



ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS JUVENILES DE *Cedrela* *odorata* L.

Eric R.A. Díaz Maldonado¹
Rodolfo Salazar²
Francisco Mesón³



INTRODUCCION

Cedrela odorata L. es una especie del trópico americano; se le encuentra en forma natural desde México hasta el Amazonas, incluyendo Las Antillas, donde comúnmente se le conoce como cedro amargo.

Es una meliacea de crecimiento rápido, que se adapta a una amplia gama de condiciones climáticas, desde el nivel del mar hasta 900 m de elevación, con precipitaciones de 1500 mm, con una época seca bien definida, hasta 5000 mm sin una época seca y temperaturas desde 22 hasta los 35°C. Usualmente, se le encuentra como árboles aislados en suelos fértiles y bien drenados, tanto en bosques primarios como secundarios, combinada en forma natural con cultivos como café, coco, caña de azúcar o en potreros.

El árbol puede alcanzar 40m de altura, con diámetros de 90 cm. Generalmente, el fuste es recto y bifurcado a los 3 ó 4 m de altura, con una copa amplia y redondeada. La madera de *C. odorata* es muy apreciada por su trabajabilidad, durabilidad, peso liviano y color atractivo, por lo que ha sido empleada en la región de origen, en la fabricación de muebles, puertas, ventanas y cuando fue abundante, hasta en la construcción de viviendas.

Este uso intensivo del cedro, ha provocado la destrucción de la mayor parte del germoplasma, especialmente de aquellos árboles con características deseables para la producción de madera. La mayoría de los individuos que todavía se encuentran dispersos en la Región, básicamente en asociación natural con sistemas agropecuarios, no presentan buenas características morfológicas. Otro factor en contra de esta especie es su alta susceptibilidad al ataque del barrenador de los brotes o yemas terminales (*Hypsipyla grandella*). Este barrenador dificulta el cultivo de cedro en plantaciones y aún aquellos árboles que crecen en forma aislada, son atacados, por lo que es usual encontrarlos bifurcados.

Ante esta realidad y dada la importancia de la especie para producción de madera de alto valor, en el Proyecto Mejoramiento Genético Forestal del CATIE se ha desarrollado un método práctico de reproducción vegetativa, para establecer una estrategia de conservación y reproducción del germoplasma de mejor calidad.

Este trabajo presenta los resultados sobre el enraizamiento, brotación y número de raíces en estacas juveniles de *C. odorata*, al utilizar distintas concentraciones de ácido indolbutírico (AIB), distintos sustratos, áreas foliares y longitudes de estacas.

MATERIALES Y METODOS

Las pruebas de enraizamiento se realizaron en el vivero de investigación forestal del CATIE, Turrialba, Costa Rica. Para cumplir con los objetivos, el presente estudio se dividió en dos ensayos.

En el primero se probaron cinco dosis de ácido-indol-3-butírico (0,0; 0,2; 0,4; 0,8; 1,6 %) disueltas en metanol, aplicadas a la base de cada estaca en 10 ml de solución, utilizando una microjeringa con evaporación inmediata del alcohol en una

1 Estudiante del Programa de Posgrado del CATIE.
2 Ph.D. Líder del Proyecto Wadoleña-3, CATIE.
3 M.Sc. Líder del Proyecto Mejoramiento Genético Forestal, CATIE.

corriente de aire frío. Las estacas tratadas se pusieron a enraizar en tres sustratos: arena, grava y una mezcla arena-grava (50:50 p/v). Las estacas empleadas para todos los tratamientos tuvieron una longitud de 6 cm y el área foliar se redujo a 50 cm² por estaca. El diseño experimental fue de bloques al azar con parcelas divididas, con nueve bloques y unidades experimentales de seis estacas. Las parcelas grandes fueron los sustratos y las subparcelas, las diferentes dosis de AIB.

En el segundo ensayo se utilizó la concentración de AIB y el sustrato, que dieron mejores resultados en el primer ensayo. En éste, se probaron tres longitudes de estacas (4, 6 y 8 cm) y tres áreas foliares (25, 50 y 100 cm²). El diseño experimental fue de bloques completos al azar, en arreglo factorial (3X3), con ocho repeticiones y unidades experimentales de seis estacas.

La cámara de enraizamiento fue un propagador mejorado pero de bajo costo. Estos propagadores son de fácil construcción, efectivos y no requieren agua de cañería ni electricidad. La construcción del propagador se basó en el diseño de Howland, modificado por Leakey y Longman en 1988 (Leakey *et al.*, 1990). Su construcción fue hecha a base de madera y polietileno; en el fondo, a los lados y en la tapa se colocó una hoja de polietileno para retener humedad. La base se relleno con capas sucesivas de piedra y grava y sobre ella, se colocó el medio de enraizamiento. Finalmente, se agregó agua hasta saturar las capas de piedra y grava, para mantener húmedo el sustrato por capilaridad.

Para disminuir la temperatura y la intensidad de luz en la cámara propagadora, se protegió el área de propagación con malla negra. Las condiciones ambientales promedio en la cámara de propagación fueron: temperatura del aire 25,6°C, temperatura del sustrato 25,9°C, irradiación solar 54 mol/m²/seg y humedad relativa de 99%.

En ambos ensayos se utilizó material vegetativo de plantas juveniles y vigorosas procedentes de semillas.

El efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de enraizamiento, brotación y el número de raíces por estaca, se analizó después de 2, 4 y 6 semanas de haber colocado las estacas en la cámara propagadora.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los análisis de varianza de las variables porcentajes de enraizamiento, porcentajes de brotación y promedio del número de raíces, estudiadas en el primer ensayo, indican que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tres sustratos probados. No obstante, sí hubo diferencias altamente significativas ($P < 0,05$) entre las dosis de AIB utilizadas para las mismas tres variables. No hubo significancia para la interacción entre sustratos y dosis de AIB, para las mismas variables.

El porcentaje de enraizamiento en arena (64%) fue superior en 8 y 13% al de la mezcla y la grava, respectivamente, aunque las pruebas de rango múltiple (Tukey), no mostraron diferencias significativas (Cuadro 1). El promedio del número de raíces por estaca en la arena (20), superó a la mezcla en 33% y a la grava en 67%, aunque de nuevo, estas diferencias no fueron significativas. El porcentaje promedio de brotación por estaca fue de 47%; en cuanto a esta variable, el sustrato arena superó a la mezcla en 5% y a la grava en 17%.

Cuadro 1. Prueba de rango múltiple (Tukey) para sustratos con respecto a los porcentajes de enraizamiento, brotación y número de raíces para estacas de *C. odorata*, a las seis semanas de edad.

Sustrato	Enraizamiento (%)	Brotación (%)	Raíces (No)
Arena	64 a*	54 a	20 a
Mezcla	56 a	49 ab	15 a
Grava	51 a	37 b	12 a

* Los tratamientos seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey al 0,05.

Los resultados anteriores reafirman lo expuesto por Hartmann y Kester (1972), quienes indican que el medio ideal para enraizamiento es aquel que permite buena aireación, se drene bien y sea fácil de esterilizar y que además, proporcione un soporte adecuado a la estaca.

Las pruebas de comparación múltiple para dosis de AIB (subparcelas) (Cuadro 2), indican que hubo diferencias significativas entre los grupos de medias, siendo las dosis de 0,2 y 0,4% las que dieron los porcentajes de enraizamiento mayores (76 y 72%, respectivamente). La mejor brotación por estaca se obtuvo con la dosis de 0,4% (35%). Se observó una relación directa entre el número de raíces por estaca y la dosis de AIB, ya que el número mayor de raíces (17) se obtuvo con la dosis de 1,6, que superó en un 240% al testigo con sólo cinco raíces por estaca.

Cuadro 2. Prueba de rango múltiple (Tukey) para el efecto de dosis de AIB, sobre los porcentajes de enraizamiento, brotación y número de raíces en estacas de *C. odorata*, a las seis semanas de edad.

Enraizamiento Dosis (%)	Brotación Dosis (%)	Raíces Dosis (%)
0,2 76 a*	0,4 35 a	1,6 17 a
0,4 72 a	0,2 31 ab	0,8 15 a
0,0 58 ab	0,0 24 ab	0,4 13 a
0,8 50 bc	0,8 24 ab	0,2 13 a
1,6 30 c	1,6 17 b	0,0 5 b

* Los tratamientos seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey al 0,05.

Los beneficios de la aplicación de auxinas sobre la formación de raíces en las estacas es bien reconocido (Hartmann y Kester, 1972). Sin embargo, parece que no hay una relación simple entre niveles de auxina y el enraizamiento. Hasta la fecha, no se ha determinado el papel exacto de las auxinas (Gaspar y Hofinger, 1988). Además de los efectos directos de la auxina sobre la división y el crecimiento celular, los efectos benéficos de la auxina sobre el enraizamiento han sido asociados con un aumento en el transporte de carbohidratos y cofactores hacia la base de la estaca, donde promueven la iniciación y el desarrollo de raíces (Haissig, 1974). También se ha establecido que ciertos metabolitos y otros factores de crecimiento, se trasladan hacia regiones del tallo que han sido tratadas con auxina. La formación de raíces adventicias en las estacas, probablemente sea el resultado de una interacción compleja entre éstos y otros procesos.

Un aumento en la concentración de la hormona (AIB), produjo un número mayor de raíces por estaca, pero los niveles más altos (0,8% y 1,6%), podrían haber causado una intoxicación. A estos niveles hubo una disminución del porcentaje de enraizamiento y brotación en dichas estacas. Las estacas que resistieron la toxicidad de la hormona, produjeron un número mayor de raíces.

En el segundo ensayo, se utilizaron el sustrato de arena y la dosis de 0,2% de AIB, por ser los tratamientos que dieron mejores resultados.

El análisis de varianza detectó diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) en el porcentaje de enraizamiento, en estacas de diferentes longitudes, no así al variar el área foliar. En cuanto al porcentaje de brotación, las diferencias fueron altamente significativas ($P < 0,05$), en estacas de diferentes longitudes, pero no significativas al variar el área foliar. La variable número de raíces por estaca mostró diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), para las longitudes probadas y diferencias significativas ($P < 0,01$) para el área foliar.

El mejor enraizamiento se obtuvo con las longitudes de 6 cm (65%) y 8 cm (57%) (Cuadro 3). Las longitudes de 6 y 8 cm superaron en 28% y 27%, respectivamente a la longitud de 4 cm, en porcentaje de brotación. En contraste, el promedio del número de raíces en estacas de 4 cm de longitud, superó a las otras dos longitudes en un 43%.

Estos resultados concuerdan con Baggio (1982), quien mostró que existe una longitud de estacas óptima para el enraizamiento. Este efecto podría relacionarse con el contenido de sustancias de reserva en la estaca, que intervienen en la formación de raíces.

El área foliar de 100 cm² por estaca, superó los otros tratamientos con respecto al número de raíces; la de 50 cm²

por 12% y a la de 25 cm² por 50%. Es evidente que existe una relación directa entre área foliar por estaca y el número de raíces (Cuadro 4).

El área foliar de 100 cm² por estaca, presentó el porcentaje mayor de enraizamiento (60%), superior en 5% al área foliar de 50 cm² y en 10% al área foliar de 25 cm². No hubo diferencias significativas en el porcentaje de brotación: el área foliar de 25 cm² (66%), superó a las de 100 y 50 cm² por sólo 4% y 7%, respectivamente.

Resultados similares obtuvo Vargas (1982), con estacas de *E. deglupta*, donde hubo una relación positiva entre área foliar por estaca y enraizamiento final.

Cuadro 3. Prueba de rango múltiple (Tukey) por longitud en cm, para los porcentajes de enraizamiento, brotación y número de raíces para estacas de *C. odorata*, a las seis semanas de edad.

Enraizamiento Longitud (%)	Brotación Longitud (%)	Raíces Longitud (No)
6 65 a*	6 72 a	4 10 a
8 57 ab	8 71 a	6 7 b
4 43 b	4 44 b	8 7 b

* Los tratamientos seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey al 0,05.

Cuadro 4. Prueba de rango múltiple (Tukey) por área foliar, para los porcentajes de enraizamiento, brotación y número de raíces para estacas de *C. odorata*, a las seis semanas de edad.

% Enraizamiento Area foliar (%) (cm ²)	% Brotación Area foliar (%) (cm ²)	Nº Raíces Area foliar (cm) (No)
100 60 a*	25 66 a	100 9 a
50 55 a	100 62 a	50 8 ab
25 50 a	50 59 a	25 6 b

* Los tratamientos seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey al 0,05.

PERSONAL TECNICO DEL CATIE/PROYECTO MADELEÑA

JEFATURA Rodolfo Salazar, Ph.D. Douglas Asch, Sr. Fabían Salas, Lic.	Líder Regional Administración Asistente Técnico	SOCIOECONOMIA Manuel Gómez, M.Sc. Carlos Reiche, M.Sc.	Economista Economista	PAISES GUATEMALA Carlos Figueroa, M.Sc.	Coordinador Nacional	COSTA RICA Carlos Navarro, M.Sc. Coordinador Nacional
SILVICULTURA William Vásquez, M.Sc. Luis Ugalde, Ph.D.	Siembra Manejo de Información	EXTENSION Carlos Rivas, M.Sc. Eli Rodríguez, Lic. Ana Loaiza, Bch. Javier Valencia	Extensionista Principal Editor Diseño Gráfico Audiovisuales	HONDURAS Rolando Ordóñez, Das EL SALVADOR Modesto Juárez, M.Sc.	Coordinador Nacional Coordinador Nacional	PANAMA Eras Morán, Ing. Coordinador Nacional NICARAGUA Humberto Beltrano, Lic. Coordinador Nacional

Madeleña 3 es el componente de diseminación del cultivo de árboles de uso múltiple, del Proyecto RENARM/CATIE, en América Central y Panamá. Es financiado por AID/ROCAP y ejecutado por INRENARE de Panamá, DGF de Costa Rica, COHDEFOR de Honduras, CENTA de El Salvador, DGEBOS de Guatemala, IRENA de Nicaragua, con la coordinación regional del CATIE.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los porcentajes mejores de enraizamiento (64%) y número mayor de raíces (20), en *C. odorata* se obtuvieron utilizando arena como medio de enraizamiento. La arena permite condiciones mejores de aireación, drenaje y proporciona un soporte superior, en comparación con los otros sustratos probados. Al aumentar las concentraciones de AIB, aumentó el porcentaje de enraizamiento; sin embargo, al elevar la concentración de AIB por arriba de 0,8%, se redujo el porcentaje de enraizamiento.

Las estacas de 6 cm de largo, con un área foliar de 100 cm², produjeron el mayor porcentaje de enraizamiento.

El promedio del número de raíces por estaca, se relacionó directamente con el área foliar.

La cámara de propagación funcionó bien para el enraizamiento de *C. odorata*. Las condiciones de humedad relativa del ambiente, irradiación solar y temperatura de la cámara, minimizaron la transpiración, favoreciendo el enraizamiento en las estacas.

En resumen, para la propagación vegetativa de estacas juveniles de *C. odorata*, se recomienda el uso de arena como sustrato, una dosis de AIB del 0,2% disuelta en metanol, una longitud de estaca de 6 cm y una área foliar de 100 cm².

BIBLIOGRAFIA

BAGGIO, A. J. 1982. Establecimiento, manejo y utilización del sistema agroforestal cercos vivos de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kudr., en Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Turrialba, C.R., UCR/CATIE. 91 p.

GASPAR, F.; HOFINGER, M. 1988. Auxin metabolism during adventitious rooting. In: Adventitious root formation in cuttings. Ed. by T. D. Davis, B. E. Haissig, N. B. Sankhla. Portland, Or. EE.UU. B. E. Dioscorides Press. p. 117-131.

HAISSIG, B. E. 1974. Influences of auxins 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. 1972. Propagación de plantas: principios y prácticas. Trad. por Marino Ambrosio A. La Habana, Cuba, Instituto Cubano del Libro. 693 p.

HOLDRIDGE, L. R., POVEDA A., L. J. 1975. Arboles de Costa Rica, San José, C.R., Centro Científico Tropical, v.1.

LEAKEY, R. B.; CHAPMAN, V. R.; LONGMAN, K. A. 1982. Physiological studies for tropical tree improvement and conservation: factors affecting root initiation in cuttings of *Triplochiton secleroxylon* K. Schum. Forest Ecology and Management (Holanda) 4: 53-66.

LEAKEY, R.B. et al. 1990. Low-technology techniques for the vegetative propagation of tropical trees. Commonwealth Forestry Review (G.B.) 69(3):247-257.

MARTIN, B.; QUILLLET, G. 1974. Bouturage des arbres forestiers au Congo. Bois et Forêt des Tropiques (Francia) 156:39-61

VARGAS B., R. G. 1982. Estudio sobre el enraizado de *Eucalyptus declupta* Blume. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., UCR/CATIE. 60 p.

SILVOENERGIA No.51, Junio de 1992, CATIE 7170, Turrialba, Costa Rica. Responsable: Carlos Rivas A.; Edición: / Eli Rodríguez / Diseño y Montaje: Ana Loaiza / Levantado de Texto: Lisbeth Alfaro / Este trabajo fue escrito por: E.Díaz/R.Salazar/F.Mesén/ Revisores: Luis Ugalde y William Vásquez / Publicación patrocinada por el Proyecto RENARM/MADELEÑA 3. Diseminación del Cultivo de Arboles de Uso Múltiple / CATIE/ROCAP 596-0150. / Edición de 1500 ejemplares.