

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

**Saúl Hernández Carmona<sup>1</sup>, Gustavo Carmona Díaz<sup>2</sup>, Carlos Héctor Ávila Bello<sup>3</sup>  
y Germán David Mendoza Martínez<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Instituto de Neuroetología, Parque de la Flora y Fauna Silvestre Tropical, Universidad Veracruzana. Luis Castelazo s/n. Colonia Industrial Animas. CP 91190, Xalapa, Veracruz, México. <sup>2</sup>Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria, Universidad Veracruzana. Km 4.5 Carretera Costera del Golfo, Acayucan-Catemaco, Acayucan, Veracruz, México. CP 96000. <sup>3</sup>Vicerrectoría Regional Coatzacoalcos-Minatitlán-Acayucan-Huazuntlán. Universidad Veracruzana. Chihuahua 803. Colonia Petrolera. CP 96500. Coatzacoalcos, Veracruz, México. <sup>4</sup>Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. Calzada del Hueso 1100, Colonia Villa Quietud Coyoacán. CP 04960. México, DF.

Correo electrónico: floralmimicry@yahoo.com.mx

**RESUMEN**

La propagación asexual en especies de mangle 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 mangle sólo nueve han sido propagadas a través de la reproducción asexual y los resultados van desde escasa producción de raíces en individuos acodados hasta bajo porcentaje que logran establecerse en campo. Esto ha hecho que algunos especialistas en manglar 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 una planta de mangle propagada por acodo puede ser de mayor altura y más

rápido crecimiento. El trabajo se hizo en el sitio Ramsar 1342 “Manglares y Humedales de la Laguna de Sontecomapan”, Catemaco, Veracruz, México. Se acodaron 120 ramas de árboles adultos por especie de mangle utilizando ácido indolbutírico (Raizoneplus, con 6% de ácido indol-3-butírico) para favorecer el enraizado. *L. racemosa* produjo raíces en 96 acodos después de 195 días. *R. mangle* produjo raíces en 37 acodos y *A. germinans* en 31, estas dos últimas especies después de un 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. Las tres especies tienen la capacidad de producir raíces aunque en cantidad y tamaños diferentes, no obstante, solo se sugiere el acodado de *L. racemosa* para programas de reforestación.

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

### ABSTRACT

Asexual propagation in mangrove species is poorly documented and has consisted of individual experiments for vegetative propagation of some species exists without continuity and further investigation by the unsuccessful results. Among 69 species of mangroves only nine have been propagated through asexual reproduction and the results range goes from a low roots production in individuals bent to a very low percentage to become established in field. This has led some experts believe that these mangrove species are not suitable for vegetatively propagated. The aim of this study was to evaluate the asexual propagation by air layers on species *Rhizophora mangle* (Rhizophoraceae), *Laguncularia racemosa* (Combretaceae) and *Avicennia germinans* (Avicenniaceae) under the assumption that an individual mangrove can be propagated by layering tallest and fastest growing also be developed in less time than propagules. The work was done in the 1342 Ramsar site "Mangroves and Wetlands Sontecomapan Lagoon", Catemaco, Veracruz, Mexico. 120 branches are layered in mangrove species using Indole Butyric Acid (Raizone-plus, with 6% Indole-3-Butyric Acid) to promote root. *L. racemosa* roots occurred in 96 layers after 195 days. *R. mangle* roots occurred in 37 layers and *A. germinans* in 31, both species layered after one year. Significant differences were found between the number of roots produced by species and thickness. Not relationship was found between the number of roots produced by species with height, DBH, tree cover and

the length and thickness of branches. Not significant difference was found to correlate the number of roots with length and thickness structural measures of branches in each species. The three species have the ability to produce root even in quantity and sizes, however, we suggest the elbow of *L. racemosa* to conduct reforestation programs.

**Key words:** asexual propagation, air layers, mangrove species, roots production.

### INTRODUCCIÓN

El uso, la conservación, manejo y restauración ecológica de los manglares están entre los aspectos más importantes para la conservación de estos ecosistemas (Carmona-Díaz *et al.*, 2004). La restauración ecológica se ha tratado de hacer mediante la propagación, reforestación y rehabilitación como estrategias conservacionistas que permitan 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 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 es bajo el índice de individuos que logra alcanzar la madurez (Lema *et al.*, 2003).

Con las técnicas de reproducción asexual como estacas y acodos aéreos, se pueden propagar plantas vasculares y los resultados son más satisfactorios cuando se utilizan fitohormonas que estimulan la formación de raíces, yemas foliares y retoños (Hartmann *et al.*, 1990; Rao *et al.*, 1998). En pocas especies de mangles se han implementado

estas técnicas de reproducción asexual con la finalidad de obtener individuos en corto tiempo, 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 plantas de mangle con avanzado desarrollo y tamaño uniforme 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 asexualmente no retornan a un estado juvenil donde presentan alto índice de mortalidad (Hartmann *et al.*, 1990; Eganathan *et al.*, 2000).

La propagación asexual por acodos aéreos ha sido poco documentada en especies de mangle, por lo cual se les considera con poca capacidad para su regeneración (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 propagarse por acodos aéreos y estacas, y que los criterios de selección de árboles y ramas para la obtención del material vegetativo, pueden variar considerablemente con los individuos y las especies, siendo factores importantes, aunado a los cuidados de los acodos aéreos para obtener resultados favorables al propagar vegetativamente las especies de mangle.

Benítez *et al.* (2002) consideran que los árboles de mangle sanos y vigorosos son idóneos para obtener material vegetativo, sugiriendo la selección de ramas de 1.5 m

de largo y 3 cm de grosor, que presenten cuando menos una yema axilar. Estos autores encontraron que al hacer los acodos durante el verano, las especies *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus* obtuvieron producción de raíces en 80% de los acodos, pero que fueron dañados por hormigas, lo que impidió llevarlos a los sitios de plantación. También hicieron acodos durante el otoño, donde la respuesta decreció en 40%. García-Hoyos *et al.* (2005) registraron producción de raíces en 20% de los acodos de las especies *L. racemosa*, *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans* en ramas acodadas de aproximadamente 3 m 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 en *Sonneretia apetala* y *Xylocarpus granatum*. Kathiresan y Ravikumar (1995) propagaron las dos especies anteriores durante las cuatro estaciones del año pero sólo los acodos realizados en octubre y enero lograron producir raíces, con mayor respuesta en *S. apetala*, mencionan que el efecto de las fitohormonas puede 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 *R. mangle* y *L. racemosa* es la de estacas, obteniéndose resultados positivos en *L. racemosa*. Elster y Perdomo (1999) propagaron 240 estacas en condiciones controladas, logrando obtener producción de retoños e incluso floración, únicamente en cinco de éstas. También sembraron 170 estacas directamente en campo. A los seis meses de la siembra obtuvieron la supervivencia

de 29. Carmona-Díaz (2005) ha registrado resultados favorables en la producción de rebrotes e incluso de neumatóforos en estacas de *A. germinans*, que desarrollaron durante tres años posteriores a su establecimiento, en *L. racemosa* se registró un individuo totalmente ramificado de aproximadamente 1 m, mientras que de *C. erectus* se mantuvieron tres estacas 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 la producción de rebrotes en estacas de 25 y 50 cm en *L. racemosa* y *A. germinans* que después de 88 días murieron (Felipe, 2006; Cruz y Pino, 2006.). En *R. mangle* la obtención de rebrotes es nula, en *C. erectus* sólo algunos que posteriormente murieron (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 85% de plantas que lograron adaptarse exitosamente al ambiente natural en condiciones *ex vitro* (Rao *et al.*, 1998).

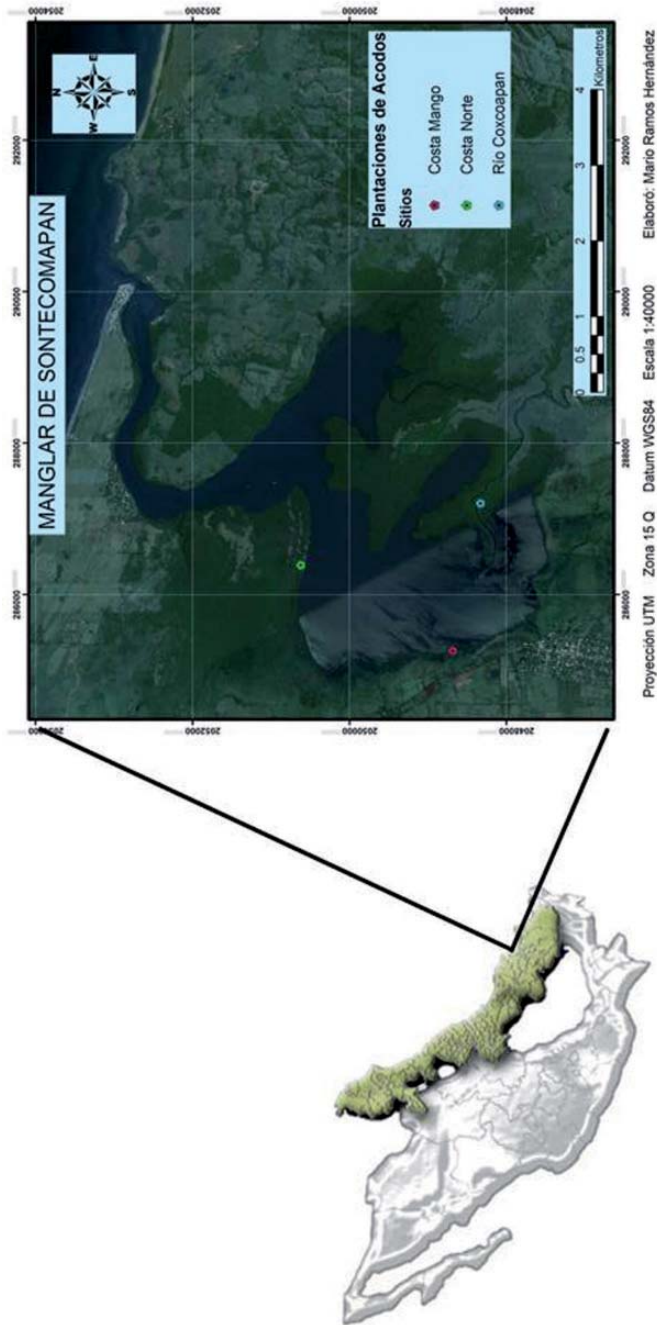
Los trabajos sobre la propagación vegetativa de especies de mangle manifiestan el potencial que presentan para propagarse mediante: acodos aéreos, estacas o *in vitro*, a través de las cuales se pueden llegar a obtener resultados favorables. Además, este tipo de propagación tiene la ventaja de obtener individuos en menor tiempo comparado con la reproducción sexual (Eganathan *et al.*, 2000). De acuerdo con lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la propagación por acodos aéreos en *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.

## MATERIAL 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 (Fig. 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 éste 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 primavera (marzo), se prepararon 120 acodos en las especies *Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinans* y *Rhizophora mangle*. Se seleccionaron árboles adultos, de porte vigoroso y sano, que no presentaron indicios de plagas; a todos se les midió la altura, diámetro a la altura del pecho (DAP) y cobertura. Para la realización de los acodos de *L. racemosa* se seleccionaron 30 árboles con altura promedio de 24 m, 56 árboles de *R. mangle* y 99 árboles de *A. germinans*, estos dos últimos con 8.5 y 9 m de altura, respectivamente. El número de árboles utilizados para cada especie fue variado debido a la accesibilidad de las ramas que deberían tener de 3 a 5 m de longitud y de 3 a 4 cm de grosor; se emplearon las ramas del primer estrato por ser las más accesibles.

Los acodos se realizaron siguiendo el proceso descrito por Benítez *et al.* (2002), utilizando navajas de campo, rafia, plástico transparente y “Raizone-plus” el cual contiene ácido indolbutírico (Rao *et al.*, 1998). El Raizone-plus se aplicó en un anillo de 8 cm aproximadamente, en el



**Fig. 1.** Mapa de la laguna de Sontecomapan donde se ubican los sitios donde se llevó a cabo la plantación de los acodos de *L. racemosa*.

cual se retiró completamente la corteza, posteriormente se amarró un plástico transparente y fue rellenado con 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 y se contaron los acodos enraizados. Se registró el tiempo en que éstas se habían desarrollado y madurado, considerando que en ese momento los acodos estaban listos para ser cortados 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, la época de corte fue diferente para cada caso. El corte de los acodos se hizo 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 y se obtuvo el promedio de la longitud y el grosor que éstas alcanzaron.

Para el análisis estadístico se aplicó una  $X^2$  que comparó el número de acodos por especie que presentaron las primeras raíces y el número de acodos totales por especie que produjeron 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, sobre la producción de raíces.

## RESULTADOS

Los primeros registros de producción de raíces se observaron a los 75 días en 62 individuos de *Laguncularia racemosa*. La apariencia que presentaron las raíces al inicio fue de colores blanquecinos y delgados. Para *Rhizophora mangle* y *Avicennia 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  $X^2$  la producción de las primeras raíces (75 días para *L. racemosa* y 195 para *A. germinans* y *R. mangle*) (cuadro 1) mostró diferencias estadísticamente significativas ( $X^2$  primeras raíces = 27.8,  $gl = 2$  y  $P = 0.001$ ). La maduración de las raíces se registró a los 195 días en *L. racemosa* (96 acodos) y a los 365 días en *R. mangle* (37 acodos) y *A. germinans* (31 acodos) (cuadro 1). Al comparar con una prueba de  $X^2$  también se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $X^2$  al corte = 29.8,  $gl = 2$  y  $P = 0.001$ ).

Se contabilizaron y midieron las raíces al momento que los acodos fueron cortados, algunos produjeron una raíz, mientras que otros lograron producir 22 raíces. *L. racemosa* registró el mayor número de

**Cuadro 1.** Muestra los acodos realizados 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 cortados del árbol acodado.

	<i>L. racemosa</i>	<i>R. mangle</i>	<i>A. germinans</i>
Número de acodos realizados	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 cortados	195	365	365
Número de acodos que fueron cortados	96	37	31

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

( $X^2$  al corte = 29.8, gl = 2 y P = 0.001)

raíces promedio (cuadro 2). Al comparar el número de raíces producidas por especie se encontraron diferencias estadísticamente significativas (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* en los cuales se realizaron 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 por especie, encontrándose que no hay influencia de estas variables hacia la producción de raíces en los acodos.

Al aplicar una correlación entre el número de raíces por acodo de cada especie, con la longitud y grosor de las ramas, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para ninguna de las especies de mangle.

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran que es posible inducir la producción de raíces en acodos de las especies de mangle *Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinans* y *Rhizophora mangle*, sin embargo, la formación de raíces varía en las tres especies. *L. racemosa* fue la especie donde los acodos produjeron mayor cantidad de raíces. La producción de raíces en estas tres especies de mangle también está influenciada por la estación del año en la cual se realizaron los acodos.

**Cuadro 2.** Promedio  $\pm$  DE del número de raíces producidas por los acodos de cada especie y de las longitudes (cm) y grosores (mm) que éstas 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 las ramas acodadas y de los árboles adultos en los que se realizaron los acodos para cada una de las especies.

Especie	<i>L. racemosa</i>	<i>R. mangle</i>	<i>A. germinans</i>
Longitud-rama (m)	4.7 $\pm$ 1.3	3.1 $\pm$ 0.8	2.9 $\pm$ 0.7
Grosor-rama (cm)	3.7 $\pm$ 0.9	3.6 $\pm$ 0.8	3.6 $\pm$ 0.8
Altura-árbol (m)	24.3 $\pm$ 3.1	9.0 $\pm$ 3.7	8.0 $\pm$ 7.5
DAP-árbol (m)	1.1 $\pm$ 0.4	0.3 $\pm$ 0.2	0.2 $\pm$ 0.1
Cobertura-árbol (m <sup>2</sup> )	63.8 $\pm$ 27.3	25.7 $\pm$ 17.0	19.8 $\pm$ 15.1



García-Hoyos *et al.* (2005) utilizaron las mismas especies de mangle, y realizaron los acodos durante el otoño, encontraron que sólo el 18.3% lograron la inducción de raíces, por lo que la realización de los acodos durante la primavera proporciona resultados más favorables. Sin embargo, la falta de humedad durante la primavera pudo haber provocado estrés hídrico en los acodos, 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 la producción de raíces en los acodos, lo cual concuerda con lo observado por Benítez *et al.*, 2002.

Por su parte, Benítez *et al.* (2002), encontraron que el verano (junio) es la época adecuada para propagar vegetativamente a las tres especies, se observó que en otoño y primavera hubo un decremento en la 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, además de que contribuyen a la disminución de la salinidad y con ello hay mayor disponibilidad de nutrimentos que favorece la nutrición y capacidad metabólica de la planta.

En el presente estudio, los acodos se realizaron durante la primavera y fueron cortados 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 durante las estaciones del año serán cruciales para el éxito en la

propagación de estas especies. Sin embargo, es evidente que otros factores además de la estacionalidad están implicados en el éxito de la propagación por acodos.

En relación con lo anterior, algunos autores señalan que cualquier técnica de propagación que se utilice 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 puede interferir en la actividad hormonal del individuo, reduciendo su metabolismo o produciéndole estrés hídrico, lo cual va a afectar directamente la formación de raíces, 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 y dependen también de las características particulares de la especie que se desea 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 en *L. racemosa* las ramas de 4 m mostraron mayor capacidad de inducción, logrando formar hasta 22 raíces por acodo. Por su parte, las ramas de 3 m en *R. mangle* y *A. germinans* mostraron menor respuesta produciendo como 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 mayor promedio  $14.5 \pm 2.8$  cm de longitud, las raíces de *R. mangle* con  $12.1 \pm 12.2$  cm, alcanzaron 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  $9.4 \pm 4.8$  raíces primarias y éstas a su vez formaron raíces secundarias. Por su parte *A. germinans* y *R. mangle* sólo lograron producir  $3.2 \pm 1.9$  y  $4.9 \pm 2.9$  raíces primarias respectivamente, sin formar raíces secundarias. Lo anterior está relacionado con la condición fisiológica que presentan los individuos, que depende de la disponibilidad de azúcares 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 longitud y grosor de las ramas para asegurar mejores resultados en la propagación de mangles y de acuerdo con algunos autores, la longitud y grosor de la rama puede variar dependiendo de la especie, así como de la técnica a utilizar (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, la cobertura de los árboles, la longitud y grosor de las ramas utilizadas para la elaboración de los acodos pueden brindar mejores resultados, en el presente trabajo analizó la posible relación entre las variables estructurales y la cantidad de raíces producidas por los

acodos de cada especie. *L. racemosa* mostró mayor producción de raíces, por lo que, la selección de ramas grandes, así como la utilización de árboles en etapa reproductiva, por lo que 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 de *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 la conservación de estas importantes especies. Cabe recalcar que a pesar de haber obtenido resultados favorables en la inducción de raíces en las tres especies de mangle, resulta necesario realizar otros experimentos 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, logrando lo anterior se tendría la certeza de obtener un mayor éxito en la restauración de estos importantes ecosistemas.

## CONCLUSIONES

Sólo la longitud de las ramas mostró tener relación en la inducción de raíces en *L. racemosa*, por lo que, se recomienda seleccionar ramas jóvenes 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 generaron raíces, sólo *L. racemosa* es viable para ser propagada por acodos aéreos, debido a que fue la única que logró producir retoños después del trasplante.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen las atinadas sugerencias y comentarios de tres árbitros anónimos, mismas que enriquecieron sustancialmente el presente trabajo.

### LITERATURA CITADA

- 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 de licenciatura. Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria. Universidad Veracruzana. 39 pp.
- 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 pp.
- 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 pp.
- 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/Refor estaciondeManglarenCampeche.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 pp.
- 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 de licenciatura. Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria. Universidad Veracruzana. 43 pp.
- 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 FISPA. Acayucan, Veracruz”. Tesis de licenciatura. Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria. Universidad Veracruzana. 50 pp.
- García-Hoyos. 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.
- Hartmann, H.T., D.E. Kester y F.T. Davies Jr., 1990. *Plant Propagation. Principles and Practices*. 5<sup>th</sup> ed., Prentice Hall Englewood Cliffs, New Jersey, USA. 647 pp.
- Kathiresan K. y S. Ravikumar, 1995. “Vegetative propagation through air-layering in two species of mangroves”. *Aquat. Bot.*, **50**: 107-110.
- Lema, V.L. F.; J. Polania y L.E. Urrego, 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.
- 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

Hernández-Carmona, S. et al.: Propagación vegetativa de tres sp. de mangle en Sontecomapan, Catemaco, Ver., Méx.

- Sistemas de Producción Agropecuaria. Acayucan, Veracruz”. Tesis de licenciatura. Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria. Universidad Veracruzana. 26 pp.
- 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.

Recibido: 23 marzo 2010. Aceptado: 19 agosto 2011.