



# Propagación vegetativa del San Juan (*Vochysia guatemalensis* Donn. Smith) mediante enraizamiento de estacas juveniles

Francisco Mesén, Elizabeth Trejos

## RESUMEN

En el presente trabajo se evaluó los efectos de tres sustratos, cinco dosis de ácido indol-3-butírico (AIB), tres longitudes de estaca y tres áreas foliares sobre la capacidad de enraizamiento de estacas juveniles del San Juan (*Vochysia guatemalensis*), utilizando propagadores de subirrigación. Se obtuvieron porcentajes de enraizamiento superiores al 90 por ciento. En general, la especie puede ser enraizada fácilmente en grava o arena, utilizando estacas de 6 cm de longitud con áreas foliares de 30 o 50 centímetros cuadrados. Es necesario, la utilización de sombra sobre los propagadores para reducir la irradiación, las temperaturas aéreas y del sustrato dentro de los propagadores, así como para mantener la alta humedad relativa. Los mejores porcentajes de enraizamiento se lograron sin aplicación hormonal, aunque dosis crecientes de AIB desde 0,1% hasta 0,8% redujeron el tiempo de iniciación de raíces y mejoraron la calidad del sistema radical formado. Las dosis más altas probadas (0,4% y 0,8%) causaron una reducción significativa en el porcentaje de enraizamiento.

## SUMMARY

**Vegetative propagation of San Juan (*Vochysia guatemalensis* Donn. Smith) by of rooting juvenile cuttings.** This study evaluated the effects of three rooting substrates, five concentrations of indol-3-butyric acid (IBA), three cutting lengths and three leaf areas on the rooting ability of San Juan (*Vochysia guatemalensis*) leafy stem cuttings in non-mist propagators. Rooting percentages above 90% were obtained. In general, cuttings of this species rooted easily in gravel or sand, using 6 cm long cuttings with leaf areas of 30 cm<sup>2</sup> or 50 cm<sup>2</sup>. Shading should be provided to the propagators to reduce irradiance, air and substrate temperatures and to maintain a high relative humidity inside the propagators. The highest rooting percentage was obtained when no IBA was applied; however, increasing concentrations from 0,1% to 0,8% reduced the time for root initiation and improved the root system of the cuttings. The highest dosis evaluated (0,4% y 0,8%) resulted in a significant reduction in rooting percentage.

**Palabras clave:** *Vochysia guatemalensis*; propagación vegetativa; enraizamiento; esquejes; materiales de propagación.

*El San Juan (Vochysia guatemalensis Donn. Smith) es un árbol que puede alcanzar alturas de 40 m y diámetros de hasta 1,8 m. Es uno de los árboles más llamativos del bosque húmedo tropical, debido a su gran tamaño, a su fuste generalmente recto, su copa de color verde intenso y su abundante floración amarillo vivo. Se distribuye en forma natural desde el sur de México hasta Panamá, a altitudes inferiores a los 900 msnm y precipitaciones mayores de 2 000 mm anuales (Corea snt). En Costa Rica, durante los últimos años ha tomado auge como especie para plantación debido a su rápido crecimiento y su buena forma del fuste (Butterfield y González 1996). La semilla fresca alcanza porcentajes de germinación superiores al 90 por ciento; sin embargo, ha sido difícil almacenarla por periodos largos.*

*La propagación vegetativa representa una alternativa valiosa para la producción masiva de material para plantar, sin depender de las variaciones típicas asociadas a la producción de semilla. Además, al contrario de la reproducción por semillas, que aprovecha sólo la porción aditiva de la varianza genética, la propagación vegetativa permite capturar y aprovechar la varianza genética total, lo cual resulta en aumentos significativos en la productividad y la calidad de las plantaciones forestales a muy corto plazo (Libby y Rauter 1984, Leakey 1987).*

Los trabajos colaborativos entre el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y el Instituto de Ecología Terrestre (ITE) de Escocia han permitido desarrollar un propagador de subirrigación sencillo y económico, y que ha probado su efectividad en el enraizamiento de estacas juveniles de gran





cantidad de especies tropicales (Díaz *et. al.*, 1991a,b; Leakey *et. al.*, 1990; Leakey y Mesén, 1991; Mesén, 1993; Mesén *et. al.*, 1992a,b, 1996a,b). El éxito en el enraizamiento de estacas depende de gran cantidad de factores, relacionados con la minimización del déficit hídrico en las estacas, la optimización de la fotosíntesis durante el proceso de propagación, así como la utilización de sustratos para el enraizamiento y ayudas hormonales que favorezcan la iniciación y desarrollo de raíces (Hartmann y Kester, 1983; Loach, 1988; Leakey *et. al.*, 1990; Mesén, 1993). (Figura 1).

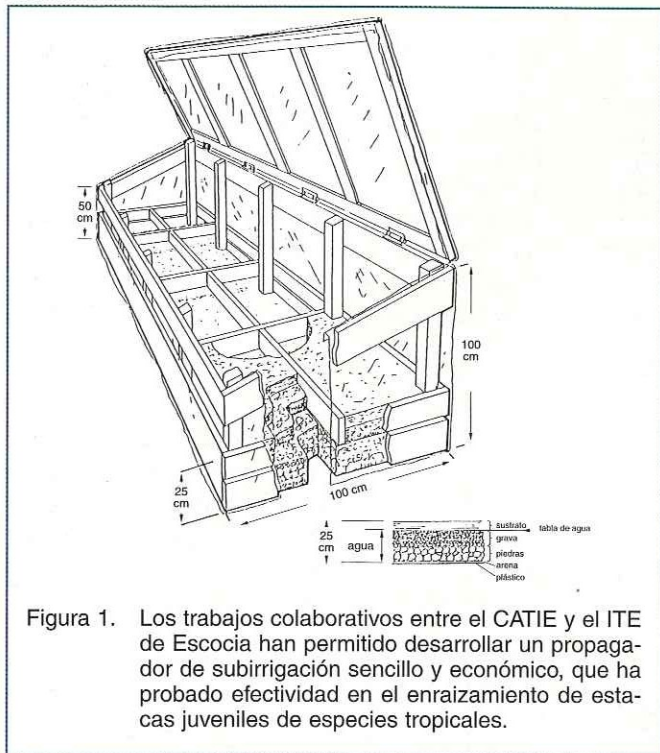


Figura 1. Los trabajos colaborativos entre el CATIE y el ITE de Escocia han permitido desarrollar un propagador de subirrigación sencillo y económico, que ha probado efectividad en el enraizamiento de estacas juveniles de especies tropicales.

Trabajos preliminares en Costa Rica (Leakey *et. al.*, 1990; Mesén *et. al.*, 1992a) indicaron la factibilidad de propagar *V. guatemalensis* mediante el enraizamiento de estacas. En el presente trabajo se estudió con más detalle los requerimientos para el enraizamiento exitoso de la especie, mediante la evaluación de tres sustratos, cinco dosis de ácido indol-3-butírico, tres áreas foliares y tres longitudes de estaca, utilizando propagadores de subirrigación.

### Metodología

Los ensayos se llevaron a cabo en el área de propagación del Vivero Forestal Experimental del CATIE, Turrialba, Costa Rica; el cual se encuentra a una altitud de 600 msnm y registra una temperatura y una precipitación promedio anual de 21,7°C

y 2 593 mm, respectivamente. (Estación Meteorológica del CATIE, Turrialba, 1942-1994).

El material vegetativo se obtuvo de rebrotes de setos manejados, localizados en el Vivero Forestal del CATIE, originados de plántulas de árboles plus, o sea un individuo que fenotípicamente es superior al promedio de la población. Para el enraizamiento se utilizaron propagadores de subirrigación, como se describen en Leakey *et. al.* (1990), Mesén (1993) y Mesén *et. al.* (1996a). Para proteger los propagadores de la luz directa del sol, se colocó sobre ellos, una malla de sarán a dos metros del suelo. Las condiciones ambientales dentro de los propagadores fueron monitoreadas utilizando un Microprocesador 21X y sensores asociados (Campbell Scientific Ltd., Loughborough, Inglaterra).

En el primer ensayo se evaluaron tres sustratos para enraizamiento: arena, grava y aserrín, y cuatro dosis de ácido indol-3-butírico (AIB): 0,1%, 0,2%, 0,4% y 0,8%, además de un tratamiento sin aplicación hormonal. Las estacas fueron colectadas de rebrotes vigorosos de 40 a 50 cm de longitud, en horas tempranas del día y trasladadas al área de propagación en recipientes con agua. El entrenudo superior de cada rebrote fue descartado y en los demás entrenudos se eliminaron dos hojas completas y, parte de la tercera, para dejar 50 cm<sup>2</sup> de área foliar en cada uno. Para producir las estacas se realizó un corte oblicuo justo arriba de cada nudo, controlando que todas tuvieran una longitud estándar de 50 mm. El diámetro central promedio de las estacas fue de 7,4 milímetros.

Las soluciones hormonales se prepararon disolviendo la cantidad precisa de AIB en metanol, para obtener la concentración deseada. El AIB fue aplicado a la base de las estacas en 10 µl de solución utilizando una microjeringa, para asegurar que todas las estacas recibieran igual cantidad. Inmediatamente después de la aplicación, se procedió a evaporar el alcohol, sometiendo la base de las estacas a una corriente de aire frío durante un minuto, antes de colocar las estacas en el medio respectivo dentro del propagador.

Se utilizó un diseño de parcelas divididas con cuatro repeticiones, donde la parcela grande correspondía a los sustratos y la parcela pequeña a las dosis de AIB. Se utilizaron seis estacas por parcela pequeña, para un total de 360 estacas para el ensayo. Como una subvariable adicional, se registró la posición relativa del entrenudo dentro de la parcela, desde posición 1 (apical) hasta posición 6 (basal).





El segundo ensayo fue realizado dos y medio meses después. En este se evaluaron tres longitudes de estacas: 4 cm, 6 cm y 8 cm, y tres áreas foliares: 10 cm<sup>2</sup>, 30 cm<sup>2</sup> y 50 cm<sup>2</sup>. El proceso de preparación de las estacas fue similar al descrito anteriormente. Para obtener las diferentes áreas foliares en las estacas, las hojas fueron recortadas sobre plantillas de cartón preparadas previamente con el área deseada. Las estacas fueron tratadas con una solución de 0,2% de AIB antes de colocarlas en grava dentro de los propagadores. La dosis de AIB y el sustrato fueron elegidos de acuerdo con los resultados del primer ensayo. En este caso, se utilizó un diseño de bloques completos al azar con ocho repeticiones, con un arreglo factorial 3 x 3 y parcelas de seis estacas, para un total de 432 estacas.

En ambos ensayos se realizaron evaluaciones semanales en todas las estacas a partir de la segunda semana, para determinar el número de raíces por estaca, hasta que se completó el periodo de propagación, al término de ocho semanas. Con base en estos datos se calculó el porcentaje final de enraizamiento.

Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza, seguidos por pruebas de Tukey para determinar las naturaleza de las diferencias entre tratamientos. Previo al análisis, los datos de porcentaje de enraizamiento fueron transformados mediante la fórmula  $\arcsen \sqrt{\%}$  (Snedecor y Cochran 1980).

## Resultados

### Ambiente de propagación

En promedio, los propagadores de subirrigación registraron una humedad relativa de 97%, con rangos de 92 a 100%, una temperatura aérea y del sustrato de 23,3°C y 23,5°C, respectivamente y una irradiación solar entre 0 y 500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  a lo largo del periodo de enraizamiento.

### Efectos de los sustratos y las dosis de AIB

Los análisis de varianza detectaron diferencias altamente significativas ( $p = 0,0001$ ) entre sustratos, dosis de AIB y la interacción sustrato x AIB en cuanto a porcentaje de enraizamiento, y ausencia de diferencias para la posición del entrenudo. En cuanto a número de raíces por estaca, sólo se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,01$ ) entre sustratos. La prueba de Tukey no detectó diferencias para esta última variable entre la grava (8,1) y

la arena (6,7), pero sí entre éstas y el aserrín, donde se obtuvo un promedio de únicamente 3,2 raíces por estaca.

Al analizar el efecto combinado de la dosis y el sustrato sobre el porcentaje de enraizamiento, se nota el buen comportamiento de la combinación grava sin hormona, la cual presentó un 92% de enraizamiento (Figura 2). En cuanto a número de raíces, en la Figura 3 se observa la tendencia creciente en el número de raíces conforme aumentó la dosis de AIB, al igual que el efecto beneficioso de la grava sobre dicha variable.

### Efectos de la longitud y área foliar de las estacas

Para este ensayo se seleccionó la grava como sustrato, por los buenos resultados mostrados en el primer ensayo. Respecto a la dosis hormonal, si

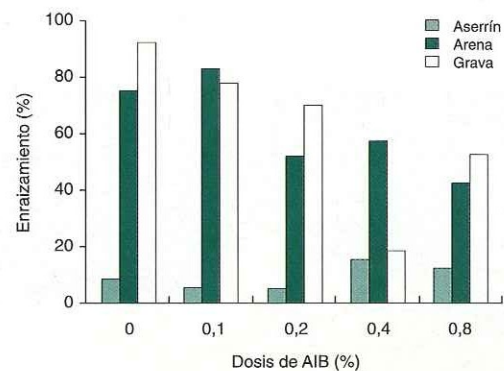


Figura 2. Efecto del sustrato y la dosis de AIB sobre el porcentaje de enraizamiento de estacas de *V. guatemalensis* después de ocho semanas en propagadores de subirrigación.

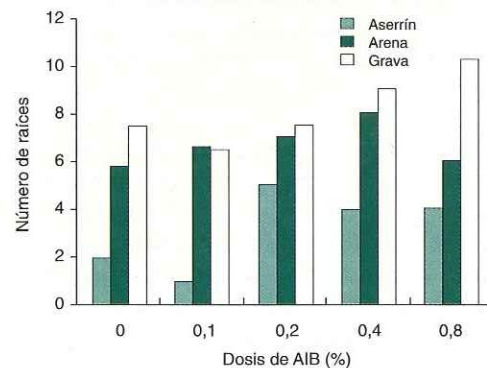
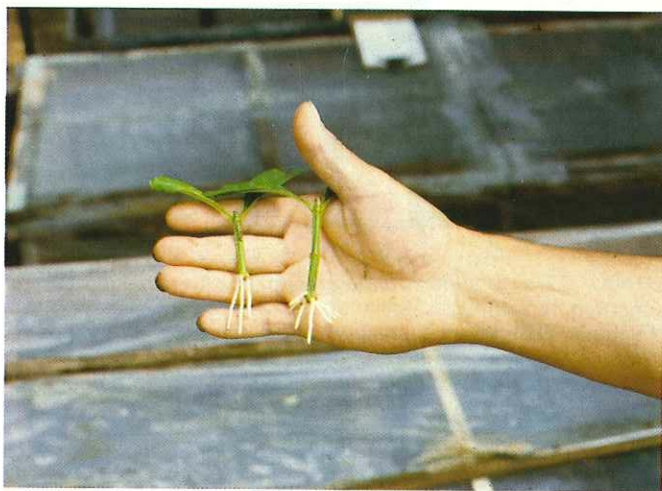


Figura 3. Efecto del sustrato y la dosis de AIB sobre el número promedio de raíces en de estacas de *V. guatemalensis* después de ocho semanas en propagadores de subirrigación.



bien se obtuvo el mayor porcentaje de enraizamiento cuando no se aplicó AIB, las aplicaciones de auxina en general redujeron el tiempo de iniciación de raíces y estimularon la producción de raíces más gruesas y fuertes, aunque estos aspectos no fueron cuantificados. Por lo tanto, para el segundo ensayo se decidió utilizar la dosis de 0,2%, la cual representó el mejor balance entre porcentaje de enraizamiento y número de raíces.

Los análisis de varianza detectaron diferencias altamente significativas ( $p = 0,0001$ ) entre áreas foliares y diferencias significativas ( $p = 0,018$ ) entre longitudes de estaca en cuanto a porcentaje de enraizamiento. Nuevamente, las diferencias entre posición del entrenudo no fueron significativas. Para el número de raíces, se encontraron diferencias altamente significativas ( $p = 0,0001$ ) entre longitudes de estaca y diferencias significativas ( $p = 0,0107$ ) entre áreas foliares. Para ambas variables, la interacción longitud por área fue significativa, por lo cual sus efectos fueron evaluados a la luz de dicha interacción.



Las estacas de *V. guatemalensis* mostraron, los mejores porcentajes de enraizamiento cuando no se les aplicó tratamiento hormonal. (Foto: F. Mesén).

La longitud de 6 cm presentó los mayores porcentajes de enraizamiento, ya fuera con áreas foliares de 30 cm<sup>2</sup> (80%) o de 50 cm<sup>2</sup> (85%). Las estacas con 10 cm<sup>2</sup> de área foliar presentaron los menores valores, independientemente de la longitud de estaca (Figura 4). En cuanto a número de raíces por estaca, también se obtuvo los mejores resultados con la longitud de 6 cm, independientemente del área foliar. Resultó interesante el alto número de raíces que se obtuvieron con la combinación de 6 cm de longitud de estaca y 10 cm<sup>2</sup> de área foliar (Figura 5).

## Discusión

Al contrario de la mayoría de las especies que han sido propagadas mediante el uso de propagadores de subirrigación (Leakey *et. al.*, 1990; Mesén *et al.*, 1992a), las estacas de *V. guatemalensis* mostraron los mejores porcentajes de enraizamiento cuando no se les aplicó AIB. Es bien sabido que tanto las auxinas como otras sustancias, llamadas cofactores foliares, se desplazan basípetamente en las estacas, permitiendo o contribuyendo en la iniciación y desarrollo de las raíces (Haissig 1974, Hartmann y Kester 1983). Los resultados de este estudio sugieren que en esta especie, los niveles endógenos de promotores del enraizamiento y/o la producción de éstos durante el proceso de propagación fueron suficientes para estimular la iniciación de raíces, sin necesidad de aplicaciones externas. De hecho, la reducción en el porcentaje de enraizamiento al aumentar la dosis de AIB parece indicar posibles efectos tóxicos, resultado de la elevación de la dosis de auxina, más allá de los niveles biológicos permisibles en esta especie.

El número promedio de raíces por estaca, por otro lado, mostró la típica tendencia creciente al aumentar las dosis de AIB, como se ha observado en muchas otras especies tropicales (Mesén, 1993; Mesén *et. al.*, 1996b). Esta tendencia posiblemente se relacione con la hipótesis de que cada una de las fases sucesivas que ocurren durante el proceso de enraizamiento son fisiológicamente diferentes, como lo es también, la necesidad de auxina en cada fase (Gaspar y Hofinger 1988). Generalmente, se acepta que los procesos de iniciación y desarrollo de raíces son afectados por un juego diferente de condiciones (Lovell y White 1986). El estímulo inicial para la iniciación de raíces, y por lo tanto el porcentaje de enraizamiento obtenido, parece ser hormonalmente controlado. Por su parte, el número de raíces producido por las estacas es altamente influenciado por la habilidad de la estaca a suplir carbohidratos, ya sea de reserva o producidos mediante fotosíntesis, al área donde surgen las raíces (Lovell y White 1986, Moe y Anderson 1988, Veirskov y Anderson 1982). Por lo tanto, una vez que la estaca enraiza, las dosis crecientes de AIB, mediante sus reconocidos efectos sobre la división celular y el transporte de sustancias hacia la base de la estaca, permiten el desarrollo de un mayor número de raíces, como se encontró en el presente estudio.

Cada especie tiene sus requerimientos particulares en cuanto a sustrato de enraizamiento, apa-



rentemente asociado al balance entre agua y aire del mismo (Loach 1988). Al evaluar el porcentaje relativo de sólidos, agua y aire de los sustratos utilizados, se encontró que el porcentaje de aire de la grava y del aserrín fueron casi idénticos (30,3% y 30,5% respectivamente), y menor en la arena (5,5%), mientras que la diferencia principal entre la grava y la arena, respecto al aserrín, fue el porcentaje mayor de agua de este último (53,8%), en comparación con 17,6% para la arena y 4,5% para la grava. Por lo tanto, puesto que las estacas de *V. guatemalensis* tuvieron un comportamiento similar en arena y grava, pero muy pobre en aserrín, se puede concluir que el enraizamiento de estacas juveniles de esta especie se ve reducido en sustratos con un alto contenido de agua.

El mejor enraizamiento de las estacas de 6 cm sobre las de 4 cm y las de 8 cm se puede atribuir a dos factores: sustancias de reserva y lignificación. Las estacas de 6 cm obviamente contienen mayores reservas nutritivas que las de 4 cm, por lo cual este factor posiblemente influyó en el mejor enraizamiento de las primeras. Por otro lado, para obtener las mismas seis estacas por rebrote para todos los tratamientos, necesariamente hubo que descender más en el brote en el caso de las estacas de 8 cm. Esto significó que estas últimas presentaban un mayor grado de lignificación con respecto a las de 6 cm, lo cual es sabido que afecta negativamente el enraizamiento. Las estacas más apicales, generalmente, contienen mayor concentración de sustancias promotoras del enraizamiento, originadas en la yema apical del brote, así como mayor cantidad de células capaces de volverse meristemáticas, que pueden iniciar más fácilmente la formación de raíces (Hartmann y Kester 1983).

Las hojas tienen efectos contrastantes en el proceso de propagación. Por un lado, el efecto estimulador de las hojas sobre el enraizamiento se ha asociado a la actividad fotosintética de las mismas, lo cual contribuye a proporcionar asimilados a las raíces en desarrollo (Leakey y Coutts 1989), y a la producción de auxinas y otras sustancias promotoras del enraizamiento (Hartmann y Kester 1983, Haissig 1974).

Por otro lado, la pérdida de agua por transpiración puede causar déficits hídricos en las estacas a grados tales que pueden reducir el enraizamiento o incluso causar la muerte de la estaca (Loach 1988). El mejor enraizamiento de estacas con mayores áreas foliares, como ocurrió en este estudio, puede atribuirse a la mayor producción fotosinté-

tica de las hojas, al mayor suministro de sustancias promotoras del enraizamiento o a ambos factores en conjunto.

Por otra parte, el mayor número de raíces por estaca obtenido en las estacas con áreas foliares de 10 cm<sup>2</sup> es difícil de entender. Una vez que las estacas han enraizado, la absorción de agua por el sistema radical recién formado restablece el balance fisiológico en las estacas y se inicia el crecimiento de la yema, la cual dará origen a la parte aérea de la nueva planta. Aunque en el presente estudio no se evaluó el crecimiento de los brotes, es posible que las escasas reservas y la baja tasa de fotosíntesis en las estacas con áreas foliares de 10 cm<sup>2</sup> no fueran suficientes para estimular la producción de brotes vigorosos, de manera que todos los asimilados y nutrientes disponibles se utilizaron para alimentar el sistema radical, de ahí el mayor número de raíces obtenido en este tratamiento en particular. Sería recomendable evaluar el comportamien-

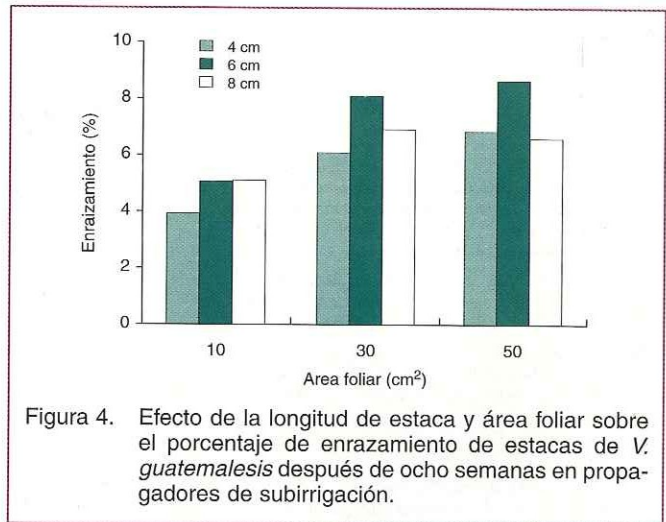


Figura 4. Efecto de la longitud de estaca y área foliar sobre el porcentaje de enraizamiento de estacas de *V. guatemalensis* después de ocho semanas en propagadores de subirrigación.

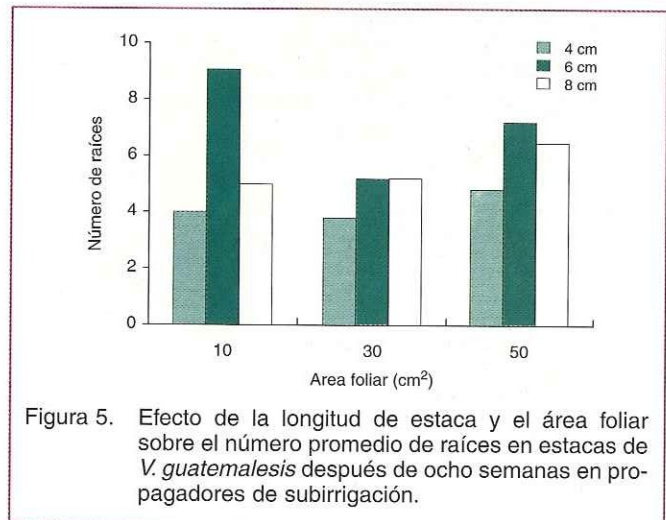


Figura 5. Efecto de la longitud de estaca y el área foliar sobre el número promedio de raíces en estacas de *V. guatemalensis* después de ocho semanas en propagadores de subirrigación.





to de los brotes en futuros ensayos de enraizamiento, lo cual podría ayudar a interpretar mejor el efecto de ciertos tratamientos.

En propagadores a plena exposición, también en Turrialba, Costa Rica, se han registrado irradiaciones superiores a los 1600 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, temperaturas aéreas y del sustrato de hasta 42°C y 33°C respectivamente y mínimas de humedad relativa de hasta 51%. Estas condiciones extremas han provocado marchitamiento y déficits hídricos en estacas de otras especies tropicales, lo cual ha incidido negativamente en su capacidad de enraizamiento, de ahí la necesidad de proporcionar sombra al área de propagación (Mesén 1993). En el presente estudio, el uso del sarán sobre los propagadores resultó apropiado para el enraizamiento de estacas de *V. guatemalensis*. Los valores de irradiación, temperatura y humedad relativa registrados durante el proceso de propagación están dentro del rango óptimo definido para otras especies forestales tropicales, por ejemplo, *Cordia alliodora* (Mesén 1993).

Desde el punto de vista práctico se concluye que las estacas juveniles de *V. guatemalensis* enraizan fácilmente en grava o arena en propagadores de subirrigación, utilizando estacas de 6 cm de longitud con áreas foliares de 30 cm<sup>2</sup> o 50 cm<sup>2</sup>. Es necesario, la utilización de sombra para reducir la irradiación y, en consecuencia, las temperaturas aéreas y del sustrato dentro de los propagadores, así como para mantener la humedad relativa tan alta como sea posible. No fue imprescindible la aplicación de AIB para estimular al enraizamiento. Las dosis crecientes desde 0,1% a 0,8% aceleraron la producción de raíces y mejoraron la calidad del sistema radical formado, pero las dosis más altas (0,4% y 0,8%) causaron una reducción significativa en el porcentaje de enraizamiento.

Francisco Mesén  
PROSEFOR  
CATIE, 7170  
Costa Rica  
Tel: (506) 556 1933  
Fax: (506) 556 7766  
E-mail: fmesen@catie.ac.cr

Elizabeth Trejos  
Zona Administrativa de CORBANA  
28 millas de Batán, Limón  
Costa Rica  
Tel: (506) 718 6878/718 6105

### Literatura citada

- BUTTERFIELD, R.P.; GONZALEZ, E. 1996. Adaptabilidad de diferentes especies forestales en pastizales degradados en las tierras bajas del Atlántico de Costa Rica. *Revista Forestal Centroamericana* (C.R.) 16 (5): 9-15.
- COREA, E. snt. San Juan, *Vochysia guatemalensis* Donn. Smith. *Revista Forestal Centroamericana* (C.R.) 2 (5). Afiche 56 x 42 cm.
- DAVIS, T. 1988. Photosynthesis during adventitious rooting. In: Davis T.D., Haissig B.E., Sankhla, N (eds). *Adventitious Root Formation in Cuttings*. Portland, Oregon. EE.UU., BE Dioscorides Press, p. 79-87.
- DIAZ, E.R.A.; SALAZAR, R.; MESEN, F. 1991a. Enraizamiento de estacas juveniles de *Gmelina arborea* Linn. *Silvoenergía* (C.R.) 49:1-4.
- DIAZ, E.R.A.; SALAZAR, R.; MESEN, F. 1991b. Enraizamiento de estacas juveniles de *Cedrela odorata* L. *Silvoenergía* (C.R.) 51:1-4.
- GASPAR, T; HOFINGER, M. 1988. Auxin metabolism during adventitious rooting. In: Davis T.D., Haissig B.E., Sankhla N (eds). *Adventitious Root Formation in Cuttings*. Portland, EE.UU. BE Dioscorides Press, p. 117-131.
- HAISSIG, B.E. 1974. Influences of auxin and auxin synergists on adventitious root primordium initiation and development. *New Zealand Journal of Forestry Science* (N. Z.) 4(2):311-323.
- HARTMANN, H.T; KESTER, D.E. 1983. *Plant propagation - principles and practices*. 2 ed. N.J., EE.UU., Prentice Hall. 702 p.
- LEAKEY, R.R.B. 1987. Clonal forestry in the tropics - a review of developments, strategies and opportunities. *Commonwealth Forestry Review* (G.B.) 66:61-75.
- LEAKEY, R.R.B.; COUTTS, M.P. 1989. The dynamics of rooting in *Triplochiton scleroxylon* K. Schum. cuttings: their relation to leaf areas, node position, dry weight accumulation, leaf water potential and carbohydrate composition. *Tree Physiology* (Can.) 5:135-146.
- LEAKEY, R.R.B.; MESEN, F.; TCHOUNDJEU, Z.; LONGMAN, K.A.; DICK, J.McP.; NEWTON, A.; MATIN, A.; GRACE, J.; MUNRO, R.C.; MUTOKA, P.N. 1990. Low-technology techniques for the vegetative propagation of tropical trees. *Commonwealth Forestry Review* (G.B.) 69(3):247-257.
- LEAKEY, R.R.B.; MESEN, F. 1991. Métodos de propagación vegetativa en árboles tropicales: enraizamiento de estacas suculentas. In: Corneliuss, J.P., Mesén, F., Corea, E. (eds) *Manual sobre mejoramiento genético forestal con referencia especial a América Central*. Turrialba, C.R., CATIE, Proyecto Mejoramiento Genético Forestal. p. 113-133.
- LIBBY, W.J.; RAUTER, R.M. 1984. Advantages of clonal forestry. *The Forestry Chronicle* (Can.) p. 145-149.
- LOACH, K. 1988. Controlling environmental conditions to improve adventitious rooting. In: Davis T.D., Haissig, B.E. and Sankhla, N. (eds) *Adventitious Root Formation in Cuttings*. Portland, EE.UU. BE Dioscorides Press, p. 248-273.
- LOVELL, P.H.; WHITE, J. 1986. Anatomical changes during adventitious root formation. In: Jackson MB (ed) *New Root Formation in Plants and Cuttings*. Dordrecht, Países Bajos. Martinus Nijhoff Publishers, p. 111-140.
- MESEN, F.; LEAKEY, R.R.B.; NEWTON, A.C. 1992a. Hacia el uso de la silvicultura clonal por el pequeño finquero. *El Chasqui* (C.R.) 28:6-18.
- MESEN, F.; NEWTON, A.C.; LEAKEY, R.R.B. 1992b. Low technology vegetative propagation of tropical trees: experience from Central America. In IUFRO Conference: Resolving Tropical Forest Resource Concerns through Tree Improvement, Gene Conservation and Domestication of New Species. (1992, Cartagena and Cali, Col.) *Proceedings*. Col., IUFRO. P. 311-315.
- MESEN, F. 1993. *Vegetative propagation of Central American hardwoods*. Thesis Ph.D. Edinburgh, Scotland, University of Edinburgh, Institute of Terrestrial Ecology. 231 p. Sin publicar.
- MESEN, F.; LEAKEY, R.R.B.; NEWTON, A.C. 1996a. Propagadores de subirrigación: un sistema simple y económico para la propagación vegetativa de especies forestales. In: Simposio sobre Avances en la Producción de Semillas Forestales en América Latina. (1995, Managua, Nic.) *Memorias*. De. R. Salazar. Turrialba, C.R., CATIE. p. 101-110.
- MESEN, F.; NEWTON, A.C.; LEAKEY, R.R.B. 1996b. Vegetative propagation of *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavon) Oken: the effect of IBA concentration, propagation medium and cutting origin. *Forest Ecology and Management* (Países Bajos) 92: 45-54.
- MOE, R.; ANDERSEN, A.S. 1988. Stockplant environment and subsequent adventitious rooting. In: Davis, T.D., Haissig, B.E., Sankhla, N (eds) *Adventitious Root Formation in Cuttings*. Portland, EE.UU., BE Dioscorides Press. p. 214-234.
- SNEDECOR, G.W.; COCHRAN, W.G. 1980. *Statistical methods*, 7ed, Iowa, EE.UU. Iowa State University Press. s.p.
- VEIERSKOV, B.; ANDERSEN, A.S. 1982. Dynamics of extractable carbohydrates in *Pisum sativum*. III. The effect of IAA and temperature on content and translocation of carbohydrates in pea cuttings during rooting. *Physiologia Plantarum* (Dinamarca) 55:179-182.