

Propagación vegetativa de *Swietenia macrophylla* (caoba) mediante enraizamiento de estaquillas juveniles en cámaras de subirrigación, en Pucallpa, Perú

Vegetative propagation of *Swietenia macrophylla* (mahogany) through rooting of juvenile stakes in sub-irrigation cameras in Pucallpa, Peru

Ana Lucía Vásquez¹, Waldemar Alegría Muñoz² y Rodil Tello Espinoza³

Recibido: diciembre 2010

Aceptado: febrero 2011

RESUMEN

El objetivo fue determinar el protocolo apropiado para el enraizamiento de estacas juveniles de *Swietenia macrophylla* (caoba), en ambiente controlado. La investigación se realizó en la estación experimental del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), ubicada en la región Ucayali a 12,4 kilómetros al oeste de la ciudad de Pucallpa. Se realizaron dos ensayos consecutivos, en el primero se empleó el diseño de bloques completamente aleatorio, con parcelas divididas, donde se probaron los tres tipos de arena (fina, media y gruesa) y cuatro dosis hormonales de AIB (0, 500, 1000 y 3000 ppm). Luego, sobre la base de los mejores resultados obtenidos en el ensayo anterior, se implementó el segundo ensayo bajo el diseño de bloques completamente aleatorio y tres factores de estudio, el tipo de estaca (apical, media y basal), la longitud (2,5 y 4,5 cm) y el área foliar (25 y 50 cm²). Las condiciones ambientales promedio al interior de la cámara de subirrigación fueron de 28,5 °C de temperatura, 79% de humedad relativa y 2,500 lux de intensidad lumínica. En el primer ensayo se probó la influencia significativa ($p \leq 0,05$) de la interacción sustrato-dosis en el enraizamiento de estacas de caoba, donde la arena media y la dosis de 3000 ppm obtuvieron el mayor porcentaje de enraizamiento (33%). En el segundo ensayo se determinó que la estaca juvenil tipo basal, con longitud de 4,5 cm y área foliar de 50 cm², influyeron significativamente ($p \leq 0,05$) para el mejor enraizamiento (57%). Se concluye, que es posible un enraizamiento aceptable de las estacas basales de caoba, de longitud de 4,5 cm, área foliar de 50 cm², empleando dosis de 3000 ppm, en arena media, bajo las condiciones de cámara de subirrigación.

Palabras claves: propagación vegetativa, enraizamiento, estaquillas juveniles.

ABSTRACT

The objective was to determine the appropriate protocol for rooting of juvenile stakes of mahogany (*Swietenia macrophylla*) in controlled environment. The field work was carried out in the experimental station of the Peruvian Amazon Research Institute (IIAP) located at kilometer 12,4 west side of the Pucallpa city in the Ucayali region. Two successive tests were carried out. The first used a complete randomized block design with split plots where three types of sand (fine, medium and large) and four doses of IBA hormone (0, 500, 1000, 3000 ppm) were tested. Then on the basis on the best results obtained in the previous tests, a second test was done using the completely randomized block design and three study factors: the type of stake (apical, middle and basal), the

¹Consultora forestal. Pevas 584, Iquitos, Perú. Correo electrónico: analuciava_84@hotmail.com

²Departamento Académico de Ecología y Conservación. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP). Iquitos, Perú.

³Departamento Académico de Manejo Forestal y Medio Ambiente. Facultad de Ciencias Forestales. UNAP. Iquitos, Perú.

length (2,5 and 4,5 cm) and the leaf areas (25 cm² and 50 cm²). The average environmental conditions inside the sub irrigation chamber were 28,5 °C, 79% RH and 2,500 lux of light intensity. In the first experiment the significant influence ($p \leq 0,05$) of substrate-dose interaction on rooting of mahogany was tested, where the medium sand and the dose of 3000 ppm showed the highest percentage of rooting (33%). In the second test, the 4,5 cm-length and 50 cm² of basal area stake showed a significant influence ($p \leq 0,05$) for the best rooting (57%). It is concluded that it is possible to get acceptable stake rooting when using 4,5 cm long and 50 cm² of leaf area using IBA hormone in doses of 3000 ppm, in medium sand, under the conditions of sub-irrigation chamber.

Key words: vegetative propagation, rooting juvenile stakes, IBA hormone.

INTRODUCCIÓN

En el Perú, la mayoría de especies nativas amazónicas de gran valor maderable tienen una fuerte presión por el aprovechamiento selectivo, esta actividad viene reduciendo su presencia en los hábitats de origen y en consecuencia los árboles semilleros son cada vez más escasos, pudiendo poner en riesgo la provisión de semillas en la cantidad y calidad apropiada. La caoba (*Swietenia macrophylla*) es una de estas especies, e inevitablemente es de un largo periodo fenológico hasta la obtención de semillas viables.

En tal sentido, la propagación vegetativa por vía de estacas juveniles es una alternativa prometedora que ofrece muchas ventajas principalmente por evitar la dependencia de semillas botánicas y el bajo costo económico. Esta técnica consiste en inducir al enraizamiento de estaquillas obtenidas de brotes juveniles empleando hormonas enraizadoras y sustratos, mediante el uso de cámaras de subirrigación, poniéndose a prueba, a su vez, hasta tres distintos factores en estudio, con el propósito de conocer el método apropiado para el enraizamiento de la especie investigada. El éxito de este estudio permitirá generar el protocolo apropiado para el enraizamiento de la especie *S. macrophylla*, utilizando diferentes concentraciones de ácido indol 3-butírico (AIB), tipos de sustratos, área foliar, longitud

y tipos de estaquillas.

S. macrophylla King es considerada como la mejor madera, de fácil trabajabilidad y de acabado excelente, definido para usos de carpintería y ebanistería (Little y Wadsworth, 1964; Arostegui, 1982; Benítez y Montesinos, 1988; Cortés, 2001), cuya demanda en el mercado nacional e internacional es a un alto precio, por ello es importante en la Amazonía peruana, donde se distribuye naturalmente entre las regiones de Loreto, Amazonas, San Martín, Ucayali, Huánuco, Junín, Cusco, Madre de Dios y Puno, ubicada en zonas de vida del bosque húmedo y muy húmedo subtropical (cálido) y tropical; así como también desde los bosques pluviales hasta los bosques secos. (Arostegui, 1982; Ríos et al., 2002).

La propagación vegetativa o asexual se utiliza para producir una planta que posea el mismo genotipo que la planta madre (planta donadora) y esto es posible porque todas las células de una planta poseen la información necesaria o suficiente para reproducir la planta entera, con esta tecnología basada en cultivos de tejidos vegetales, se puede lograr la propagación masiva, genéticamente homogénea, mejorada y libre de parásitos (Hartmann et al., 1992).

Algunas experiencias sobre la propagación de *S. macrophylla* en cámaras

de subirrigación indican que enraíza bien utilizando estacas de 6 a 8 cm de longitud y con área foliar de 30 cm², aunque el periodo de enraizamiento es bastante lento (60 días). En general la concentración óptima de auxina varía con el método y las formas de aplicación, sin embargo, en *S. macrophylla* la concentración 0,2% de AIB ha dado mejores resultados en el enraizamiento (Mesen et al., 1996). El mismo autor menciona que el sustrato también tiene un efecto muy importante en el enraizamiento aunque caoba logró un mejor enraizamiento empleando una mezcla de 3:1 de arena y grava.

No obstante, en otro estudio al probar mezclas de arena : grava en diferentes proporciones (100 : 0, 75 : 25, 50 : 50, 25 : 75 y 0 : 100) se alcanzaron porcentajes de enraizamiento cercanos al 60% principalmente con los tres primeros tratamientos, con reducciones significativas en los sustratos que tuvieron mayor contenido de grava. Asimismo, al probar dosificaciones de 0, 0,1, 0,2, 0,4 y 0,8% de AIB no se encontraron diferencias, algunas más cuando se empleó hormona se logró enraizar hasta un 50% comparado con el testigo que no logró superar el 39% de enraizamiento (Mesen et al., 1992).

MATERIAL Y MÉTODO

Las pruebas de enraizamiento se realizaron en el vivero forestal de la estación experimental del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, que se encuentra a 12,4 kilómetros al oeste de la ciudad de Pucallpa, Perú.

La metodología desarrollada en este experimento permitió realizar dos ensayos consecutivos. Para el primero, se empleó un diseño de bloques completamente aleatorio

con parcelas divididas, donde se probó arena como sustrato (fina, media y gruesa), influenciado por cuatro dosis hormonales de AIB (0, 500, 1000 y 3000 ppm) que a su vez formaron 12 tratamientos; asimismo, se precisaron de estacas de 3,5 cm de longitud y 17 cm² de área foliar, que permitieron cumplir los objetivos propuestos.

Con los mejores resultados de este primer ensayo se implementó el segundo donde se empleó un diseño de bloques completamente aleatorio y se probó el tipo de estaca (apical, media y basal), longitud (2,5 y 4,5 cm) y área foliar (25 y 50 cm²), que formaron un arreglo factorial de 3 x 2 x 2, quedando establecido 12 tratamientos.

La construcción de la cámara de subirrigación se basó en el diseño modificado de Leakey y Longman (Leakey et al., 1990) cuya estructura fue hecha a base de madera con dimensiones de 2,5 m de longitud y 1 m de ancho, forrada con mica translúcida (n.º 10). En el interior de la cámara se colocaron varias capas sucesivas de arena en la base, piedra, grava y arena como sustrato de enraizamiento (fina, media y gruesa) obtenido por un proceso de lavado, desinfectado, secado y tamizado según la granulometría clasificada por Kopecky (1936). En el interior de la cámara se introdujeron 80 litros de agua, que permitieron humedecer al sustrato por acción capilar dentro del propagador.

Para dar las condiciones de ambiente controlado sobre los propagadores, se colocaron mallas de color negro de 70% de sombra, que permitió mantener un microclima interno en la cámara de 28,5 °C de temperatura promedio del aire y con 79% de humedad relativa (figura 1) y una irradiación solar de 2,500 lux de intensidad lumínica.

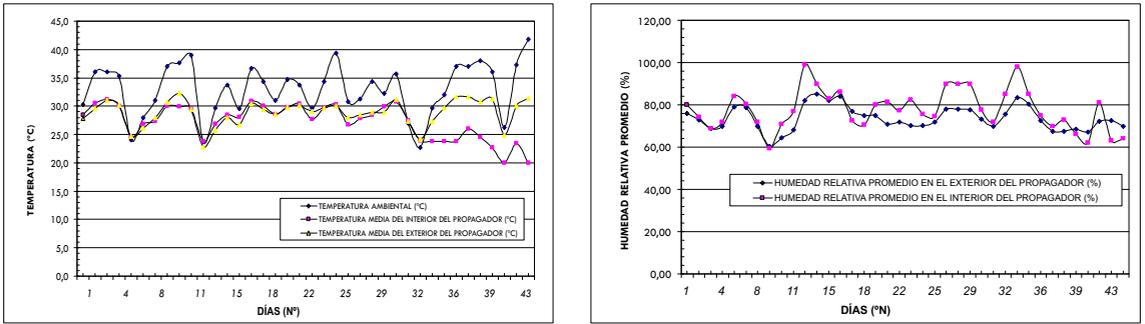


Figura 1. Registros promedio de temperatura y humedad relativa del ambiente, e interior y exterior del propagador durante el periodo que duró el ensayo.

Se emplearon estacas juveniles procedentes de plantas producidas a partir de semilla botánica, las mismas que fueron cortadas 15 días después del sembrado en huerto yemero⁴. Esta acción indujo a las plantas a emitir brotes de calidad deseada; la cosecha de brotes se realizó luego de 90 días, cuyo material fue usado para ambos

ensayos.

Se extrajeron en promedio 6 estacas por brote, considerando que la longitud promedio de brotes fue de 30 cm, del cual se obtuvo del primer tercio estacas del tipo basal, del segundo tercio estacas medias y del tercer tercio estacas apicales (figura 2).

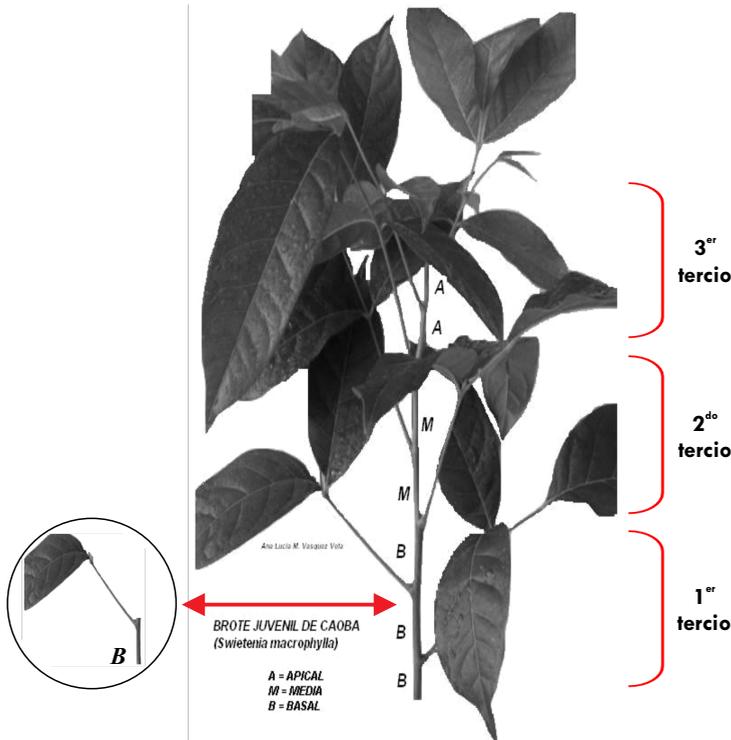


Figura 2. Brote juvenil ideotipo de *Swietenia macrophylla* (caoba) en calidad deseada.

⁴Huerto yemero es una técnica empleada para producir brotes juveniles de diferentes especies forestales, a partir de plantones procedentes de semilla botánica; esta técnica ofrece muchas ventajas ya que permite un manejo y control adecuado *in situ*, esto con el fin de obtener brotes de tamaño y calidad requerida para los ensayos de propagación.

Los datos fueron analizados con ayuda del software estadístico Infostat 2010, donde se realizó el ANVA y las pruebas de Duncan para determinar las influencias significativas por efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de enraizamiento (%), porcentaje de callosidad (%), porcentaje de brotación (%), porcentaje de sobrevivencia (%), número de raíz (n°) y longitud de raíz (mm). Los datos en porcentaje fueron transformados a continuos con la fórmula del arco seno de la raíz cuadrada del valor porcentual.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto del sustrato y dosis de AIB sobre el porcentaje de enraizamiento de estacas juveniles de caoba

El análisis de varianza indica que el sustrato no presentó influencia alguna sobre el porcentaje de enraizamiento de estacas juveniles de caoba; sin embargo, al efectuar las comparaciones (Duncan) se observa que el porcentaje de enraizamiento fue significativamente ($p \leq 0,05$) superior con la arena media (20%) y fina (17,8%) en

comparación con la arena gruesa (10,7%) (figura 3). Esto indicaría que *Swietenia macrophylla* (caoba) no requiere arena de granulometría gruesa o fina, ya que la arena media le brindaría un mejor desarrollo en el balance y calidad del sistema radicular (Mesen, 1993), aireación, drenaje y soporte adecuado para que enraíce la estaca (Wright, 1964; Hartmann et al., 1992; Davison, 1974; Poggiani y Suiter Filho, 1976); estas tendencias también fueron reportadas para otras Meliaceae (Díaz et al., 1991).

Por otro lado, la dosis de AIB influyó significativamente ($p \leq 0,05$) sobre el porcentaje de enraizamiento, donde la dosis 3000 ppm (20%) fue significativamente ($p \leq 0,05$) superior que la dosis de 1000 ppm (16,9%), 500 ppm (14,5%) y testigo 0 ppm (13,8%). Esta tendencia también se demuestra al encontrar influencia significativa ($p < 0,05$) comprobada sobre la variable longitud de raíz. Esto indicaría que *Swietenia macrophylla* (caoba) necesitaría de concentraciones altas de AIB; aunque en otros trabajos fueron mejores con dosificaciones bajas de 0,2% de AIB (Mesen et al., 1996).

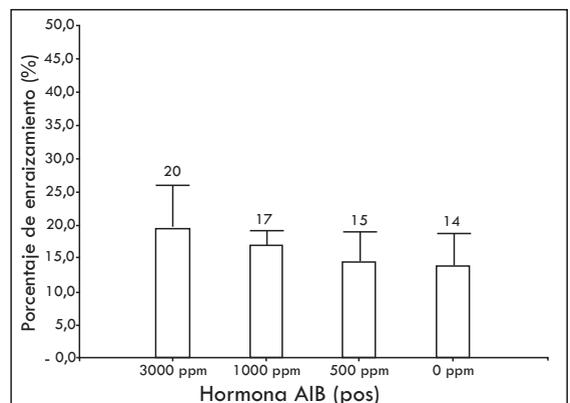
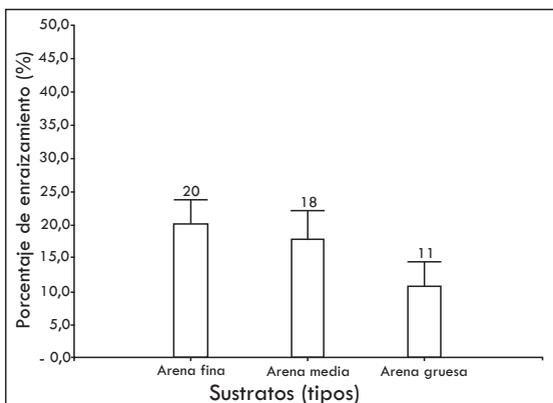


Figura 3. Influencia del sustrato y dosis AIB sobre el enraizamiento de caoba.

En la figura 4, gráficamente se puede observar el efecto de la interacción o tratamientos sobre el porcentaje de enraizamiento, donde la arena media con la dosis de 3000

ppm fue significativamente ($p \leq 0,05$) superior a las otras interacciones conformadas por arena y dosis, logrando alcanzar un 33% en el porcentaje de enraizamiento de caoba.

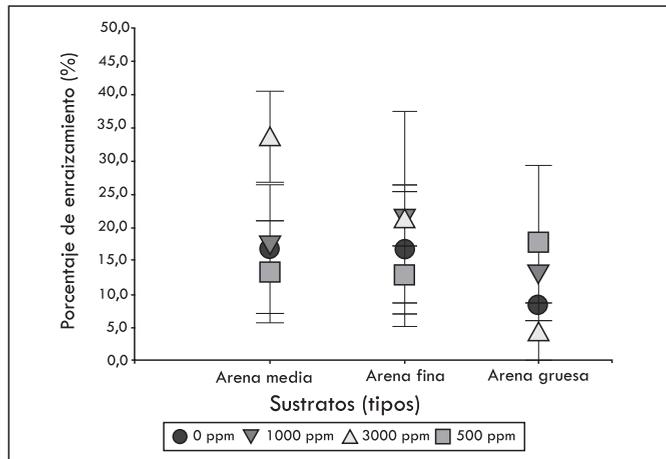


Figura 4. Influencia del sustrato y dosis AIB sobre el enraizamiento de caoba.

Efecto de la dosis de AIB sobre el número y longitud de raíz de las estacas juveniles de caoba

En la figura 5 (A) se observa que la dosis hormonal no presentó influencia alguna sobre el número de raíz de caoba, sin embargo, las estacas AIB mejoraron progresivamente en el número de raíz por estaca frente al testigo que

no se le aplicó hormona alguna (0 ppm). Por otro lado, en la figura 5 (B) se puede apreciar que la dosis AIB sí influyó de manera significativa ($p \leq 0,05$) en la longitud de raíz de estacas de caoba, siendo 3000 ppm la dosis que generó la mayor longitud de raíz de caoba frente a otras dosis, con ello quedaría demostrado que a mayor dosis de AIB mayor será la longitud de raíz de las estacas.

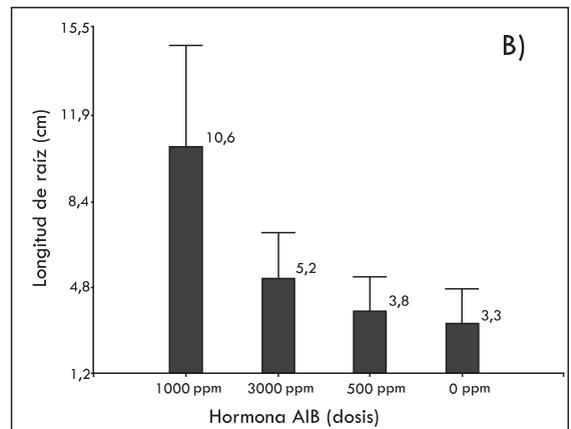
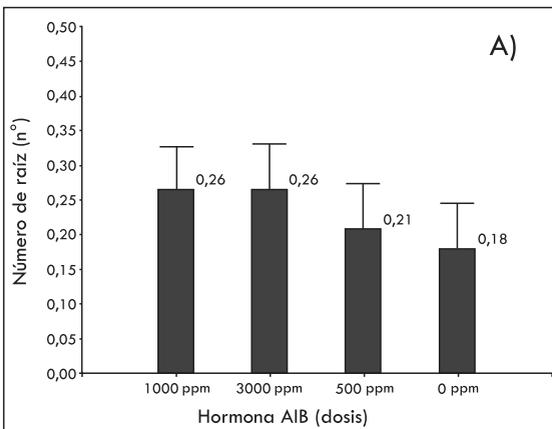


Figura 5. Efecto de la dosis hormonal sobre las variables número de raíz y longitud de raíz de estacas de juveniles de caoba.

Efecto del sustrato sobre el porcentaje de callosidad, brotación y sobrevivencia de estacas juveniles de caoba

En general se puede observar en la figura 6

que el sustrato influyó significativamente ($p \leq 0,05$) sobre el porcentaje de callosidad, brotación y sobrevivencia. El mayor porcentaje de callosidad fue favorecido por la arena gruesa (76%) superando a la arena

media (52%) y arena fina (40%). En el porcentaje de brotación, la arena fina (49%) y media (45%) superaron significativamente ($p \leq 0,05$) a la arena gruesa (26%).

Finalmente, en el porcentaje de sobrevivencia, la arena gruesa (95%) superó de forma significativa ($p \leq 0,05$) a la arena media (73%) y arena fina (62%).

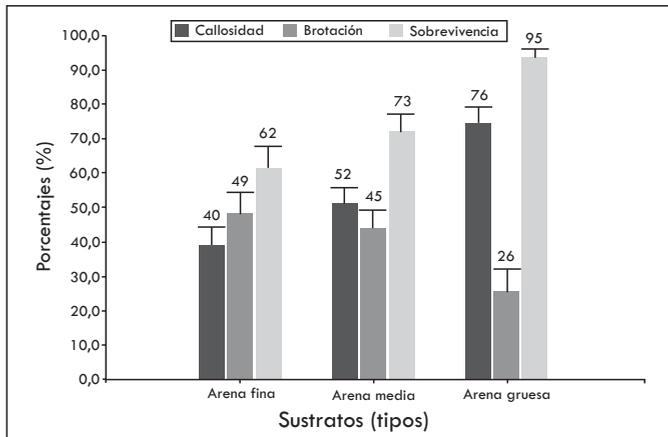


Figura 6. Porcentaje de callosidad, brotación y sobrevivencia en función a los sustratos.

Efecto de la dosis AIB sobre el porcentaje de callosidad, brotación y sobrevivencia de estacas juveniles de caoba

En la figura 7 se puede observar que en el

porcentaje de callosidad, la dosis de 1000 ppm de AIB superó de forma significativa ($p \leq 0,05$) a la dosis de 3000 ppm, 500 ppm y 0 ppm. La misma tendencia también se reflejó en el porcentaje de brotación y sobrevivencia.

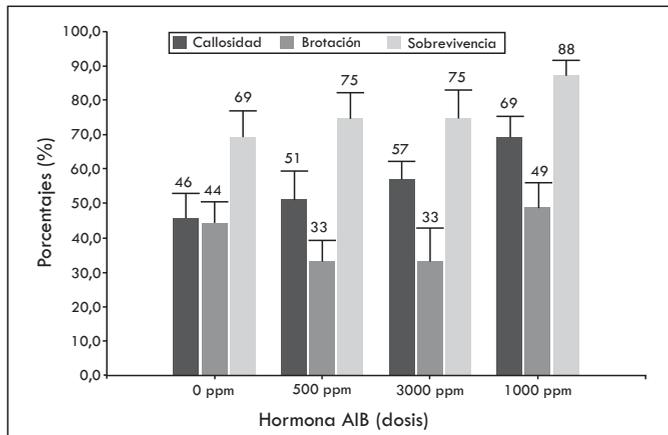


Figura 7. Porcentaje de callosidad, brotación y sobrevivencia en función de la dosis AIB.

Efecto del tipo de estaca, longitud y área foliar sobre el porcentaje de enraizamiento, callosidad, brotación y sobrevivencia de estaquillas juveniles de caoba

En general, en la figura 8 se observa que el

tipo de estaca, longitud y área foliar influyeron de forma significativa ($p \leq 0,05$) sobre los porcentajes de enraizamiento, callosidad, brotación y sobrevivencia. El porcentaje de enraizamiento fue bueno, siendo cualquiera de las estacas con longitud

de 4,5 cm (47%) y área foliar de 50 cm² (48%) los mejores tratamientos significativamente ($p \leq 0,05$) encontrados. El porcentaje de callosidad fue significativamente ($p \leq 0,05$) bueno, siendo la estaca basal (76%) y media (71%), con longitud de 2,5 cm (73%) y cualquiera de las áreas foliares, los mejores tratamientos hallados. Sin embargo, en el porcentaje de

brotación la estaca basal (57%), con longitud de 4,5 cm (53%) y cualquiera de las áreas foliares fueron los que conformaron los mejores tratamientos. Finalmente, el porcentaje de sobrevivencia fue bastante bueno y alto siendo la estaca apical (96%), con longitud de 2,5 cm (95%) y área foliar de 50 cm² (96%) los mejores tratamientos significativamente encontrados.

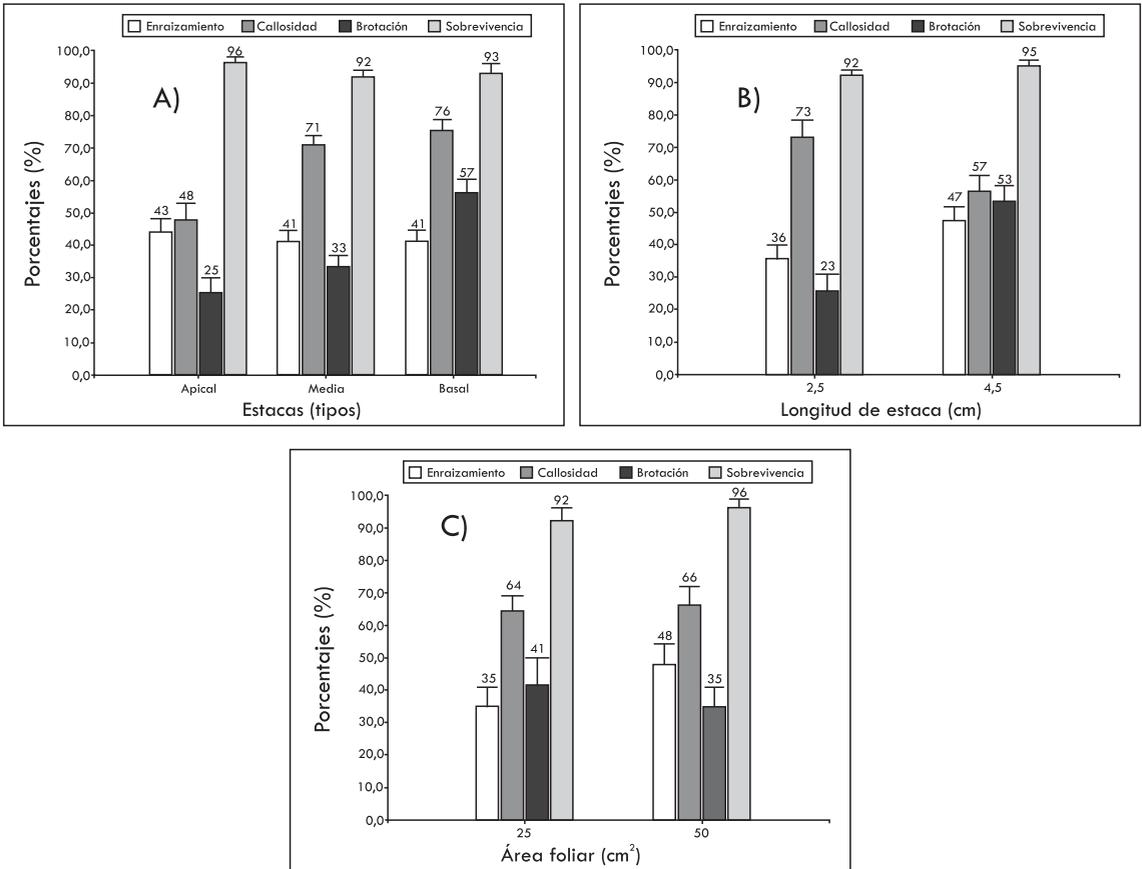


Figura 8. Porcentaje de enraizamiento, brotación, callosidad y sobrevivencia en función al tipo de estaca, longitud y área foliar de estacas juveniles de caoba.

Efecto de los tratamientos (interacción) en el porcentaje de enraizamiento de estacas juveniles de caoba

En general, en la figura 9 se observa que los tratamientos no influyeron significativamente ($p \leq 0,05$) en el porcentaje de

enraizamiento; sin embargo, el tratamiento 12 conformado por las estacas basales, de 50 cm² de área foliar y con 4,5 cm de longitud, permitieron alcanzar un porcentaje de enraizamiento de 57%, seguidos de los tratamientos 7 y 8 que no superaron el 53% respectivamente.

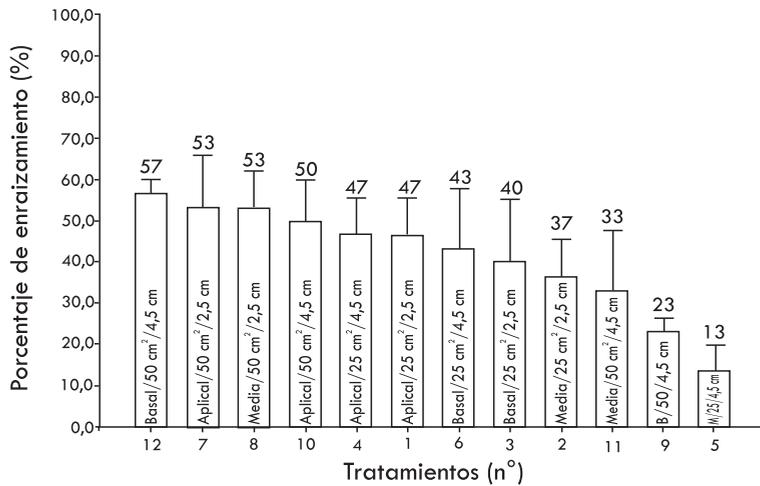


Figura 9. Efecto de los tratamientos en el porcentaje de enraizamiento de estacas juveniles de caoba.

Efecto del tipo de estaca, longitud y área foliar sobre el número de raíz y longitud de raíz de estacas juveniles de caoba

En la figura 10 se observa que la estaca no influyó significativamente en el número de raíz, sin embargo, la longitud de estaca de 4,5

cm fue significativamente ($p \leq 0,05$) superior que la estaca de 2,5 cm de longitud; no obstante, el área foliar de 50 cm² fue superior de forma significativa que el área foliar de 25 cm². Por lo que los mejores sustratos estarían conformados por la estaca apical, con 4,5 cm de longitud y 50 cm² de área foliar.

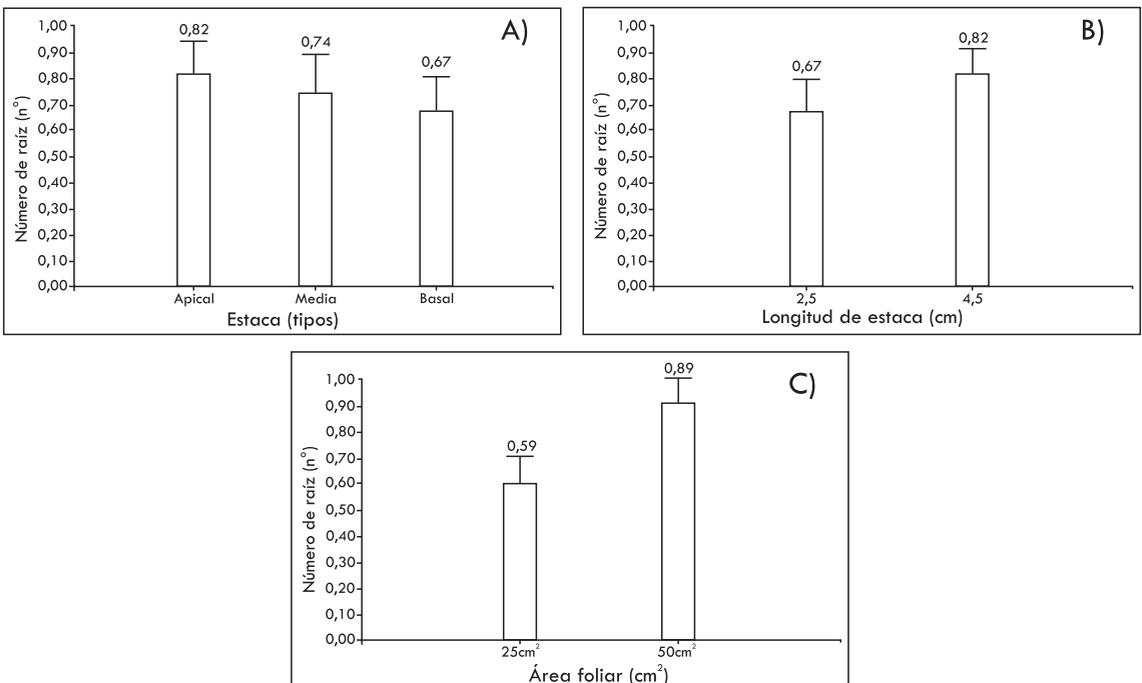


Figura 10. Efecto del tipo de estaca, longitud y área foliar en el número de raíz de estacas juveniles de caoba.

En la figura 11, los mejores tratamientos significativamente se reflejaron ($p \leq 0,05$)

con la estaca apical, con longitud de 4,5 cm y área foliar de 50 cm².

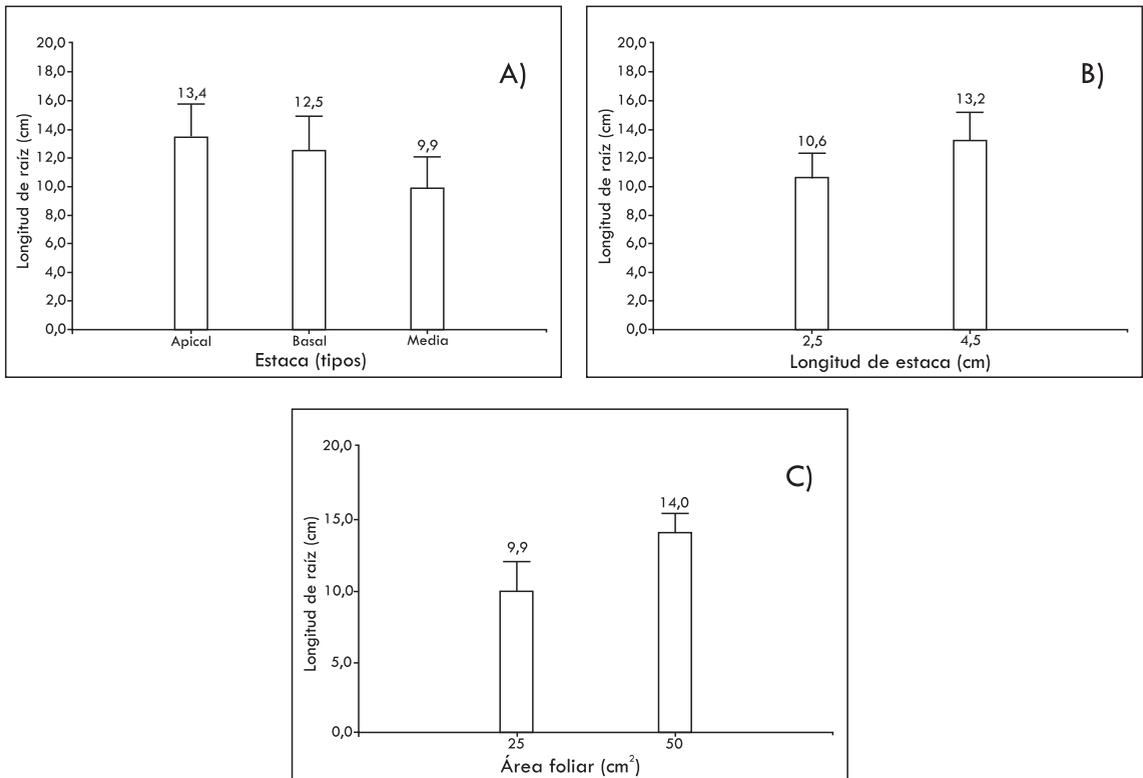


Figura 11. Efecto del tipo de estaca, longitud y área foliar en la longitud de raíz de estacas juveniles de caoba.

CONCLUSIONES

En el primer ensayo se determinó que la arena media y la dosis 3000 ppm de AIB influyeron significativamente en el porcentaje de enraizamiento de estacas juveniles de caoba pudiendo alcanzar un porcentaje de enraizamiento de 33%.

En el segundo ensayo se determinó que los mejores tratamientos conformados por la estaca basal, con longitud de 4,5 cm y área foliar de 50 cm² permitieron alcanzar el más alto porcentaje de enraizamiento (57%) en estacas juveniles de caoba.

La interacción de los factores sustrato y dosis hormonal influyen significativamente

en el porcentaje de callosidad, brotación y sobrevivencia, donde el porcentaje de callosidad y sobrevivencia presentó un mejor comportamiento con arena gruesa y brotación con arena fina.

La arena fina y media presentaron los mejores desarrollos de longitud de raíz, número de raíces y número de brotes. Asimismo, la dosis 1000 ppm de AIB fue la concentración que proporcionó mejor comportamiento en el número de callos, porcentaje de callosidad, brotación y sobrevivencia.

Para la propagación vegetativa de estacas juveniles de *Swietenia macrophylla* (caoba), se recomienda el uso de arena de

granulometría media y dosis de 3000 ppm de AIB; asimismo, deberán probarse dosis mayores y sustratos similares, accesibles y muy económicos.

Si se desea propagar exitosamente y obtener altos porcentajes de enraizamiento, se recomienda usar brotes juveniles selectos de *Swietenia macrophylla* (caoba), que hayan tenido manejo de fertilización y riego, empleando estaquilla basal, con longitud de 4,5 cm y 50 cm² de área foliar.

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su especial agradecimiento al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) y al Fondo para la Innovación, Ciencia y Tecnología por ser las entidades que brindaron el financiamiento para la ejecución del presente trabajo. Asimismo, agradecemos al ingeniero Manuel Soudre Zambrano, al doctor Dennis del Castillo Torres y al ingeniero Héctor Guerra Arévalo por su colaboración directa. Al ingeniero Jorge Espíritu Pezantes, por su valioso apoyo en la redacción del presente artículo científico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arostegui AV. 1982. Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de maderas. Proyecto PNUD/FAO/PER/81/002.

Benítez RF, Montesinos JL. 1988. Catálogo de cien especies forestales de Honduras: Distribución, propiedades y usos. Honduras, Escuela Nacional de Ciencias Forestales (Esnacifor). 216 pp.

Cortés A. 2001. El cedro y la caoba en Yucatán, México. Actualidad: *Revista Forestal Centroamericana* 36: 55-57.

Davison J. 1974. Reproduction of *Eucalyptus deglupta* by cuttings. *New Zeland Journal*

of Forestry Science 4(2): 191-203.

Díaz ERA, Salazar R, Mesen F. 1991. Enraizamiento de estacas juveniles de *Cedrela odorata* L. *Silvoenergía* n.º 51. 4 pp.

Hartmann HT, Kester D, Davies FT. 1992. Plant propagation. Principles and Practices. Fifth.

Leakey RRB, Mesen F, Tchoundjeu Z, Longman KA, Dick JMCP, Newton A, Matin A, Grace J, Munro RC, Mutoka PN. 1990. Low-technology techniques for the vegetative propagation of tropical trees. *Commonwealth Forestry Review* 69(3): 247-257.

Little EL Jr., Wadsworth FH. 1964. Common trees of Puerto Rico and the Virgin Islands. Agric. Handb. 249. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture. 548 pp.

Mesen F, Leakey RRB, Newton AC. 1992. Hacia el desarrollo de técnicas de silvicultura clonal para el pequeño finquero. Boletín informativo sobre recursos naturales renovables Catie: El Chasqui. N° 28: 6-18.

Mesen F, Leakey RRB, Newton AC. 1996. Propagadores en subirrigación: un sistema simple y económico para la propagación de estaquillas forestales. *En: Avances en la Producción de Semillas Forestales en América Latina. Memorias.* (Ed. Salazar, R.) Managua, Nicaragua. 101-110.

Poggiani F, Suiter Filho W. 1976. Importance of intermittent misting and the effect of hormone treatment on rooting of *Eucalyptus* cutting. *Forestry Abstracts* 37(1): 259.

Ríos J, Stern M, León F, Reátegui F. 2002.

Análisis del estado de conservación de la caoba (*Swietenia macrophylla*) en el Perú. Lima (Perú), WWF - Oficina Programa Perú. Vol. 1: Texto del informe. 99 pp.

Wright JW. 1964. Mejoramiento genético de los árboles forestales. FAO. Estudios de silvicultura y productos forestales n.º 16. 436 pp.