual, teniendo el compromiso de seguir explorando en esta línea de investigación para que en el corto plazo se puedan elaborar programas de reforestación y propagación con especies de mangle que garanticen los mejores beneficios en la conservación de estas importantes especies. Cabe recalcar que a pesar de haber obtenido resultados favorables en la inducción de raíces por parte de las tres especies de mangle, resulta necesario experimentar con el material vegetativo obtenido para poder obtener mejores resultados en el establecimiento de los acodos, ya que esta etapa es la más importante para poder llevar a cabo programas de reforestación con estas especies, con lo cual se tendría la certeza de obtener un mayor éxito en la restauración de estos importantes ecosistemas.

Conclusiones

La especie que registró el mayor número de acodos con producción de raíces fue *L. racemosa* la cual logró producir la mayor cantidad y longitud de raíces, se propone probar la técnica del estacado en las tres especies para evaluar si *L. racemosa* sigue teniendo los mejores resultados.

L. racemosa fue la especie que registró una mayor respuesta de producción de raíces, por lo que, se recomienda seleccionar ramas con un intervalo de 3 a 4 m de longitud y de aproximadamente 3 cm de grosor para el acodado.

A pesar de que las tres especies estudiadas registraron resultados favorables de producción de raíz, *L. racemosa* es la más viable para su propagación asexual por acodos aéreos puesto que posterior al desprendimiento fue la única que logró producir retoños.

En el futuro será importante explorar la etapa de establecimiento del material obtenido asexualmente por acodos, varetas o cultivo *in vitro*, con lo cual se puedan obtener resultados más exitosos y con un mayor número de individuos adaptados en su medio natural.

Bibliografía

- Aleman-Soto, E. y L. M. Ortega-Ramos. 2006. Propagación de *Rhizophora mangle* L. (Rhizophoraceae) “mangle rojo” para la reforestación de la Laguna del Ostión, Pajapan, Veracruz. *Tesis*. 39 p.
- Basáñez-Muñoz, A. J.; P. Elorza-Martínez; J. L. Alanís-Méndez; M. Á. Cruz-Lucas y N. Sánchez-Solórzán. 2008. Instalación de un vivero comunal y propagación de las especies de mangle en Tuxpan, Veracruz. *XXI Reunión Científico-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz y I del Trópico Mexicano*. 11 p.
- Benítez-Pardo, D.; F. Verdugo y J. Hernández. 2002. Reproducción vegetativa de dos especies arbóreas en un manglar de la costa norte del Pacífico mexicano. *Mad. y Bosq.* **8**(2): 57-71.

- Carmona-Díaz, G.; J. E. Morales-Mavil y E. Rodríguez-Luna. 2004. Plan de manejo para el manglar de Sontecomapan, Catemaco, Veracruz, México: una estrategia para la conservación de sus recursos naturales. *Mad. y Bosq.* 2:5-23.
- Carmona-Díaz, G.; J. E. Morales-Mavil y E. Rodríguez-Luna. 2005. *Plan de manejo del Manglar de Sontecomapan, Catemaco, Veracruz*. Instituto de Neuroetología. 112 p.
- Carmona-Díaz, G. 2005. Derrame de hidrocarburo en el manglar del Río Coatzacoalcos, Veracruz. *Memorias del II Taller sobre la Problemática de los Ecosistemas de Manglar*. Puerto Vallarta, Jalisco. 26-29 de Octubre.
- Carmona-Díaz, G.; C. Duncan-Lara; G. Cruz-Ruiz; M. Gómez-Herrera; E. González-Antonio y S. Hernández-Carmona. 2009. Reforestación y mantenimiento de áreas de manglar en el sur de Veracruz, México. *Memorias III Foro Internacional Biológico Agropecuario*. Tuxpan, Veracruz. 21-24 de septiembre.
- Castillo, M.; Y. H. Fréitez y N. Hernández. 2005. Efectos de la auxina AIB en la propagación de azahar de la India (*Murraya paniculata* L. Jack) por acodo aéreo. *Bioagro* 17(2): 123-126.
- CFE (Comisión Federal de Electricidad). *Reforestación y monitoreo de 17.5 hectáreas de bosque de mangle en la zona del Estero de Sabancuy en el Área Natural Protegida "Laguna de Términos", en el estado de Campeche*. Consultada el 14 de octubre de 2009 en la página. <http://www.cfe.gob.mx/NR/rdonlyres/01611E0B-9D84-4BA6-9A7E-9047E3CD55C7/31996/ReforestaciondeManglarenCampeche.pdf>
- Contreras, F., y O. Castañeda. 1995. *Los ecosistemas costeros del estado de Veracruz*. Gobierno del estado de Veracruz. Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesquero. Veracruz, Veracruz. 180 p.

- Cruz-Ruiz, G.; y J. V. Pino-Hernández. 2006. Propagación por esquejes y propágulos de *L. racemosa* (Combretaceae) “mangle blanco” en el vivero de la Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria de Acayucan, Veracruz. *Tesis*. 43 p.
- Cruz-Ruiz, G.; J. V. Pino-Hernández; S. Hernández-Carmona y G. Carmona-Díaz. 2009. Propagación sexual y asexual de *Laguncularia racemosa* (mangle blanco). *Memorias III Foro Internacional Biológico Agropecuario*. Tuxpan, Veracruz. 21-24 de septiembre.
- Eganathan, P.; C. Srinivasa Rao y Ajith Anand. 2000. Vegetative propagation of three mangrove tree species by cuttings and air layering. *Wet. Ecol. and Man*. **8**: 281-286.
- Elster C. y L. Perdomo. 1999. Rooting and vegetative propagation in *Laguncularia racemosa*. *Aquat. Bot.* 63: 83-93.
- Felipe, G. S. 2006. Propagación sexual y asexual de *avicennia germinans* (Avicenniaceae) mangle negro en el vivero de la f.i.s.p.a. Acayucan, Veracruz. *Tesis*. 50 p.
- García, H. A; Hernández, C. S., y Carmona, D. G. 2005. Reproducción asexual por acodos de tres especies en el manglar de Sontecomapan, Catemaco, Veracruz. *Memorias del II Taller sobre la Problemática de los Ecosistemas de Manglar*. Puerto Vallarta, Jalisco. 26-29 de Octubre.
- Kathiresan K. y S. Ravikumar. 1995. Vegetative propagation through air-layering in two species of mangroves. *Aquat. Bot.* 50: 107-110.
- Nilca R. A.; J. A. Vilchez P.; Z. J. Viloría; C. Castro y J. Gadea L. 2004. Propagación asexual del guayabo mediante la técnica de acodo aéreo. *Agr. Trop.* **54**(1): 63-73.

- Pérez-Zetina, J. 2006. Producción de *Conocarpus erectus* L. (Mangle botoncillo) en cuatro sustratos en el vivero de la Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria. Acayucan, Veracruz. *Tesis*. 26 p.
- Rao, C.; P. Eganathan; A. Anand; P. Balakrishna y T. P. Reddy. 1998. Protocol for in vitro propagation of *Excoecaria agallocha* L., a medicinally important mangrove species. *Plant Cell Rep.* **17**: 861-865.
- Reyes Chargoy, M. y C. Tovilla Hernández. 2002. Restauración de áreas alteradas de manglar con *Rhizophora mangle* en la costa de Chiapas. *Mad. y Bosq.* **1**: 103-114.
- Reyes-De la Cruz A.; G. López-Ocaña y H. Hernández-Trejo. 2002. Evaluación preliminar de los efectos de la inundación y la herbivoría sobre plántulas de mangle. *Univ. y Ciencia* **18**(36): 135-140.

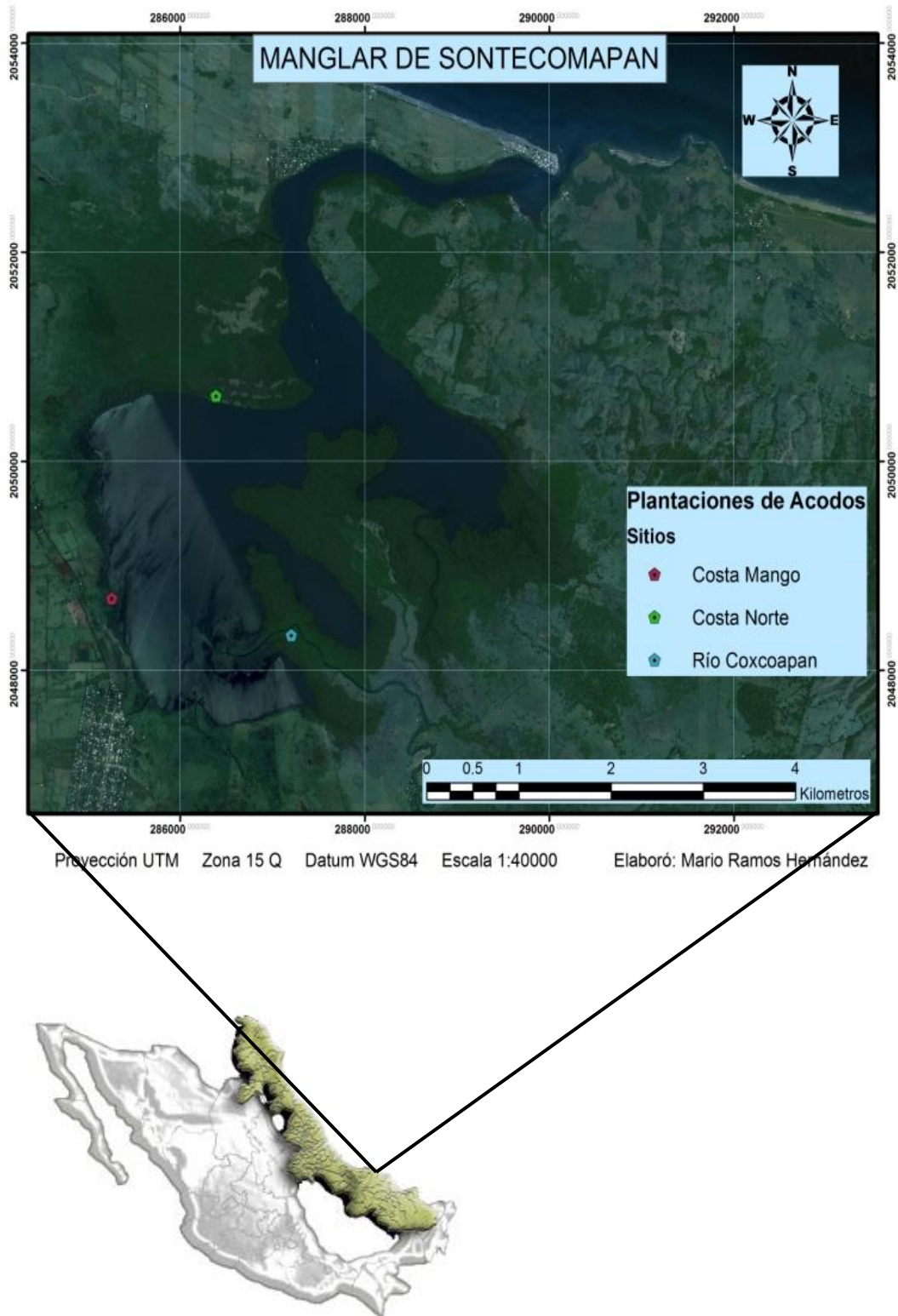


Figura 1. Mapa del sitio RAMSAR 1342 “Manglares y Humedales de la Laguna de Sontecomapan” donde se llevó a cabo el estudio.

Cuadro 1. Muestra los acodos elaborados y la cantidad de estos que lograron producir raíces por especie, así como el número de días que tardaron en formar sus primeras raíces y en ser desprendidos del árbol progenitor.

	<i>L. racemosa</i>	<i>R. mangle</i>	<i>A. germinans</i>
Número de acodos elaborados	120	120	120
Tiempo (días) en que se observaron las primeras raíces	75	195	195
Número de acodos con formación de primeras raíces	62	12	31
Tiempo (días) en el que maduraron la raíces y fueron desprendidos	195	365	365
Número de acodos que fueron desprendidos	96	37	31

(χ^2 primeras raíces = 27.8, gl = 2 y P = 0.001)

(χ^2 desprendimiento = 29.8, gl = 2 y P = 0.001)

Cuadro 2. Promedio \pm DE del número de raíces producidas por los acodos de cada especie y de las longitudes y grosores que estas presentaron.

	<i>L. racemosa</i>	<i>R. mangle</i>	<i>A. germinans</i>
Número de raíces	9.4 \pm 4.8	4.9 \pm 2.9	3.2 \pm 1.9
Longitud de raíz	14.5 \pm 2.8	12.1 \pm 12.2	8.8 \pm 4.7
Grosor de raíz	0.68 \pm 0.17	1.4 \pm 0.2	0.75 \pm 0.12

(H = número de raíces 53.8 y P = 0.001)

(H = longitud de raíces 47.6 y P = 0.001)

(H = grosor de raíces 86.4 y P = 0.001)

Cuadro 3. Promedios \pm DE de las medidas estructurales de los árboles adultos en los que se elaboraron los acodos y de las ramas acodadas de cada especie.

	<i>L. racemosa</i>	<i>R. mangle</i>	<i>A. germinans</i>
Altura-árbol	24.3 \pm 3.1	9.0 \pm 3.7	8.0 \pm 7.5
DAP-árbol	1.1 \pm 0.4	0.3 \pm 0.2	0.2 \pm 0.1
Cobertura-árbol	63.8 \pm 27.3	25.7 \pm 17.0	19.8 \pm 15.1
Longitud-rama	4.7 \pm 1.3	3.1 \pm 0.8	2.9 \pm 0.7
Grosor-rama	3.7 \pm 0.9	3.6 \pm 0.8	3.6 \pm 0.8

CAPÍTULO III

PROPAGACIÓN ASEXUAL DE *Laguncularia racemosa* GAERTN (COMBRETACEAE) POR ACODO AÉREO EN EL MANGLAR DE SONTECOMAPAN, CATEMACO, VERACRUZ, MÉXICO

Resumen

Laguncularia racemosa es una especie que se encuentra bajo protección especial dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2001, debido a la dificultad y poco éxito que presenta la repoblación de manera natural, lo cual se debe a que es una especie intolerante lo que, aunado a las inundaciones y la herbivoría, provocan altas tasas de mortalidad, además su propagación ha sido poco exitosa, por lo que merece atención su manejo y uso sustentable con fines conservacionistas. Por ello, en el presente trabajo se buscó evaluar la capacidad genética de *L. racemosa* para ser propagada asexualmente mediante la técnica de acodos aéreos, considerando que una rama joven obtenida en un corto tiempo, va a ser más resistente a las inundaciones lo que da una mayor probabilidad de supervivencia. El trabajo fue desarrollado en el sitio Ramsar 1342 “Manglares y Humedales de la Laguna de Sontecomapan”. Se elaboraron 120 acodos sobre ramas accesibles, utilizando una hormona comercial (Raizone-plus, con 6% de ácido indol-3-butírico) para favorecer el enraizado. En un tiempo de 195 días se obtuvieron 96 (80%) acodos con un promedio de 9.4 ± 4.8 raíces, una longitud de 14.5 ± 2.8 cm y un grosor de 0.68 ± 0.17 cm. Los acodos fueron plantados en tres diferentes sitios, lográndose una producción de retoños en 43 (44.7%) acodos durante el quinto mes de la plantación y una supervivencia de 29 (30.2%) en el octavo mes. La mayor producción de retoños se registró en el sitio Costa Norte con 56.3 ± 86.8 , los cuales alcanzaron una longitud de 24.2 ± 14 cm y un grosor de 0.38 ± 0.15 cm. A través de las pruebas de Kruskal-Wallis y Mann Whitney, únicamente se encontró diferencia significativa entre la cantidad de retoños producidos en cada sitio durante el séptimo ($H = 13.234, P = 0.001$) y el octavo mes ($U = 18.5, P = 0.008$). Los resultados favorables de producción de raíces y el establecimiento evaluado en la producción de retoños y supervivencia de los acodos,

evidencian el potencial genético que posee *L. racemosa* para ser propagada vegetativamente a través de acodos aéreos.

Palabras clave: Manglar, *Laguncularia racemosa*, propagación asexual, acodo aéreo, raíces, retoños, supervivencia.

Introducción

Laguncularia racemosa (L.) Gaertn. f., es una especie ampliamente adaptada a condiciones tropicales y subtropicales que comúnmente suele estar asociada con *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans*, aunque no es dominante. Se usa en la construcción, carbón y taninos. Sus características morfológicas, anatómicas y fisiológicas le permiten sobrevivir en ambientes inundados (Tomlinson, 1986). No obstante, el desarrollo de las plántulas se inhibe por su intolerancia a doseles sombríos, lo que produce entre 80 al 100% de mortalidad durante el primer año de establecimiento, por lo que, la repoblación de manera natural resulta difícil y poco exitosa, aun así, de manera controlada se han sugerido las plantaciones con propágulos, enfatizando en un adecuado cuidado y manejo para reducir los daños por inundación y herbivoría, los cuales pueden afectar severamente la tasa de mortalidad y el crecimiento (Reyes-De la Cruz *et al*, 2002; Lema *et al*, 2003).

Debido a que esta especie se encuentra clasificada como de protección especial (Pr) dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2001 (Benítez *et al*, 2002), y ante los pobres resultados obtenidos mediante propagación sexual, resulta fundamental generar tecnología para su manejo agronómico ante la marcada disminución del área de distribución, por la sobreexplotación, la agricultura y la ganadería, así como el crecimiento de las ciudades y la construcción de caminos (Basáñez *et al*, 2008). Las técnicas de estacas, acodos aéreos o cultivo *in vitro*, aplicadas correctamente y con la

utilización de auxinas, han demostrado aportar grandes ventajas en plantas leñosas, ya que se pueden obtener clones en periodos relativamente cortos, además de no requerirse grandes cantidades de individuos para obtener el material vegetal, puesto que se parte de árboles seleccionados (Rao *et al*, 1998; Rojas-Gonzales *et al*, 2004), y aun cuando esta técnica pueda resultar más costosa que la propagación por semilla, su empleo se justifica por la superioridad y uniformidad de los clones específicos, además de que permite la captura y transferencia a la descendencia de material genético integral de plantas donantes, pudiendo ser una alternativa válida para reproducir genotipos en peligro de extinción (Ramos-Gavilánez *et al*, 2003).

A pesar de que la propagación vegetativa por estacas y/o acodos aéreos ha sido poco estudiada en especies de mangle, esta puede ser una vía prometedora para la eficaz repoblación de especies como *L. racemosa*, *Conocarpus erectus*, *Avicennia*, *Rhizophora*, *Sonneratia*, *Excoecaria*, *Intsia* y *Heritiera* las cuales han reportado tener una capacidad genética para su propagación vegetativa (Rao *et al*, 1998; Elster y Perdomo, 1999; Benítez *et al*, 2002). Particularmente *L. racemosa* posee reservas meristemáticas que le permiten retoñar con gran facilidad, aunque muchas veces los rebrotes pueden ser demasiado pobres y con un deficiente desarrollo (Tomlinson, 1994, citado por Benítez *et al*, 2002). No obstante, esta vía de propagación puede ser una opción para lograr el manejo sustentable de las especies de mangle. Sin embargo, en los trabajos que han sido documentados con *L. racemosa* sólo se menciona la formación de un sistema radicular en los acodos o varetas, pero poco se señala sobre el establecimiento de estos en su medio natural. Por ejemplo, la mejor época para la propagación de *L. racemosa* y *C. erectus* es el verano durante el cual obtuvieron un 90% de acodos con producción de 10 a 20 raíces y que la selección de árboles de edad intermedia y ramas de 20 a 30 cm de longitud y de 1.5 a 3 cm de grosor, con la

aplicación de ácido indolbutírico favorece el enraizado; obteniendo una menor respuesta en el otoño con un 40% de acodos con raíces y una nula respuesta en invierno y primavera; pero no reportan el establecimiento de los acodos en campo, debido a que el sistema radicular que se había formado en los acodos sufrió daños por herbivoría previo a su desprendimiento (Benítez *et al*, 2002). En otro estudio con *L. racemosa* elaborando los acodos durante el otoño, con ramas de alrededor de 3 m de longitud, lograron la inducción de raíces en un 18.3% de los acodos, y el establecimiento y supervivencia de tres acodos a dos años de su plantación (García-Hoyos *et al*, 2005, datos no publicados). La misma especie propagada asexualmente mediante la selección de 250 varetas de entre 20 y 105 cm de longitud y de entre 0.3 a 2.4 cm de grosor, mostró resultados de producción de retoños e incluso de inflorescencias, aunque en pocos días estos desecaron y murieron. La sobrevivencia en condiciones de vivero a los cuatro meses fue baja ya que sólo 15 varetas sobrevivieron y fueron llevadas a campo, de las cuales 5 se mantuvieron después de seis meses. Otras 170 varetas fueron plantadas directamente en campo bajo seis diferentes tratamientos, en uno de ellos se obtuvo una supervivencia de 95% de varetas después de seis meses. De acuerdo con ello, la selección de varetas con raíces ya formadas es fundamental para una mejor sobrevivencia y sin la formación de raíces la respuesta de establecimiento es casi imposible (Elster y Perdomo, 1999). En otros experimentos, a través de varetas de entre 25 y 50 cm de longitud, se ha logrado la formación de retoños y ramas completamente ramificadas que han alcanzado 1 m de altura, sin embargo, debido al mal manejo, los retoños abortaron y las varetas murieron (Felipe, 2006; Cruz y Pino, 2006).

La técnica del acodado también ha sido probada con otras especies de mangle, la mejor respuesta de inducción de raíces se obtuvo en el mes de octubre con un 55% en *Heritiera fomes*, 77% en *Intsia bijuga* y 62% en *Excoecaria agallocha*, y una menor

respuesta en abril con un 40% en *H. fomes*, 57.5% en *I. bijuga* y 42.5% en *E. agallocha*, y aunque mencionan que los acodos fueron establecidos exitosamente, no señalan el número de retoños que lograron producir los acodos de cada especie; refieren que esta técnica comúnmente se va a ver influenciada por factores bióticos y abióticos como la infección por hongos y bacteria, la variación de la temperatura, la luz y las lluvias, los cuales inciden en el éxito o fracaso de los resultados de producción de raíces y posterior establecimiento de los acodos (Eganathan, 2000). Algo similar fue reportado en las especies *Sonneratia apetala* y *Xylocarpus granatum*, donde se logró la inducción de raíces en 26% acodos de *S. apetala* y 7.1% de *X. granatum* durante el mes de octubre, decreciendo la respuesta de producción de raíces en las otras estaciones del año. Al llevar los acodos a su medio natural, estos comenzaron a crecer, sin mencionar la cantidad de retoños producidos ni el tiempo en el cual se mantuvo la supervivencia; señalan que el uso de fitohormonas fue crucial para la producción de raíces y sin estas el enraizamiento fue nulo, en los meses más lluviosos se observó una mejor producción de raíces (Kathiresan y Ravikumar, 1995).

Otra técnica probada fue el cultivo *in vitro* con *Excoecaria agallocha*, con explantes de 2 a 3 cm de largos y tres diferentes hormonas inductoras de la formación de raíces y retoños, se logró, bajo condiciones de laboratorio, la producción de raíces de entre 5 a 10 cm de longitud después de cinco semanas, y formación de retoños a partir de la séptima semana. Al plantar en macetas cerca de 500 explantes bajo condiciones controladas por un periodo de cuatro semanas lograron un 95% de supervivencia y al ser transferidos a campo el 72% se establecieron favorablemente después de un año, reportándose la producir de 10 a 12 retoños, destacándose que la utilización de medios compuestos por macronutrientes, micronutrientes y vitaminas fue la clave para el éxito

de la inducción de raíces y el posterior establecimiento de *E. agallocha* (Rao *et al*, 1998).

La propagación vegetativa es una buena técnica para la manipulación de especies de interés comercial o de conservación, no obstante, su aplicación en *L. racemosa* requiere ser probada, aunque el potencial genético que tiene esta especie puede brindar la oportunidad de usar la variación genética directamente con la gran ventaja de obtener individuos de hasta 3 metros en un periodo aproximado de un año (Eganathan *et al*, 2000; Benítez *et al*, 2002).

De acuerdo con lo anterior el objetivo del presente estudio fue evaluar la viabilidad de la propagación asexual de *L. racemosa*, la cantidad, longitud y grosor de las raíces producidas, así como el tiempo de formación de las primeras raíces y maduración de estas. Del mismo modo, se establecieron los acodos en tres diferentes sitios registrando la cantidad de retoños, su longitud y grosor, evaluando el porcentaje de sobrevivencia.

Materiales y Métodos

El trabajo fue desarrollado en el sitio Ramsar 1342 “Manglares y humedales de la laguna de Sontecomapan” en la región de Los Tuxtlas (Figura 2), ubicado en las coordenadas 18° 30' – 18° 34' Norte y 95° 00' – 95° 04' Oeste, entre la cuenca del volcán San Martín y la Sierra de Santa Marta (Contreras y Castañeda, 1995; Carmona-Díaz *et al*, 2005). Para la elaboración de los acodos aéreos se utilizó el método descrito por Hernández-Carmona *et al* (2009, datos no publicados), para lo cual se hizo una cuidadosa selección de árboles adultos y sanos. En el mes de marzo se acodaron 120 ramas con una talla aproximada de 4 m de longitud y 3 cm de grosor, utilizando navajas

de campo, rafia, plástico transparente, sustrato (tierra de manglar) y fitohormonas “raizone-plus” con ácido indolbutílico (Rao *et al*, 1998; Eganathan *et al*, 2000).

La evaluación de la inducción de raíces se realizó con observaciones directas en los acodos a través del plástico transparente, se registró el tiempo en días en que estas comenzaron a formarse y en el que adquirieron una consistencia leñosa, color pardo y formación de una capa costrosa en la punta de la raíz, lo cual indicó la formación de aerenquima; en ese momento se consideró que el sistema radículas había madurado y posteriormente los acodos fueron desprendidos del árbol. Se contabilizó el número de acodos que habían logrado formar el sistema radicular, así como la cantidad de raíces, y se midió la longitud y el grosor de estas.

Para llevar a cabo la plantación se seleccionaron tres sitios con características semejantes dentro del manglar de Sontecomapan, considerando factores como el tipo de suelo, nivel de inundación, para lo cual se tomó en cuenta la presencia de individuos establecidos de manera natural. En cada sitio se realizó un análisis de suelo, a través del cual se determinaron la textura, materia orgánica, pH, Mg, Ca, P y K. Los sitios seleccionados correspondieron a Costa Norte, Costa Mango y Río Coxcoapan. La plantación de los acodos se realizó entre los 2 y 15 metros de la orilla del manglar, buscando que el nivel de inundación proporcionara la cantidad suficiente de agua a los acodos.

Posteriormente se evaluó, mediante observaciones directas en campo, la respuesta que presentaron los acodos en su medio natural, y se registró el tiempo en días que tardaron en responder a su establecimiento. Una vez que los acodos comenzaron a producir retoños fueron monitoreados mensualmente durante un periodo de ocho meses; se tomaron registros de la cantidad de retoños y mediante la medición de una muestra representativa del 5% se obtuvo un promedio de longitud y grosor. A lo largo de los

ocho meses de evaluación, se pudo obtener el número de acodos que lograron producir retoños, el tiempo que tardaron en producirlos, el porcentaje de supervivencia y mortalidad, el incremento o decremento en el número de retoños y su longitud y grosor. Con los datos obtenidos, y debido a las diferencias que se encontraron en cada sitio, pudieron compararse mediante una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis y Mann whitney las diferencias entre la cantidad de retoños, las longitudes y grosores registradas durante el séptimo y octavo por ser los más significativos.

Resultados

Producción de raíces

A los 75 días de la preparación de los acodos se comenzó a observar formación de raíces en 62 ramas. A los 195 días las raíces de 96 acodos tomaron una consistencia leñosa, un color pardo y una cubierta cicatrizante en la punta y se consideró que habían formado aerénquima, en ese momento fueron desprendidos y llevados a los sitios de plantación. El número de raíces producidas fue de una y hasta 22, con un promedio de 9.4 ± 4.8 raíces, una longitud de 14.5 ± 2.8 cm y un grosor de 0.68 ± 0.17 cm.

Plantación de los acodos

De los 96 acodos que lograron producir raíces, 33 se plantaron en Costa Norte, 30 en Costa Mango y 33 Río Coxcoapan (Figura 2). Los resultados obtenidos del análisis de suelo en cada sitio mostraron algunas variantes (Cuadro 4).

Los registros tomados en los acodos que fueron plantados en cada uno de los sitios muestran un decremento de supervivencia a lo largo de los ocho meses que fueron evaluados, a los 20 días de su plantación se observó producción de retoños y después de dos meses se mantuvo una supervivencia de casi el 100% en los tres sitios, sin embargo,

a partir del tercer mes esta comenzó a decrecer y entre el séptimo y octavo la supervivencia llegó a ser del 39.3% y 42.4% para Costa Norte y Río Coxcoapan, registrándose en Costa Mango la menor supervivencia con tan sólo el 6.6% (Cuadro 5). A lo largo de los ocho meses se obtuvo respuesta de producción de retoños en 43 acodos, correspondientes al 44.7% del total.

Durante el mes posterior a la plantación se observó el mayor promedio de producción de retoños en los sitios de Costa Norte y Río Coxcoapan con 56.3 ± 86.8 y 14.1 ± 18.2 respectivamente, en Costa Norte los acodos lograron la mayor producción registrándose más de 200 retoños; por su parte, en Costa Mango el promedio fue de 9.5 ± 9.2 retoños producidos en el segundo mes; a partir del primero y segundo mes, se observó un decremento en los tres sitios y sólo en Costa Norte y Río Coxcoapan se observó producción de retoños hasta el octavo mes, en Costa mango los retoños se desecaron y murieron durante el séptimo mes posterior a su plantación. En el caso de la longitud y el grosor de los retoños se pudo observar un aumento conforme pasaron los meses en los sitios de Costa Norte y Río Coxcoapan, obteniéndose los mayores promedios en el octavo mes con 24.2 ± 14 y 21.6 ± 8.9 cm de longitud y 0.38 ± 0.15 y 0.35 ± 0.07 cm de grosor respectivamente; para el caso de Costa Mango, los retoños presentaron un ligero decremento en la longitud y grosor a partir del séptimo mes (Cuadro 6).

Los análisis estadísticos aplicados mostraron una diferencia significativa en el número de retoños producidos en los acodos de los tres sitios durante el séptimo mes ($H = 13.234$, $P = 0.001$), así como entre Costa Norte y Río Coxcoapan durante el octavo mes ($U = 18.5$, $P = 0.008$). Así mismo, se obtuvo una diferencia no significativa en la longitud ($H = 5.566$, $P = 0.062$) y grosor ($F = 2.16$, $P = 0.135$) entre los tres sitios

durante el séptimo mes, y entre Costa Norte y Río Coxcoapan durante el octavo mes, longitud ($U = 53.0$, $P = 0.73$), grosor ($F = 0.29$, $P = 0.59$).

Discusión

En el presente trabajo, los acodos fueron elaborados durante la primavera (marzo), y de acuerdo con los resultados obtenidos, es claro que en los meses secos, el estrés hídrico inhibió la formación de raíces, pero a partir del tercer mes y con la llegada de las lluvias, más del 50% de los acodos formaron las primeras raíces, y a los 195 días se obtuvo producción de una a 22 raíces en el 80% de los acodos, por lo anterior, puede considerarse idónea la preparación de los acodos durante la primavera.

Por su parte, Benítez *et al* (2002) trabajando con la misma especie y preparando los acodos durante las cuatro estaciones del año, mencionan que el verano (junio) es la mejor época para la preparación de los acodos en la cual registraron producción de 10 a 20 raíces en el 90% de los acodos, mientras que en el otoño (septiembre) la producción decreció a tan sólo el 40%, con una nula respuesta en invierno y primavera. Otro estudio similar es el de García-Hoyos *et al* (2005, datos no publicados) quienes en la misma especie y elaborando los acodos durante el otoño (noviembre) obtuvieron respuesta de formación de raíces en un 18.3% de los acodos y el establecimiento de tres acodos a dos años de su plantación.

En relación a los trabajos antes mencionados y con base a lo encontrado en el presente estudio, puede considerarse que la primavera y el verano son las mejores épocas para la elaboración de los acodos en *L. racemosa*, puesto que en ambas se registró mayor respuesta de inducción de raíces en los acodos. Sin embargo, en otras especies como *Sonneratia apetala* y *Xylocarpus granatum*, han encontrado resultados nulos al preparar los acodos durante la primavera y el verano, encontrando mejores

resultados en la época lluviosa de otoño (octubre) con un 26.7% y 7.1% respectivamente (Kathiresan y Ravikumar, 1995). Otros autores también señalan que preparando los acodos en la temporada lluviosa, se puede tener una mejor respuesta de enraizamiento (Eganathan, 2000). Los mismos autores mencionan que la utilización de hormonas favorece la inducción de raíces, por lo que cabe señalar que en el presente estudio y en los anteriormente citados se utilizó ácido indolbutírico y se logró la inducción de raíces en los acodos.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo, relacionados con el establecimiento de los acodos, muestran que el 44.7% de estos respondieron favorablemente después de que fueron llevados a su ambiente natural, y lograron producir retoños en un periodo de dos a tres meses posterior a la plantación, registrándose una supervivencia del 30.2% después de ocho meses, los cuales se habían establecido exitosamente. Cabe señalar que los acodos con retoños (14.5%), no se vieron favorecidos por las condiciones particulares del sitio de plantación, por lo que hacia el octavo mes, los retoños habían desecado y los acodos habían muerto. El sitio donde se observó una respuesta pobre de establecimiento fue Costa Mango, el cual registró el pH más bajo de 4.23, además de que no presentó materia orgánica, siendo este el sitio con mayor afluencia de inundación por el oleaje de la laguna, considerándose que la falta de materia orgánica influyó en la poca producción de retoños y nula supervivencia de los acodos (Cuadro 4 y 5). Por su parte, la mayor respuesta de producción de retoños se observó en Costa Norte durante el quinto mes posterior a la plantación, este fue el único sitio que presentó una textura arenosa, y el más rico en minerales como Ca, Mg y P. Por último, Río Coxcoapan registró la mayor supervivencia obtenida al octavo mes, destacando que este fue el sitio más rico en materia orgánica y con el pH más alto de

6.71, además de ser el sitio que recibe una mayor aportación de agua dulce (Cuadro 4 y 5).

Como puede apreciarse, las características edafológicas que presentaron los dos últimos sitios de plantación son muy parecidas, lo cual se ve reflejado en la favorable respuesta de producción de retoños y supervivencia que presentaron los acodos, por lo que, las condiciones son apropiadas para el sembrado de acodos de *L. racemosa*. No obstante, algunos autores señalan que aun cuando los suelos de manglar sean muy ricos en nutrientes y componentes minerales, la mayor parte de estos llegan a ser indisponibles a la planta debido a los procesos de reducción que se dan en condiciones inundadas, sin embargo, algunos minerales como el calcio en los tejidos del mangle ayudan a preservar la viabilidad de enzimas, por lo que las plantas tienen que incorporar mecanismos para vencer la toxicidad de los sulfatos que suelen ser excesivos en los suelos de mangle (Rao *et al*, 1998).

Cuando los acodos o varetas son llevados a campo, pueden llegar a producir hojas, las cuales generalmente mueren en pocos días o un par de meses ya que todos los brotes y hojas desecan debido a que la humedad y la capacidad reproductiva del acodo o vareta se consume antes de que puedan establecerse en el ambiente natural y puedan llegar a ser autosuficientes. Por tal razón, se dice que la época de lluvias es la más apropiada para el establecimiento en campo de *L. racemosa*, puesto que las constantes inundaciones fortalecen el sistema radicular, estimulando la formación de raíces secundarias, además de que ayudan a retirar el exceso de sal que suele acumularse en los suelos fangosos de manglar, y las bajas salinidades ofrecen una importante ventaja para la supervivencia y establecimiento del mangle, por lo que se requiere de suelos inundados para la supervivencia de los acodos; por el contrario, durante la época seca, la

mayoría de las ramas no se inundan, provocando que las raíces ya desarrolladas se sequen y mueran con mayor facilidad (Elster y Perdomo, 1999).

En el presente trabajo puede evidenciarse la gran capacidad que tiene *L. racemosa* para la propagación vegetativa, y particularmente los registros obtenidos de producción de retoños y establecimiento de acodos en campo, los cuales son de gran importancia ya que actualmente en especies de mangle se busca establecer métodos y técnicas que nos garanticen el éxito en la propagación asexual con especies de mangle, y la obtención de resultados favorables brindan un gran paso dentro de la investigación para seguir probando hasta lograr establecer métodos seguros con resultados mucho más exitosos.

Conclusiones

El presente trabajo mostró la capacidad de *L. racemosa* para su propagación asexual, al haber obtenido una producción de raíces en 96 (80%) acodos en un periodo de 195 días.

La cantidad de raíces producidas fue de 9.4 ± 4.8 , con longitud de 14.5 ± 2.8 cm y un grosor de 0.68 ± 0.17 cm.

La respuesta de establecimiento de los acodos en su medio natural fue del 44.7% con producción de retoños durante el quinto mes de la plantación y una supervivencia de 30.2% en el octavo mes.

La mejor respuesta de adaptación y producción de retoños se presentó en el sitio Costa Norte, los cuales llegaron a alcanzar en el octavo mes un promedio de longitud de 24.2 ± 14 cm y un grosor de 0.38 ± 0.15 cm.

Con base en los resultados, un punto importante a considerar en futuros trabajos es probar el establecimiento de los acodos en sitios donde a través de análisis de sustrato y las condiciones ambientales, se garantice una mejor adaptación por parte de los

acodos, así mismo, se sugiere un mayor control en la inundación que presenten los sitios de plantación, por lo que se recomienda la plantación en épocas lluviosa para analizar la respuesta de establecimiento.

Bibliografía

- Basáñez-Muñoz, A. J.; P. Elorza-Martínez; J. L. Alanís-Méndez; M. Á. Cruz-Lucas y N. Sánchez-Solórzán. 2008. Instalación de un vivero comunal y propagación de las especies de mangle en Tuxpan, Veracruz. *XXI Reunión Científico-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz y I del Trópico Mexicano*. 11 p.
- Benítez-Pardo, D.; F. Verdugo y J. Hernández. 2002. Reproducción vegetativa de dos especies arbóreas en un manglar de la costa norte del Pacífico Mexicano. *Madera y Bosques* **8**(2): 57-71.
- Carmona-Díaz, G.; J. E. Morales-Mavil y E. Rodríguez-Luna. 2005. *Plan de manejo del Manglar de Sontecomapan, Catemaco, Veracruz*. Instituto de Neuroetología. 112 p.
- Contreras, F., y O. Castañeda. 1995. Los ecosistemas costeros del estado de Veracruz. Gobierno del estado de Veracruz. Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesquero. Veracruz, Veracruz. 180 p.
- Cruz-Ruiz, G. y J. V. Pino-Hernández. 2006. Propagación por esquejes y propágulos de *L. racemosa* (Combretaceae) “mangle blanco” en el vivero de la Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria de Acayucan, Veracruz. *Tesis*. 43 p.
- Eganathan, P.; C. Srinivasa Rao y Ajith Anand. 2000. Vegetative propagation of three mangrove tree species by cuttings and air layering. *Wetlands Ecology and Management* **8**: 281-286.

- Elster, C. y L. Perdomo. 1999. Rooting and vegetative propagation in *Laguncularia racemosa*. *Aquatic Botany* 63: 83-93.
- Felipe, G. S. 2006. Propagación sexual y asexual de *Avicennia germinans* (Avicenniaceae) mangle negro en el vivero de la Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria de Acayucan, Veracruz. *Tesis*. 50 p.
- García-Hoyos, A; S. Hernández-Carmona y G. Carmona-Díaz. 2005. Reproducción asexual por acodos de tres especies en el manglar de Sontecomapan, Catemaco, Veracruz. *Memorias del II Taller sobre la Problemática de los Ecosistemas de Manglar*. Puerto Vallarta, Jalisco. 26-29 de Octubre.
- Hernández-Carmona, S.; G. Carmona-Díaz y C. H. Ávila-Bello. 2009. Propagación por acodos aéreos de tres especies de mangle en la laguna de Sontecomapan, Catemaco, Veracruz. Trabajo en extenso. *Memorias III Foro Internacional Biológico Agropecuario*. Tuxpan, Veracruz. 21-24 de septiembre.
- Kathiresan, K. y S. Ravikumar. 1995. Vegetative propagation through air-layering in two species of mangroves. *Aquatic Botany* 50: 107-110.
- Lema, V. L. F.; J. Polanía y L. E. Urrego G. 2003. Dispersión y establecimiento de las especies de mangle del Río Ranchería en el periodo de máxima fructificación. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* **27**(102): 93-103.
- Ramos-Gavilanes, L.; N. Cruz-Romero y O. Villacís-Centeno. 2003. Basado en: Propagación vegetativa de *Chlorophora tinctoria* (L) Gaud con el uso de las hormonas ANA y AIB estimuladoras del enraizamiento. *Tesis de Grado Ing. Forestal. Fac. Ciencias Ambientales*. UTEQ. 3 p.
- Rao, C.; P. Eganathan; A. Anand; P. Balakrishna y T. P. Reddy. 1998. Protocol for in vitro propagation of *Excoecaria agallocha* L., a medicinally important mangrove species. *Plant Cell Reports* 17: 861-865.

Reyes-De la Cruz, A.; G. López-Ocaña y H. Hernández-Trejo. 2002. Evaluación preliminar de los efectos de la inundación y la herbivoría sobre plántulas de mangle. *Universidad y Ciencia* **18**(36): 135-140.

Rojas-González, S.; J. García-Lozano y M. Alarcón Rojas. 2004. Propagación asexual de plantas. Conceptos Básicos y Experiencias con Especies Amazónicas. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. 56 p.

Tomlinson, P. B. 1986. The botany of mangroves. Cambridge University Press, 419 pp.

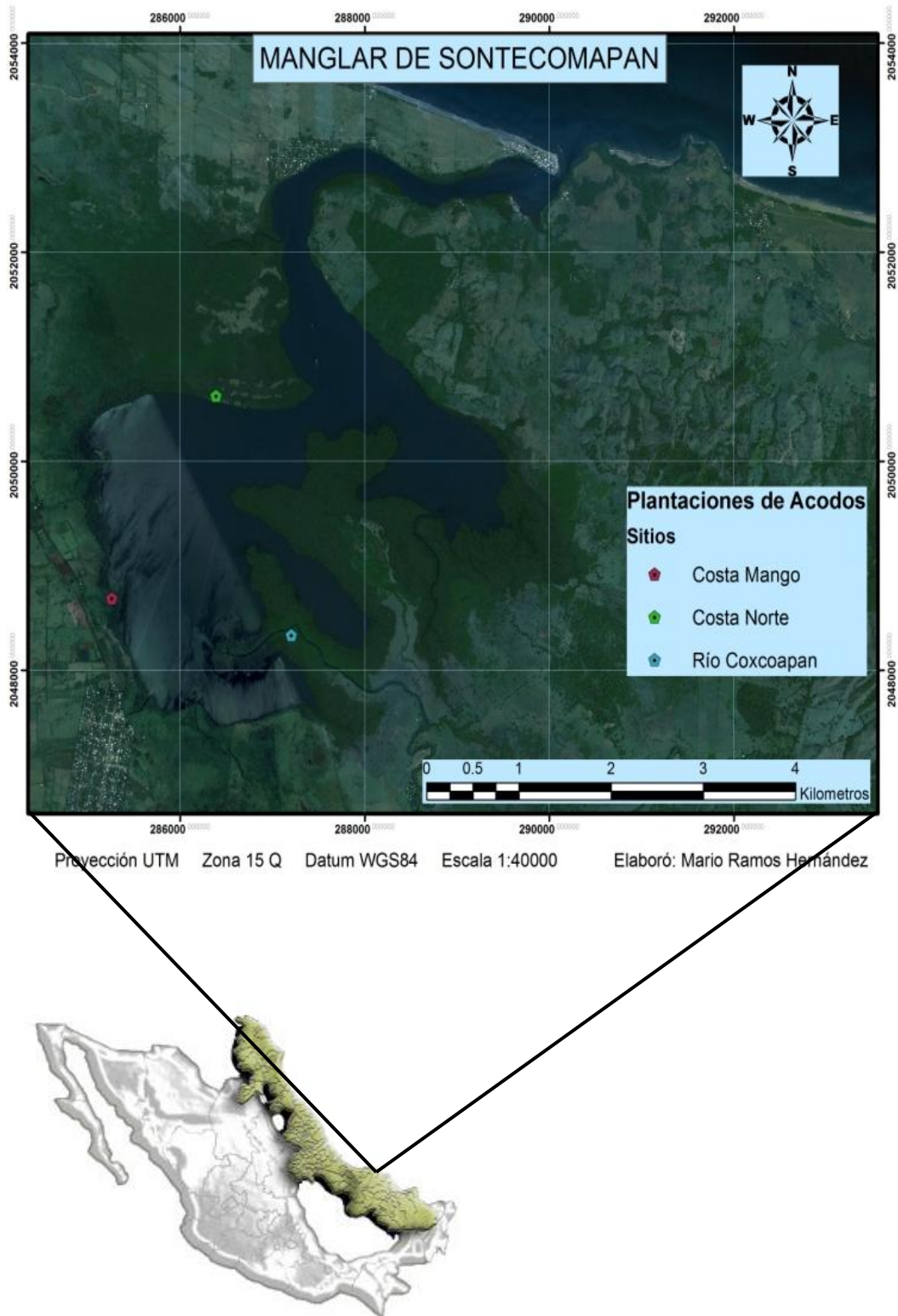


Figura 2. Muestra el mapa de la Laguna de Sontecomapan y los sitios donde se llevó a cabo la plantación de los acodos de *L. racemosa*.

Cuadro 4. Resultados del análisis de suelo realizado en cada uno de los sitios de plantación de los acodos.

Variables	Costa norte	Costa mango	Río Coxcoapan
Textura	Arena	Franco arenoso	Franco arenoso
Arena (%)	86.68	55.96	55.96
Arcilla (%)	9.32	8.76	8.76
Limo (%)	4.00	35.28	35.28
pH	5.07	4.23	6.71
Materia orgánica (%)	7.19	N/D	8.14
Nitrógeno (%)	0.36	N/D	0.41
Calcio	1,235 ppm	1,010 ppm	618 ppm
Magnesio	161 ppm	1,832 ppm	58 ppm
Fósforo	278 ppm	0.00 ppm	0.00 ppm

Cuadro 5. Número de acodos plantados y evaluación del porcentaje de supervivencia y número de acodos en cada sitio de plantación durante un periodo de ocho meses de muestreo, donde CN = Costa Norte, CM Coxcoapan.

	OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE			ENERO			MARZO			
	CN	CM	RC	CN	CM	RC	CN	CM	RC	CN	CM	RC	CN	CM	RC	C
Plantación por sitio	33	30	33													
Sobrevivencia (%)				100	100	96.9	96.9	100	96.9	60.6	83.3	84.8	48.4	10	72.7	39
Con / sin retoños				11/22	0/30	7/25	13/19	4/26	11/21	16/4	3/22	14/14	16/0	2/1	14/10	13

Cuadro 6. Evaluación de los acodos que lograron producir retoños, cantidad de retoños producidos y crecimiento de cada sitio de plantación durante un periodo de ocho meses de muestreo, donde **AR** = Acodos con retoños producidos, **NR-/+** = Número menor y mayor de retoños producidos, **LR** = Longitud de los retoños, **L-/+** = Longitud menor y mayor de los retoños, **GR** = grosor de los retoños y **G-/+** = Grosor menor y mayor de los retoños.

	NOVIEMBRE		DICIEMBRE			ENERO			MARZO			
	CN	RC	CN	CM	RC	CN	CM	RC	CN	CM	RC	CN
AR	11	7	13	4	11	16	3	14	16	2	14	13
NRP	56.3±86.8	14.1±18.2	49.6±61.8	9.5±9.2	12±12.7	38.5±38.4	6.6±6.4	5.6±5.1	33.5±34	4.5±4.9	6.5±5.1	37.7±20.9
NR - +	1/272	1/49	2/211	3/23	2/44	2/138	2/14	1/17	1/137	1/8	1/20	8/81
LR (cm)	5.6±4.2	3.0±2.8	3.2±1.1	3.9±1.8	4±2.6	5±2.9	3.6±0.7	4.4±2	6.1±3.8	4±1.5	7.2±4.2	14.9±5.1
L -/+	0.38/16.3	1.5/9.4	1.7/5.6	2.1/5.8	0.7/10.5	1.7/14.2	3.1/4.4	1.4/8.2	2.2/18.2	2.9/5.2	2.6/13.4	8.9/23.5
GR (cm)	0.20±0.08	0.25±0.06	0.21±0.04	0.22±0.04	0.22±0.05	0.30±0.27	0.20±0.05	0.23±0.05	0.27±0.05	0.26±0.01	0.26±0.04	0.30±0.06
G -/+	0.16/0.34	0.17/0.34	0.15/0.32	0.19/0.27	0.15/0.33	0.17/0.33	0.20/0.21	0.16/0.33	0.18/0.42	0.25/0.27	0.18/0.33	0.20/0.46

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES GENERALES

En la presente tesis se evaluó la propagación asexual en especies de mangle. Esta vía reproductiva está orientada a la reproducción de clones y ofrece la ventaja de obtener una producción uniforme de individuos en un corto periodo de tiempo, considerándose como una técnica que ha adquirido gran importancia en la sobrevivencia y conservación de especies amenazadas o en peligro de extinción, principalmente de especies arbóreas tropicales.

Los resultados obtenidos muestran la capacidad meristemática de *L. racemosa*, *R. mangle* y *A. germinans* para ser propagados por la vía asexual, ya que las tres especies mostraron una respuesta positiva en la formación de raíces aunque en diferentes cantidades, tamaños y tiempos, lo cual determinó una relación negativa con la estructura de los árboles adultos y las ramas acodadas.

L. racemosa registró un mayor número de acodos enraizados, una mayor cantidad de raíces formadas y en promedio estas alcanzaron la mayor longitud. Esta fue la única especie que logró establecerse exitosamente en condiciones de campo, registrándose producción de retoños en 43 (44.7%) acodos durante el quinto mes de la plantación y una supervivencia de 29 (30.2%) en el octavo mes.

Por los resultados obtenidos se sugiere la preparación de los acodos durante la época de primavera y el acodado sobre ramas de 4 m de longitud para la especie *L. racemosa*.

En futuros estudios se recomienda seguir probando el acodado en ramas de diferente longitud sobre todo en las especies de *R. mangle* y *A. germinans*. Así mismo, la adecuada selección de los sitios de plantación será un punto importante en el éxito del establecimiento de los acodos y la sobrevivencia hasta que los individuos alcancen su etapa de fructificación.