

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Reproducción vegetativa de dos especies arbóreas en un manglar de la costa norte del Pacífico mexicano

Daniel Benítez Pardo¹
Francisco Flores Verdugo²
Juan Ignacio Valdez Hernández³

RESUMEN

Con el propósito de generar tecnología propia para el manejo agronómico en especies arbóreas de manglar, se inició un estudio que incluye la reproducción asexual de *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus* a través de acodos aéreos, usando como sustrato estopa de coco molida y aserrín, además de esquejes de dos edades ontogénicas (madera "blanda" y "semidura"). En el experimento se utilizó un diseño de bloques al azar. Entre los resultados destaca que el verano es la mejor época del año para la reproducción vegetativa y que el mejor medio reproductivo fueron los acodos aéreos con un 90% de enraizado. Los esquejes de madera "semidura" y de madera "blanda" de *L. racemosa* tuvieron un 50% y un 30% de éxito respectivamente, mientras que para *Conocarpus erectus*, tanto los esquejes jóvenes de madera "blanda" como los de madera "semidura", sólo lograron generar flujos vegetativos (retoños) aproximadamente a los tres meses de sembrados manteniéndolos de 6 a 12 meses, pero no presentaron raíces.

PALABRAS CLAVE:

Acodos aéreos, *Conocarpus erectus*, *Laguncularia racemosa*, esquejes, manglar, reproducción vegetativa.

ABSTRACT

The obtention of new saplings through the induction of root formation in aerial shoots and conventional cuttings is a first, important step for agronomic management of mangrove forests. This possibility was studied with the species *Laguncularia racemosa* and *Conocarpus erectus*, with experiments carried out during four periods of the year, corresponding to the conventional four seasons of temperate climates. Root formation of aerial shoots on a substrate of ground coconut burlap and sawdust was 90% successful during summer (wet season). Conventional cuttings of young (soft) and older (semi-hard) wood were less successful. Only 50% and 30% of the semi-hard and soft cuttings of *L. racemosa* had rooted at the end of the trials. Those of *C. erectus* had few leaves and buds, which lasted between 6 and 12 months, but were unable to generate a functional root system.

KEY WORDS:

Aerial shoot, *Conocarpus erectus*, *Laguncularia racemosa*, cuttings, mangrove, vegetative reproduction.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se afirma que existen aproximadamente 240 000 km² de manglares en el mundo. Sin embargo, la tendencia a la reducción de estos bosques es evidente (Mitsch y Gosselink, 2000). México es considerado como el sexto país en el mundo con mayor extensión de manglares con aproximadamente 6 600 km² (Blasco, 1988). En los bosques de manglares de las costas mexicanas, son cuatro las especies que presentan mayor abundancia: *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Avicennia germinans* (mangle prieto o puyequé), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) y *Conocarpus erectus* (falso mangle, botoncillo) las cuales se encuentran en la NOM-059-ECOL-1994 bajo la categoría de especies bajo protección especial. En décadas pasadas se registró *Rhizophora harrisonii* para el Estado de Chiapas (Rico, 1981).

Los manglares son zonas que regulan microclimas, producción de oxígeno, investigación científica y educación (Tiner, 1984). A pesar de la gran importancia que representan estos ecosistemas en el ámbito de las pesquerías ribereñas y de altamar, bienes y servicios, mantenimiento de la biodiversidad, control de la erosión, retención y acumulación de sedimentos y contaminantes, refugio y reproducción de especies en peligro de extinción, belleza escénica, navegación, trampa de carbono y de nutrientes (Odum et al., 1982; Ministerio del Ambiente, 2000), siendo además reconocidos como uno de los ecosistemas más productivos en el planeta, con una productividad neta de hasta 24 t ha⁻¹año (peso seco) (Flores, 1989), la grave tendencia de la desaparición de estos bosques a nivel mundial, no varía. Entre los factores que más influyen en la alteración de este ecosistema destacan: el desarrollo de la camaronicultura, agricultura, ganadería, asentamientos humanos, complejos turísticos, aperturas de bocas hacia el mar, apresamientos de ríos, entre otros. En México, estos mismos factores están causando la desaparición de los

manglares; según los inventarios forestales de 1970 y 1992 el porcentaje deforestado de sus manglares, va desde un 12% (Tovilla, 1994) hasta 65% (Yáñez et al., 1994).

En lo que se refiere a la camaronicultura por ejemplo, tan sólo para la región del Mar de Cortés se consideran alrededor de 30 268 ha (SEMARNAP, 1999) y, particularmente Sinaloa, cuenta con 20 932 ha distribuidas en 256 granjas acuícolas (75% del total nacional), las cuales contribuyen a la modificación del paisaje y afectan en conjunto a la dinámica y patrones hidrológicos de los sistemas estuarinos (Ruiz y Hernández, 1999). La instalación de granjas acuícolas en la zona costera planeadas de manera irregular están impactando adversamente la integridad del medio ambiente costero, que incluye a los manglares (Phillips, 1998; Greenpeace Internacional, 1999; Agraz et al., 1999).

Se plantea además que la desproporcionada eliminación de fuentes de materia orgánica (hojas de mangle) en los esteros, puede ser una causa en la reducción de las poblaciones de larvas silvestres de camarón (Lahmann et al., 1987). Se estima que por cada hectárea de manglar destruida se pierden, al año, alrededor de 800 kg de camarón y peces de importancia comercial (Turner, 1977),

Se menciona que los impactos causados por la camaronicultura en México no son de la magnitud observada en otros países latinoamericanos y de Asia; sin embargo se recomienda como indispensable elaborar un plan de manejo integral de medidas de mitigación y restauración hidrológica (Flores, 1992; Bojórquez, 1992). Se reconoce también que los manglares son desforestados para el establecer las granjas acuícolas. Es claro entonces que estas áreas y también las granjas abandonadas son susceptibles de una recuperación artificial del ecosistema del bosque de manglar, a través de la reforestación y la restauración hidrológica.

Diversos autores han propuesto el uso de plantación de manglares como filtros de las efluentes de granjas acuícolas (Haron, 1981; Clough *et al.*, 1982). Entre los problemas más importantes a los que se han enfrentado los investigadores que se dedican al manejo y conservación del bosque de manglares y específicamente a la reforestación, es su reproducción por semilla (Vázquez, 1990). Se ha observado que la tasa de mortalidad de las semillas que produce el manglar es inversamente proporcional a su tamaño (Rabinowitz, 1978).

Las semillas que producen las especies del bosque de manglar son de difícil o imposible almacenamiento, debido al alto porcentaje de humedad que contienen, en ocasiones mayor al 50%. Estas semillas presentan siempre cierta tasa respiratoria y es imposible hacer descender la humedad por debajo de ciertos límites sin causar daños irreversibles a la estructura celular, por lo que difícilmente toleran las bajas temperaturas y en el almacén son presa fácil de hongos y otros microorganismos (Vázquez, 1990).

La propagación asexual de especies leñosas de mangle ha sido poco estudiada (Tomlinson, 1994), sin embargo, el mismo autor señala que especies de los géneros *Avicennia*, *Rhizophora* y *Sonneratia* tienen una capacidad limitada para reproducirse de manera asexual, a través de sus ramas bajas, que al hacer contacto con el suelo por su propio peso aparecen algunas raíces. *Rhizophora mangle* ha sido una de las especies más estudiadas en este sentido y se ha encontrado que a los árboles de esta especie, una vez que se les corta la copa pueden tener retoños, pero que luego son abortados, después de 2 ó 3 años (Gill y Tomlinson, 1969, 1971b citados por Tomlinson, 1994).

Por otro lado, Craighead (1971) señala que algunas especies del bosque de manglar pueden ser fácilmente eliminadas de su hábitat por su inhabilidad para reproducirse vegetativamente, parti-

cularmente especies de *Rhizophora*. No obstante, es posible para esta especie establecerse en nuevos sitios, utilizando mecanismos sexuales (hipocótilos). También Blasco (1977) menciona que existen algunos estudios para los géneros de *Avicennia* y *Excoecaria*, en la parte occidental de la India, sobre su propagación asexual, con resultados muy deficientes.

Larve y Muzik (1954) mencionan que plántulas generadas a partir de semillas o hipocótilos de *R. mangle*, son más fáciles de injertar de manera artificial, debido a que dan origen a retoños apicales. Especies como *Avicennia*, *Laguncularia* y *Sonneratia* tienen reservas meristemáticas, por lo que es más viable que retoñen cuando se les causa algún daño. Sin embargo, en bosques compuestos por estas especies y que son dañados, es poco común que haya una regeneración con estas mismas especies, quizá debido a que las ramas que enraízan tienen una relación tallo-raíz desproporcionada, por lo que no responden a las condiciones adversas que caracterizan los manglares y su capacidad de regeneración es muy deficiente (Tomlinson, 1994).

Agraz (1999) utilizó la técnica de fusión entre plantas (33 cm a 42 cm de altura) de *R. mangle* y *A. germinans* como medio de propagación, obteniendo un prendimiento de 33% en el periodo de verano-invierno y 80% a 90% en el de primavera-verano en *A. germinans*, así como un 50%-70% para *R. mangle*. También, utilizó estacas en *A. germinans* y *L. racemosa* en las cuales aparecieron brotes en un 15% para el primer mes y en un 50% en segundo mes. Elster y Perdomo (1999) trabajaron en la propagación vegetativa de *Laguncularia racemosa* por medio de esquejes; sus resultados indican que es posible la propagación de esta especie en condiciones controladas (invernadero). El manejo de las plántulas a nivel de vivero es muy difícil ya que sólo duran vivas algunos meses.

Es importante destacar que no se encontraron trabajos de investigación sobre la clonación a través de acodos aéreos y el manejo en ambiente de vivero, en México, es incipiente, pero según experiencias en otros países como EUA, Ecuador, etc., sí es viable llevar a cabo estos trabajos (Agraz, 1999; Araujo, 2001).

No obstante que los costos de producción provenientes de vivero son más altos comparados con los de propágulos, Saenger (1997) asegura que el establecimiento de viveros se justifica cuando la regeneración de plantación directa es difícil de lograr, o bien, cuando es necesaria la producción de plántulas con cierto grado de desarrollo, así como una fuente importante de plantas para los programas de reforestación.

Con los resultados obtenidos en el presente trabajo, se busca demostrar que existe la posibilidad de reproducir asexualmente las especies arbóreas de *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus* que componen el bosque de manglar; además, se busca transferir tecnología agrícola para manejar plántulas a nivel de vivero y con ello establecer las bases para un programa piloto de reforestación, apoyar programas de conservación, restauración y uso sustentable de los bosques de manglares, así mismo llevar a cabo reforestación en bordes de estanques y lagunas de oxidación en granjas acuícolas, para su rehabilitación.

OBJETIVOS

- Determinar si es posible la propagación vegetativa de *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn y *Conocarpus erectus* L. a través de acodos aéreos y esquejes.
- Determinar la eficiencia de las técnicas de propagación del acodo aéreo y esquejes en dos etapas ontogénicas (ramas maduras y en crecimiento), así como el sustrato (estopa de coco molida y/o aserrín) más adecuado para el enraizamiento de los acodos aéreos.

- Determinar cuál es la época del año más adecuada para la reproducción vegetativa de *L. racemosa* y *C. erectus* y qué especie responde mejor a la propagación vegetativa.

METODOLOGÍA

Localización

El trabajo se desarrolló en la granja camaronícola Don Jorge, situada en el margen sureste del estero La Sirena, que se localiza adyacente a la ciudad y puerto de Mazatlán, Sinaloa, México (Figura 1), ubicado entre las coordenadas geográficas 23° 9'00" N y 106° 18'10" W (GPS 38 Garmin).

Clima

En la zona de estudio, predomina un clima cálido subhúmedo de sabana tropical y subtropical, con lluvias en verano y una temporada de sequía bien marcada de enero a junio y temperatura media anual de 25 °C y precipitación media anual de 898.6 mm. (1594.3 mm como máxima y 529.1 mm como mínima) (INEGI-Gobierno del Estado de Sinaloa, 1992; Gobierno del Estado de Sinaloa, 1990). Los vientos predominantes son del noroeste en invierno y del sureste en verano.

Salidas de campo

Se realizaron salidas de campo para obtener los acodos aéreos y la selección y corte de los esquejes, observación de la humedad en los acodos, aparición y crecimiento de las raíces, control sanitario y vigilancia.

Establecimiento del experimento

El trabajo se estableció en cuatro épocas del año: 27 de septiembre (otoño) y 27 de diciembre (invierno) de 2000, 28

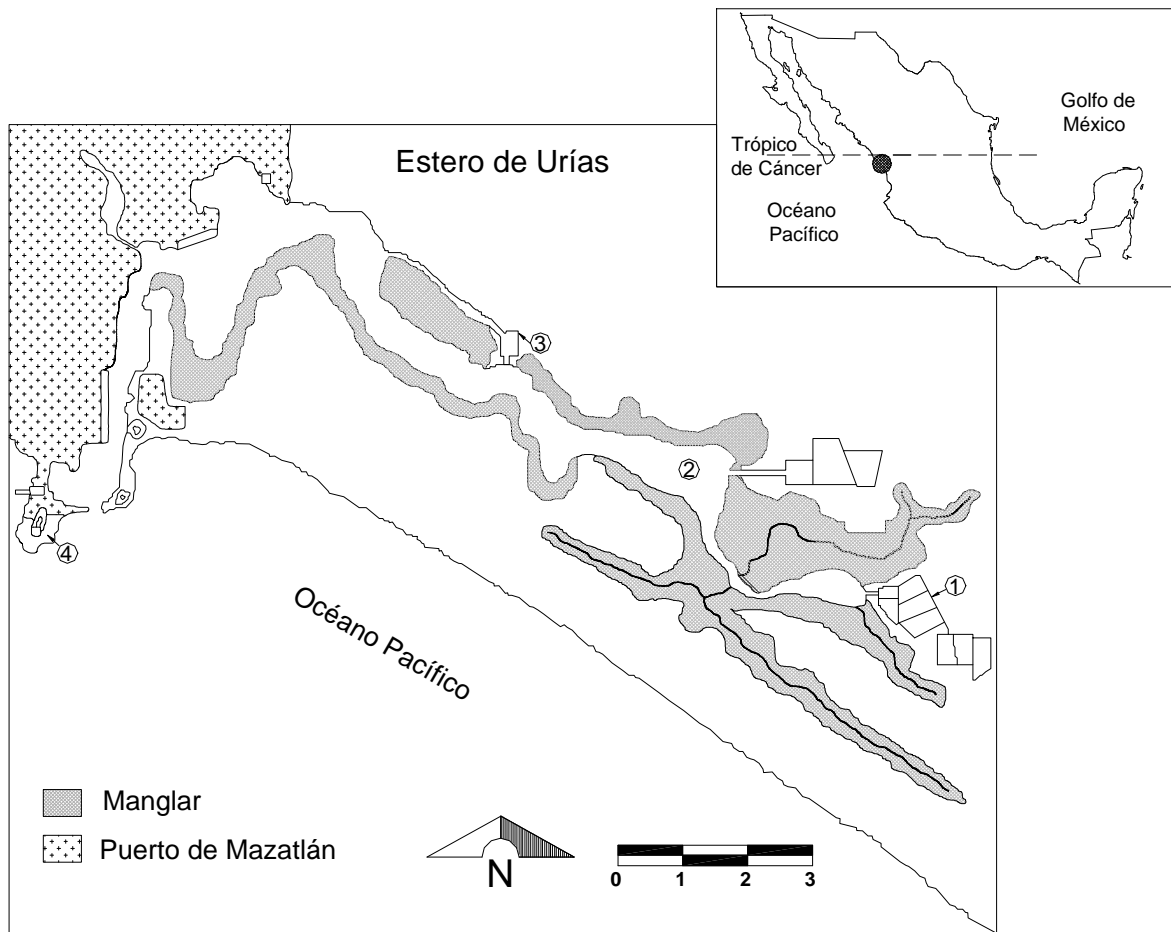


Figura 1. Localización del área de estudio.

1. Granja camaronícola Don Jorge; 2. Estero la Sirena; 3. Termoeléctrica; 4. Cerro El Crestón.

de marzo (primavera) y 28 de junio (verano) de 2001. Se eligieron las especies *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus* para su reproducción a través de acodos aéreos y esquejes, utilizando como sustrato aserrín y estopa de coco molida (germinaza).

Diseño experimental

Para la realización del presente trabajo se utilizó el diseño de bloques al azar. Los tratamientos consistieron en efectuar 20 acodos aéreos para cada especie: 10 utilizando estopa de coco molida (germinaza) como sustrato y 10 utilizando aserrín. Los tratamientos para los esquejes, estuvieron formados por 10

de madera ontogénicamente más madura (semidura, MSM) y 10 de ramas en crecimiento (madera blanda, MB) para cada especie. Es decir, los esquejes se obtenían de la parte subterminal y terminal de las ramas, debido a que se consideran las más adecuadas desde un punto de vista fisiológico y ontogénico (Ryugo, 1993; Ramírez, 2000). Las épocas del año en que se aplicaron los tratamientos, se consideraron como los bloques del diseño.

Técnicas de propagación

Las técnicas de propagación que se adaptaron fueron el acodo aéreo y los esquejes. Ambas se realizaron en árboles vigorosos, libres de plagas y enferme-

dades, de porte y edad intermedia. De dichos árboles se seleccionaron flujos vegetativos (ramas) con las características señaladas y cuya fisonomía fuera similar a la de su progenitor. Una vez seleccionadas las ramas, se procedió a realizar los acodos, efectuando cortes circundantes (alrededor del tallo principal de la rama) con una anchura de 3 cm a 8 cm, dependiendo del grosor de la rama, en un lugar cercano a una yema axial, finalmente se desprendió la corteza que adquirió una forma de anillo (Ryugo, 1993). El lugar donde se efectuó el corte y se retiró la corteza, se envolvió con un pedazo de papel aluminio de aproximadamente 15 cm² a 20 cm², el cual incluía aserrín y/o fibra de coco humedecida con una mezcla de agua y productos que contenían ácido indolbutírico (AIB 200 mg/l) con el fin de favorecer el enraizado de la rama. Una vez que se envolvió la rama con el papel y el sustrato, se presionó en los extremos hasta que quedó completamente cerrado, de tal manera que no se escapará la humedad. A los acodos ya elaborados, se aplicaron riegos cada quince días durante la temporada de sequía.

Los esquejes de madera “dura” (adultos) se obtuvieron de los mismos árboles donde se hicieron los acodos con las siguientes características: a) diámetro de 1,5 cm a 3,0 cm, b) longitud de 20 cm a 50 cm y c) presentar dos yemas axilares o nudos como mínimo. El corte de abajo se hizo de 5 cm a 8 cm del nudo o yema y el corte de arriba de 2 cm a 3 cm del otro nudo. Antes de colocarse en el medio de enraizado, a los esquejes se les cortaron las hojas para evitar la transpiración (Ryugo, 1993) y se trataron con productos químicos que contenían AIB, con el objeto de estimular el enraizado. Posteriormente, se colocaron en charolas con agua para su enraizamiento e inmediatamente después en el medio enraizador; finalmente se colocaron en bolsas de plástico negro para vivero de 25 cm de diámetro y 40 cm de largo, llenadas hasta el 90% de su capacidad con suelo tipo aluvión .

Para los esquejes de madera “blanda” (en crecimiento), el procedimiento fue similar al de los esquejes “maduros”, sólo que estos se hicieron a partir de ramas en crecimiento (parte apical), que midieran entre 0,5 cm y 1,5 cm de diámetro y de 20 cm a 30 cm de largo, teniendo de dos o más nudos o yemas dejando de dos a tres hojas en la parte apical. Si éstas eran demasiado grandes se recortaban, para evitar la pérdida de agua provocada por la transpiración (Ryugo, 1993; Elster y Perdomo, 1999). El corte y el transplante de estos esquejes se realizaron lo más temprano posible (entre 8:00 y 10:00 am).

El procedimiento de enraizamiento se realizó igual que en los esquejes de madera dura, con excepción de que éstas se taparon con bolsas de plástico para conservar más la humedad y la temperatura. Se colocaron en un lugar sombreado y se regaron cada tercer día. El medio de enraizamiento fue similar al de las esquejes de madera semidura.

RESULTADOS

Los resultados se presentan en el orden que fue establecido el trabajo, de igual forma se hace para las formas de propagación. El diseño experimental que se propuso para el presente trabajo, fue de bloques completos al azar, pero debido a que se obtuvieron varios tratamientos con resultados en cero (Tabla 1), no se consideró recomendable la aplicación del análisis estadístico. A pesar de ello y considerando que los resultados son evidentes (Tabla 1), se hizo uso de la estadística descriptiva más las observaciones visuales que, en estos casos, son suficientes para validar las evidencias obtenidas. Así lo demuestran, por ejemplo, las observaciones de campo, al comparar los sustratos utilizados (aserrín y estopa de coco molida), donde se notó que la estopa de coco conserva mejor la humedad y, por lo tanto, los acodos mostraron las mayores posibilidades de enraizamiento. Sin embargo, esto no se

Tabla 1. Porcentaje de acodos enraizados y prendimiento de esquejes de *Laguncularia racemosa* (L r) y *Conocarpus erectus* (C e) utilizando dos sustratos en cuatro épocas del año en un manglar de la Costa Norte del Pacífico Mexicano

ESTA- CIÓN DEL AÑO	ESPE- CIE	FORMA DE REPRO- DUCCIÓN	SUSTRA- TO	ELABO- RACIÓN	COSE- CHA	ACODOS Y ESQUEJES ENRAIZADO (%)	ESQUEJES SÓLO CON FLUJO VEGETATIVO (%)
Otoño	L r	Acodo	Aserrín ECM	27/09/00	25/11/00	40	
						30	
							0
	C e	Acodo	Aserrín ECM	27/09/00	25/11/00	0	
						0	
							0
Invierno	L r	Acodo	Aserrín ECM	27/12/00	28/03/01	0	
						0	
							0
	C e	Acodo	Aserrín ECM	27/12/00	28/03/01	0	
						0	
							0
Primavera	L r	Acodo	Aserrín ECM	28/03/01	25/05/01	30 *	
						10 *	
							40
	C e	Acodo	Aserrín ECM	28/03/01	25/05/01	0 **	
						0 **	
							60
Verano	L r	Acodo	Aserrín ECM	28/06/01	24/09/01	90	
						90	
							50
	C e	Acodo	Aserrín ECM	28/06/01	24/09/01	90	
						90	
							80
		EMB					30

EMSD = Esquejes de madera semidura
 EMB = Esquejes de madera blanda
 ECM = Estopa de coco molida

* = Presencia de pocas raíces al momento de la cosecha
 ** = Sólo presentaron callosidad o esfeblastos

refleja en el porcentaje de acodos enraizados, debido principalmente a los daños ocasionados por las plagas que se presentaron (Tabla 1).

El comportamiento de enraizado de los acodos aéreos y prendimientos de los esquejes fue diferente en las distintas épocas del año. En el otoño (septiembre-noviembre) se obtuvieron entre el 40% y el 30% de acodos enraizados para *Laguncularia racemosa* (Tabla 1 y Fig. 2) utilizando como sustrato aserrín y estopa de coco molida respectivamente. Mientras que para *Conocarpus erectus* no hubo prendimiento alguno, sólo se presentó callosidad en los acodos (Tabla 1 y Fig.2).

En relación con *L. Racemosa*, es importante señalar que a pesar de que los acodos presentaban 10 a 20 raíces aproximadamente entre los 30 y 40 días, al momento de la cosecha (62 días) muchas de esas raíces fueron destruidas por plagas como hormigas y *Diabroticas* spp (conchillas); incluso, en el 50% de los acodos fueron consumidas el total de las

raíces que presentaban. En cuanto al prendimiento de esquejes en esta época fue nulo para ambas especies (Tabla 1, Fig. 2).

En invierno (diciembre-febrero), no prosperaron los acodos en ninguna de las especies en cuestión, lo mismo sucedió para los esquejes (Tabla 1, Fig. 2). A pesar de que la primavera (marzo-mayo) es una de las estaciones del año en que las plantas presentan mayor actividad metabólica, en esta ocasión los resultados demostraron que el enraizado de acodos de *L. racemosa* y *C. erectus* no fue apropiado, ya que al momento de la cosecha (62 días) sólo se obtuvo entre el 10% y 30% de acodos (Tabla 1, Fig. 2) para *L. racemosa* con muy pocas raíces (entre 3 y 5) las cuales no son suficientes para obtener plantas vigorosas. Mientras que para *C. erectus* el éxito de enraizado fue nulo y solamente se presentaron esfeblastos o callosidades, un tipo de verrugas que se consideran pre-formaciones de raíces.

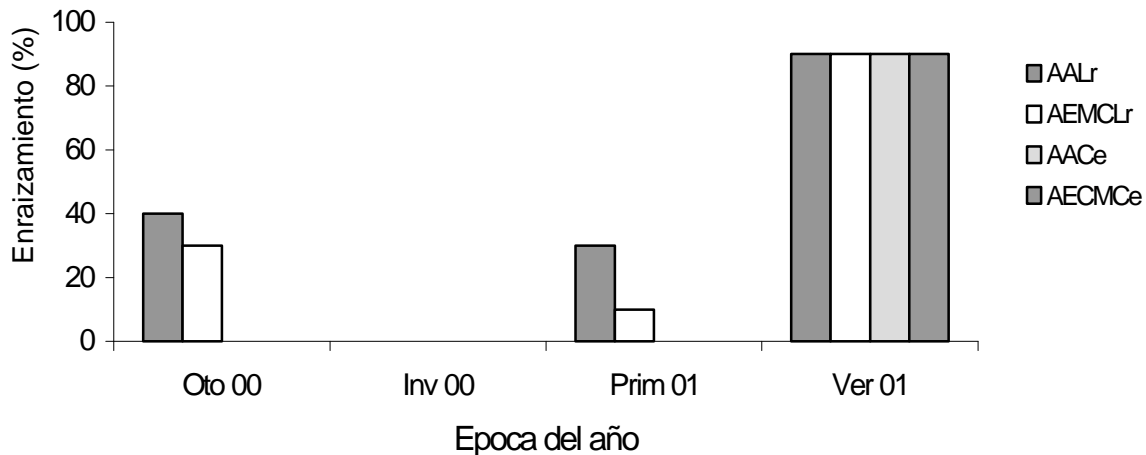


Figura 2. Porcentaje de acodo enraizados en *L. racemosa* y *C. erectus* en cuatro épocas del año.

AALr = Acodo con aserrín en *L. racemosa*; AEMCLr = Acodo con estopa de coco molida en *C. erectus*; AACe = Acodo con aserrín en *C. erectus* y AECMCe = Acodos con estopa de coco molida en *C. erectus*

Enraizado de esquejes: para *L. racemosa* los esquejes de madera semidura (MSD) sólo se presentaron en el 40% con brotes vegetativos, no así para los esquejes de madera blanda (MB) en los cuales el prendimiento fue cero. En *C. erectus* se logró el 60% de esquejes de MSD con brotes vegetativos y el 20% de MB con brotes vegetativos; estos resultados se presentaron en ambas especies, al mes de haberlos colocados en el medio de enraizamiento.

El verano fue la mejor época del año para la reproducción vegetativa, pues tanto para *L. racemosa* como para *C. erectus*; se logró el 90% de acodos enraizados (Tabla 1, Fig. 2 y 3) aun cuando existieron los mismos problemas de plagas. Así mismo, para los esquejes, esta época resultó ser la más adecuada; en *L. racemosa* se obtuvo un 70% de prendimiento de esquejes de MSD y 30% en esquejes de MB y para *C. erectus* se logró el 80% para esquejes de MSD y el 30% para esquejes de MB (Tabla 1, Fig. 3). Sin embargo, en relación con los esquejes de *L. Racemosa*, solamente en el 40% se presentaron raíces (Tabla 1), el resto sólo presentó

flujos vegetativos durante tres a cuatro meses aproximadamente.

Aun cuando se logró el prendimiento de esquejes en la primavera y en el verano para las dos especies estudiadas, es importante señalar que fue en el verano cuando los esquejes lograron formar raíces, aunque sólo en el 40% de los esquejes de madera "semidura" y en el 20% de madera "blanda" de *L. Racemosa*; el resto murieron entre los tres y cuatro meses de haber presentado los flujos vegetativos. En *C. erectus* hubo esquejes de esta misma época que aunque no presentaron raíces duraron más de 12 meses con flujos vegetativos, su crecimiento fue raquítico.

DISCUSIÓN

Con los resultados obtenidos, es claro que el potencial genético de los manglares y específicamente de *L. racemosa* y *C. erectus* les permiten propagarse asexualmente, siendo el ambiente, la luz y la humedad en las diferentes épocas del año factores decisivos para

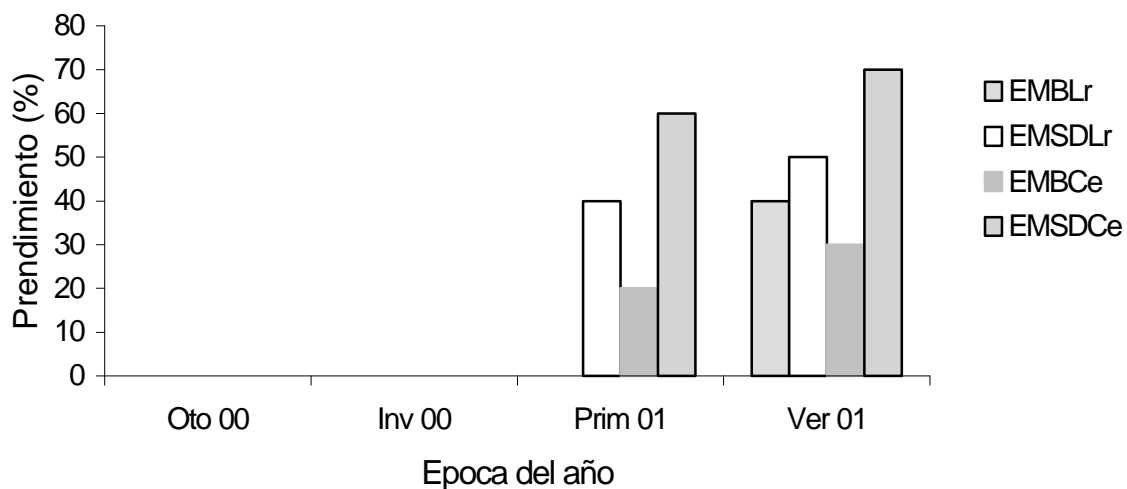


Figura 3. Porcentaje de prendimiento (brotes) de esquejes de *L. Racemosa* y *C. erectus*. EMBLr = Esquejes de madera blanda de *L. racemosa*; EMSDLr = Esquejes de madera semidura de *L. racemosa*; EMBCe = Esquejes de madera blanda de *C. erectus* y EMSDCe = Esquejes de madera semidura de *C. erectus*.

tener éxito. Salisbury y Ross (1992) aseguran que existen varios factores que inter-accionan para alcanzar el buen crecimiento y desarrollo de las plantas superiores, entre los que destacan: la presencia de plagas, el frío que reduce el metabolismo, estrés hídrico, entre otros, que también reducen el crecimiento del xilema. Estos factores también interfieren en la actividad hormonal. Quizá los pocos resultados obtenidos en primavera y nulos en invierno en *L. racemosa* y *C. erectus* tengan que ver con los efectos de los factores antes mencionados, pero no se debe menospreciar a los efectos de las condiciones ambientales locales, que también tiene su propia influencia, en este caso se estaría refiriendo a que en esta época del año en esta región, rara vez se presentan lluvias, las cuales aumentarían la humedad relativa. Además, ofrecerían riegos naturales a los acodos incrementando la humedad y la posibilidad de enraizado.

Es claro que el éxito obtenido en el verano está influenciado por las altas temperaturas y la presencia de las lluvias, las cuales mantienen húmedo el sustrato de los acodos; también contribuyen a la disminución de la salinidad en el agua y con ello a una mayor disponibilidad de nutrientes, lo que se traduce en una mejor nutrición de las plantas y una mayor capacidad metabólica, redundando en el crecimiento y desarrollo en general de la planta. Estas condiciones son más adecuadas para la reproducción tanto de esquejes como de acodos.

En los árboles de clima templado, las estacas o esquejes obtenidos de ramas de madera blanda o de brotes juveniles enraízan más fácilmente que aquellas de madera semidura (Ryugo, 1993). En el presente trabajo sucedió lo contrario: las estacas obtenidas de ramas con la madera semidura respondieron mejor al proceso de reproducción, a pesar de que sólo el 40% de las estacas que presentaron brotación formaron raíces en el caso de *L. racemosa*. En cambio, en los árboles de las zonas tropicales y subtro-

picales los esquejes de madera semidura ontogénicamente hablando, son los más viables para la reproducción artificial (Ramírez, 2002). Esta afirmación, en cierta manera, corresponde a los resultados obtenidos en el presente estudio (Tabla 1, Fig. 2 y 3). Elster y Perdomo (1999), por su parte, aseguran que las ramas bajas de árboles de *L. racemosa* al ser expuestas al agua durante algún tiempo presentan raíces suficientes para formar una nueva planta, las cuales se pueden utilizar en programas de reforestación. Otra ventaja de las plantas generadas por reproducción por esquejes es que soportan las inundaciones constantes, situación a la que los propágulos de esta especie son muy susceptibles (Elster, 1997).

El letargo de yemas laterales y apicales y el cambium poco activo en los esquejes en el invierno se debe probablemente al efecto del frío y al fotoperiodo (Salisbury y Ross, 1992) que se presenta en esta zona, aunque en realidad la temperatura no llega a ser muy baja (15 °C a 18 °C), pero se debe de tomar en cuenta que son especies que han evolucionado para adaptarse a ambientes tropicales y subtropicales.

Por otro lado se señala que algunas plantas leñosas propagadas a través de acodos aéreos necesitan más de una estación de crecimiento para formar un buen sistema de raíces y que a través de estacas es imposible su reproducción, por lo que el método del acodo es preferido (Ryugo, 1993). Quizá las especies de mangle en cuestión correspondan a este tipo de especies y ésta haya sido una de las razones por lo que la propagación a través de estacas no sea la más adecuada. Sin embargo, para el caso de *C. erectus*., en una investigación a nivel de laboratorio sobre reproducción vegetativa (Mizrachi et al., 1980), se obtuvo que al poner secciones de tallos sobre arena húmeda, desarrollaron brotes que produjeron plantas vigorosas.

También, Elster y Perdomo (1999) realizaron un trabajo cuyo objetivo

principal fue reproducir vegetativamente a *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle* a través de secciones de tallos, para lo cual establecieron dos sitios experimentales: uno en campo y otro en condiciones controladas. En este último y para la especie *L. racemosa* obtuvieron arriba del 32% de tallos con brotes que después de algunos días empezaron a morir. En la presente investigación sucedió algo similar; no obstante que fueron más del 80% de los esquejes los que presentaron brotes en los primeros días de sembrados, posteriormente fueron muriendo al cabo de un mes.

Generalmente, en especies cultivables, las estacas inician raíces más fácilmente al principio del verano que a finales de éste o durante la época de reposo, debido a los efectos de los días más largos y la presencia de mayor cantidad de auxinas (Kawase, 1965; Salisbury y Ross, 1992), resultados que coinciden con los obtenidos en la presente investigación. Desde el punto de vista hormonal, los fisiólogos han investigado la posibilidad de que las auxinas afecten el proceso de formación de raíces aéreas. Existen buenas evidencias de que las auxinas procedentes de tallos influyen mucho en la iniciación de raíces. La eliminación de yemas y hojas jóvenes, ambas ricas en auxinas, inhibe el número de raíces laterales (Wightman *et al.*, 1980). Esto tiene que ver con las condiciones ambientales; las auxinas también promueven el desarrollo de raíces adventicias en los tallos de muchos árboles leñosos. Con la aplicación de auxinas, aún en tallos de árboles que carecen de primordios preformados (que dan origen a raíces adventicias) se formaron raíces adventicias, lo cual es resultado de la división de una capa externa del floema (Haissig, 1974; Curtis *et al.*, 2000).

Muchas veces, el poco o nulo éxito de la aparición de raíces en los cortes que se hacen en ramas de árboles tiene que

ver con la edad de esta ramas. Cuando los árboles o arbustos están en etapa juvenil o prefloración, forman raíces mucho más fácil con las auxinas, en especial con la aplicación de ácido indolbutírico (IBA) (Salisbury y Ross, 1992).

De acuerdo con los resultados obtenidos, los acodos hechos en la primavera sólo formaron callosidades o esfeblastos. En las vides se ha observado que en su propagación a través de estacas de madera dura obtenidas en la etapa de reposo, si se tratan con hormonas enraizadoras y son mantenidas por algún tiempo en sustratos inertes hasta formar callos y enseguida se transplantan en el vivero, desarrollan raíces y brotes en la siguiente estación. En el presente trabajo se realizó algo similar con acodos hechos en la primavera que sólo llegaron a formar callos, los cuales fueron puestos en el vivero, pero al cabo de un mes todos murieron.

Es importante recordar que las plantas generadas a partir de acodos empiezan a florecer y fructificar en el primer año de su vida. Esto permite que en el proceso de recuperación de una zona reforestada pudiera tener ciertas ventajas sobre las realizadas a partir de semillas. Además, la formación de clones representa un mecanismo para su reproducción en ambientes que permiten sólo periódicamente la germinación de las semillas, permitiendo mantener el potencial genético de los progenitores (Curtis *et al.*, 2000), lo que aseguraría la colonización de lugares en un tiempo más corto, ya que el tamaño (altura) del clon a obtener puede variar de acuerdo a las necesidades.

Como se puede observar en este apartado, se citan pocos trabajos relacionados con la propagación vegetativa del manglar y especies asociadas, a pesar de que se realizó una exhaustiva revisión de literatura; quizá ésta sea una de las razones más importantes para la publicación de los resultados del presente estudio.

CONCLUSIONES

- C El medio más adecuado para la propagación asexual de *L. racemosa* y *C. erectus* es el acodo aéreo y, en segundo lugar, las estacas de madera semidura, aunque se necesitan más estudios para ver detalles sobre dosis de hormonas enraizadoras y sustratos
- C La estación del año más adecuada para la propagación vegetativa de *L. racemosa* y *C. erectus* resultó ser el verano y en segundo término el otoño.
- C Con relación a los sustratos utilizados en la elaboración de acodos en ambas especies, la estopa de coco molida resultó mejor que el aserrín, ya que presentó más capacidad de retención de humedad.
- C En relación con las especies, los resultados demostraron que *L. racemosa* es más susceptible de reproducirse asexualmente.

A manera de recomendación, se considera pertinente seguir desarrollando investigación en el ámbito de la reproducción vegetativa de los manglares y especies asociadas, ya que esto puede llegar ser fundamental en los programas de restauración de manglares.

RECONOCIMIENTOS

Al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (Sinaloa) por apoyar parte del financiamiento del presente estudio. A la Granja Acuícola Don Jorge y a la empresa Agroanalítica por su apoyo incondicional. A Doménico Voltolina Lobina por la revisión y traducción al inglés del resumen.

REFERENCIAS

Agraz H., C. 1999. Reforestación experimental de manglares en ecosistemas lagunares estuarinos de la costa noroccidental de México. Tesis de

Doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León. 132 p.

Araujo, R. 2001. Curso Internacional sobre Ecología y Manejo de Manglares y Arrecifes Coralinos. Guayaquil y Parque Nacional Galápagos, Ecuador.

Blasco, F. 1977. Outlines of ecology, botany and forestry of the mangals of the Indian subcontinent. Chap. 12. *In*: V.J. Chapman, ed. Ecosystems of the world. Vol. 1. Wet costal ecosystems. Amsterdam. Elsevier Scientific.

Blasco, F. 1988. Estudio sobre los manglares y de la vegetación tropical utilizando datos proporcionados por satélites. Institute de la Carte Internacionale de la Vegetation. Inst. Interna. Map. Vegetat. Univ. Paul Sabtier. 120 p.

Bojórquez T., L. 1992. Programa de ordenamiento ecológico para el desarrollo acuícola de la región costera de Sinaloa y Nayarit. Proyecto de Ordenamiento Ecológico de Regiones Geográficas con Actividades Productivas Prioritarias. OEA. Dpto. de Desarrollo Regional y Medio Ambiente. SEDESOL-INE. 93 p.

Clough, B.F.; T.J. Andrews y I.R. Cowan. 1982. Physiological processes in mangroves. *In*: Clough, B., ed. Mangroves ecosystems in Australia: Structures, Function and Management. ANU Press. Canberra. p:193-210.

Curtis, H., N.L. Barnes.; A. Schnek y G. Flores. 2000. Biología. Sexta edición. Ed. Médica Panamericana. 1496 p.

Craighead, F.C. 1971. The tree of South Florida 1. The natural environments and their succession. Coral Gables: University of Miami Press.

Elster, C. 1997. Besiechung zwischen okogischen Faktoren und der

- Regeneration dreier Mrovenarten im Gebiet der Ciénega Grande de Santa Marta, Kolumbien, Dissertation, Justus-Liebig Universität, Gießen. 220 p.
- Elster, C. y L. Perdomo 1999. Rooting and vegetative propagation in *Laguncularia racemosa*. *Aquatic Botany* 63 (1999):83-93.
- Flores V., F. 1989. Algunos aspectos sobre ecología, uso e importancia de los ecosistemas de manglar. Cap. 2: 21-56. *In*: González F. y De la Rosa V., eds. Temas de oceanografía biológica en México. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B. C. 337 p.
- Flores V., F. 1992. Manejo y distribución de los manglares y ecosistemas lagunares-estuarinos. La interacción de las actividades acuícolas con los ecosistemas costeros. *In*: Bojorquez T., L., ed. Programa de ordenamiento ecológico para el desarrollo acuícola de la región costera de Sinaloa y Nayarit. Proyecto de Ordenamiento Ecológico de Regiones Geográficas con Actividades Productivas Prioritarias. OEA. Dpto. de Desarrollo Regional y Medio Ambiente. SEDESOL-INE. 93 p.
- Greenpeace Internacional. 1999. Greenpeace on industrial shrimp aquaculture-fast track to a dead end I: FAO, ed. Papers presented at the Bangkok FAO technical consultation on policies for sustainable shrimp culture. Bangkok, Thailand. 8-11 December 1977. FAO Fisheries Report No. 572. Supplement. Rome. p:172-198.
- Gobierno del Estado de Sinaloa. 1990. Mazatlán. Monografía. Edición especial. Dirección de Estadística y Estudios Económicos. 149 p.
- Haron, H.A.H. 1981. A working plant for the second 30 year of rotation of the Matang Mangrove Forest Reserve Perak. Perak State Forestry Department. Ipoh, Malasia. 115 p.
- Haissig, B.E. 1974. Origins of adventitious roots. *New Zealand Journal of Forestry Science* 4:229-310.
- INEGI-Gobierno del Estado de Sinaloa 1992. Anuario Estadístico del Estado de Sinaloa. Edición 1992. 350 p.
- Kawase, M. 1965. Etiolation and rooting in cuttings. *Physiol. Plant.* 18:1066-1076.
- Kenworthy, A.L. 1964. Fruit nut and plantation crop, deciduous, evergreen. A guide for collecting foliar sample for nutrient element analysis. Memog. Rept. Hort. Dept. Michigan State Univ. Michigan, EUA.
- Lahmann, J.E.; S.C. Snedaker y M.S. Brown. 1987. Structural comparison of mangrove forest near shrimp ponds in Southern Florida. *Inter-ciencia* Vol. 12, No. 5. University of Miami. EUA. 240-243 p.
- Larve, C.D. y T.J. Muzik. 1954. Growth regeneration and precocious rooting in *Rhizophora mangle*. *Pop. Mich. Acad. Sc. Arts. Lett.* (Part. I. Botany and Forestry) 39:9-29.
- Ministerio del Ambiente. 2000. Concesiones para el uso y custodia del manglar. Componentes de gestión ambiental en el Golfo de Guayaquil. República del Ecuador. U.C.P.-Patra Litoral.
- Mizrachi, D.; R. Pannier y F. Pannier. 1980. Estudio de algunas características de las estrategias de propagación e implantación de *Conocarpus erectus* L. *In*: Memorias del seminario de estudios científicos e impacto humano en el ecosistema de manglares. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias. Caracas, Venezuela. p:286-294.

- Mitsch, W.J. y J.G. Gosselink 2000. Wetlands. Chapter 11. Mangrove Swamps Third Edition. p:335-373.
- Odum, W.E.; C.C. McIvor y T.J. Smith III. 1982. The ecology of mangroves of South Florida: A community profile. Biological Service Program. US Department of the Interior. FWS/OBS-81/24. 144 p.
- Phillips, M.J. 1998. Tropical maricultura and coastal environmental integrity. *In: De Silva, S.S., ed. Tropical Maricultura.* Academy Press. Londres. p:17-69.
- Rabinowitz, D. 1978. Early growth of mangrove seedlings in Panama, and an hypothesis concerning the relationship and zonation. *J. Biogeography* 5:113-133.
- Ramírez, O. 2002. Comunicación personal.
- Rico G., V. 1981. *Rhizophora harrisonii* (*Rhizophoraceae*), un nuevo registro de las costas de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 41:163-166.
- Ryugo, K. 1993. Fruticultura, Ciencia y Arte. Traducción al español de J. Rodríguez A. Editorial AGT EDITOR S. A. 460 p.
- Ruiz L., A. y R. Hernández C. 1999. Desarrollo de la camaronicultura en el sur de Sinaloa. Lab. de manejo ambiental. Centro de Investigaciones Alimentarias y Desarrollo. Unidad Mazatlán. 36 p.
- Salisbury, B.F. y C.W. Ross. 1992. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica. Trad. Virgilio González Velásquez. Universidad Nacional Autónoma de México. 759 p.
- Saenger, P. 1997. Restauración de manglares en Australia. Estudio de caso del Aeropuerto Internacional de Brisbane. *In: Restauración de ecosistemas costeros de manglar.* Field C. OITM e ISME. p:37-55.
- SEMARNAP (Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca). 1999. Informe. Delegación Estatal de Sinaloa.
- Tiner, E. 1984. Wetlands of the United States: Current Status and Recent Trends. US Fish and Wildlife Service. Washington, D.C.
- Tomlinson, P.B. 1994. The botany of mangroves. Harvard University. Harvard Forest. Petersham, Mass. 419 p.
- Tovilla H., C. 1994. Manglares. *In: De la Lanza E., G. y C. Cáceres, eds. Lagunas Costeras y el Litoral Mexicano.* Universidad Autónoma de Baja California Sur. p:371-423.
- Turner, R.E., 1977. Intertidal vegetation and commercial yields of penied shrimp. *Trans Am. Fish. Soc.* 106: 411-416.
- Vázquez Y., C. 1990. Ecología y conservación de semillas. *In: Ciencias, Revista de difusión No. 4 especial.* Facultad de Ciencias-Centro de Ecología. UNAM. México D. F. 112 p.
- Wightman, F.; E.A. Schneider y V. Thimann. 1980. Hormonal factors controlling the initiation and development of lateral roots II. Effects of exogenous growth factors on lateral root formation in pea roots. *Physiologia planarum* 49:304-314.
- Yáñez A., A.; D. Zárate L.; J.L. Rojas G. y G. Villalobos Z. 1994. Estudio de declaratoria como área ecológica de protección de la flora y fauna silvestre de la Laguna de Términos, Campeche. *In: Suman, D., ed. El ecosistema del manglar en América Latina y cuenca del Caribe: su manejo y conservación.* EUA. p:152-159. ♦

- 1 Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Autónoma de Sinaloa. Paseo Claussen s/n. Col. Los Pinos. Apdo. Postal 610. Mazatlán, Sinaloa. c.e.: dbpardo6@hotmail.com.
- 2 Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM Unidad Mazatlán. Joel Montes Camarena s/n. Apdo. Postal 811. Mazatlán 82040 Sinaloa.
- 3 Programa Forestal. Instituto de Recursos Naturales. Colegio de Postgraduados. Km 36.5 Carr. México- Texcoco. Montecillo 56230 Estado de México. c.e.: ignaciov@colpos.mx.

Manuscrito recibido el 8 de abril de 2002.

Aceptado el 24 de junio de 2002.

Este documento se debe citar como:

Benítez P., D.; Flores V. y J.I. Valdez H. 2002. Reproducción vegetativa de dos especies arbóreas en un manglar de la costa norte del Pacífico mexicano. *Madera y Bosques* 8(2):57-71.