

## PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE MARUPA (*Simarouba amara* Aubl.) MEDIANTE ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS JUVENILES EN PROPAGADOR DE SUBIRRIGACIÓN

**Manuel SOUDRE<sup>1</sup>, Frank VIDAL<sup>2</sup>, Jorge MORI<sup>2</sup>, Hector GUERRA<sup>1</sup>, Francisco MESEN<sup>3</sup>, Fernando PEREZ<sup>2</sup>.**

- 1 Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, IIAP. Programa en Manejo Integral del Bosque y Servicios Ambientales (PROBOSQUES). Estación Experimental Ucayali. Carret. Federico Basadre Km. 12.400, Pucallpa, Perú. E-mails: msoudre@iiap.org.pe, torwhard@hotmail.com
- 2 Universidad Nacional de Ucayali, UNU. Facultad de Ciencias Forestales. Carret. Federico Basadre Km 6, Pucallpa, Perú. E-mails: frankdick7@hotmail.com; jmorivasquez@yahoo.es; fernandoperez@hotmail.com
- 3 Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. Turrialba, Costa Rica. Profesor Principal. E-mail: fmesen@catie.ac.cr

### RESUMEN

Con el propósito de conocer el efecto de la dosis de ácido indol-3-butírico AIB, tipos de sustratos y rasgos morfológicos del material vegetativo, en el enraizamiento de estacas juveniles (estaquillas) de marupa (*Simarouba amara* Aubl.), se realizaron tres experimentos consecutivos bajo condiciones ambientales de propagador de subirrigación; en el primer experimento, se usó cinco concentraciones de AIB (0, 1000, 3000, 5000 y 8000 ppm) y tres sustratos (arena fina, arena gruesa y grava fina), bajo un diseño de bloques completos al azar con parcelas divididas. En el segundo experimento, se utilizó 8000 ppm y grava fina como los más exitosos del primer experimento, además de tres tipos de estacas juveniles (apical, media y basal), dos áreas foliares (20 y 60 cm<sup>2</sup>) y dos longitudes de estaquillas (4 y 6 cm), bajo un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial. Finalmente, se realizó el tercer experimento donde se utilizó una dosis de 8000 ppm de AIB, estaquilla apical y media, 60 cm<sup>2</sup> de área foliar y estaquillas de 6 cm de longitud, y para optimizar el sustrato se comparó dos sustratos con las características granulométricas más similares a la grava fina (arena gruesa y *perlita agrícola*), aplicando un diseño de bloques completos al azar con parcelas divididas, cinco repeticiones y 12 estaquillas por unidad experimental. Se obtuvo un porcentaje de enraizamiento de 64%, número de raíces promedio por estaquilla (2.3) y longitud de raíz promedio por estaquilla (29 mm), usando estaquillas apicales o medias de marupa, de 4 a 6 cm de longitud, con 60 cm<sup>2</sup> de área foliar, aplicando 8000 ppm de AIB y puestas a enraizar en sustrato *perlita agrícola*, en condiciones ambientales de propagador de subirrigación. En orden descendente, tanto el tipo de sustrato, como el tipo de estaquilla y el área foliar de la estaquilla de marupa son los factores que más influyeron en todas las variables evaluadas. Se recomienda probar dosis mayores a 8000 ppm de AIB.

**PALABRAS CLAVES:** *Simarouba amara*, enraizamiento, estacas juveniles, área foliar y sustratos.

## VEGETATIVE PROPAGATION OF MARUPA (*Simarouba amara* Aubl.) BY ROOTING OF JUVENILE CUTTINGS IN A NON-MIST PROPAGATOR

### ABSTRACT

The effects of different concentration of indole butyric acid (IBA), substrates types, and morphological features of vegetative material were tested to know their effects on the rooting of juvenile stem (cuttings) of (*Simarouba amara* Aubl.), were investigated in three consecutive experiments using non-mist propagator. In Experiment 1, five concentrations of IBA (0, 1000, 3000, 5000 and 8000 ppm), and three substrates (fine sand, coarse sand, and fine gravel) were tested in a completely randomized block design with split plot. In Experiment 2, were used 8000 ppm of IBA and fine gravel as the most successful of the first experiment; and three types of cuttings (apical, middle and basal), two leaf areas, (20 and 60 cm<sup>2</sup>) and two lengths of cuttings (4 and 6 cm.) in a completely randomized block design with factorial arrangement. Finally, in Experiment 3, were using 8000 ppm of IBA, cuttings apical and middle, 60 cm<sup>2</sup> of leaf area and cuttings of 6 cm in length, and to optimize the substrate, compared two substrates with similar granulometric characteristics to fine gravel (coarse sand and *perlite agriculture*), using a completely randomized block design with split plots, five replications and 12 cuttings per plot. Was obtained a rooting percentage of 64%, number of roots average per cuttings (2.3) and root length average per cuttings (29 mm), using apical and middle cuttings of marupa, 4 to 6 cm long, with 60 cm<sup>2</sup> leaf area, 8000 ppm of IBA, in *perlite agricultural* and in environmental conditions non-mist propagator. In descending order, both the type of substrate, as the type of cuttings and leaf area of the cuttings of marupa are the factors that most influenced all variables. It recommends testing doses higher than 8000 ppm of IBA.

**KEYWORDS:** *Simarouba amara*, rooting, juvenile stem (cuttings), leaf area, substrates.

## INTRODUCCIÓN

Marupa (*Simarouba amara* Aubl.) es considerada una especie de alto valor por sus buenas características maderables, óptima trabajabilidad y múltiples usos (OIMT 1996; Gérard *et al.*, 2004; Bustamante, 2010). Su demanda maderable aumentó progresivamente en casi veinte veces en la última década (Ministerio de Agricultura, 2009). Es una especie forestal que está presente en gran parte de la Amazonía y Centroamérica, es pionera y es muy común encontrarla en bosques secundarios (Colán, 1995), se adapta a suelos arenosos limosos de buen drenaje (Reynel *et al.*, 2003), desde los más fértiles a moderadamente fértiles (Salazar & Pérez, 1997). Mostrándose como una especie promisoría para la reforestación en la Amazonía (Claussi *et al.*, 1992; información personal Chávez, 2011).

Sin embargo, la producción sostenible de semillas de marupa para futuros programas de reforestación es aún muy limitada, debido a su irregular fructificación y porque es una especie dioica, es decir, la producción de frutos solo es posible en árboles hembras (Aróstegui & Díaz, 1992; Reynel *et al.*, 2003); además sus semillas son recalcitrantes, perdiendo su viabilidad total en solo tres meses (Salazar & Pérez, 1997; Flores, 2004); también son atacadas por insectos y hongos (Vargas & Portocarrero, 1992). En consecuencia, la pequeña oferta de semillas de esta especie ha generado una marcada demanda insatisfecha en muchas regiones de la Amazonía peruana, llegando incluso a recoger las semillas caídas en el suelo de los bosques secundarios o extrayendo toda la regeneración natural existente, aunque sea un material que no presta las garantías de calidad suficientes.

Generalmente, las semillas de especie forestales comercialmente valiosas tienen gran demanda, pero si coincidentemente su disponibilidad es limitada y la propagación muy difícil; una importante alternativa podría ser la propagación vegetativa o asexual. La cual es posible ya que los órganos vegetativos de muchas plantas tienen la capacidad de reproducirse (Hartmann & Kester, 1996). En el pasado, varios trabajos intentaron propagar vegetativamente el marupa, principalmente utilizando estacas leñosas obtenidas de ramas de árboles maduros y diversas dosis hormonales, pero finalmente fue considerada como una especie con serias dificultades para su propagación vegetativa debido a su elevada mortandad y enraizamiento nulo (0%) (García-Villamán, 1974; Zanon-Mendiburu, 1975; Lipensky, 2010).

Motivado por esta problemática, el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), con apoyo financiero del Fondo para la Innovación

Ciencia y Tecnología (FINCyT) realizó un proyecto, en el marco del cual se propuso el objetivo de determinar la influencia de cinco dosis de ácido indol-3-butírico AIB, cuatro tipos de sustratos y los tres rasgos morfológicos del material vegetativo sobre el enraizamiento de estacas juveniles (estaquillas) de marupa, bajo condiciones ambientales de propagador de subirrigación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### AREA EXPERIMENTAL

Los tres experimentos se realizaron en los ambientes del vivero forestal del Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana (IIAP), en el km. 12.400 de la Carretera Federico Basadre, Pucallpa, Región Ucayali. Para las pruebas de enraizamiento de las estaquillas se utilizaron propagadores de subirrigación (Leakey *et al.*, 1990); definida como una cámara especialmente construida para colocar los sustratos y estaquillas en prueba, tiene una dimensión de 2.5 x 1.0 x 0.7 m, su estructura principal es de listonería de madera, que luego es forrada totalmente con polietileno transparente grueso (N° 10), evitando así la pérdida de humedad y facilitando la entrada de luz hacia las estaquillas.

Para disminuir la radiación directa del sol y los excesos de temperatura, se colocó sobre ellos una malla sarán de 80% de sombra, a dos metros desde la base del suelo, en estas condiciones, el propagador crea un ambiente interno de alta humedad que favorece al enraizamiento, de manera que requiere pocos cuidados adicionales, salvo en días muy calurosos donde se asperjó las hojas de las estaquillas, para ayudar a mantener el adecuado balance hídrico. Se realizaron mediciones de las condiciones ambientales al interior de los propagadores de subirrigación, durante el periodo de las tres experimentaciones, obteniendo las siguientes condiciones promedio 28.5 °C de temperatura, 76.4% de humedad relativa y 2,486 lux de luminosidad. Estos resultados, son coincidentes a lo indicado por Botti (1999), es decir, no sobrepasaron los 30 °C y la humedad relativa fue mayor de 60%, lo cual permite la hidratación o la minimización del déficit hídrico en las estaquillas.

### METODOLOGÍA

Las estaquillas utilizadas fueron obtenidas de rebrotes basales fisiológicamente juveniles, originados en el tallo o fuste de arbolitos de dos a tres años de edad. La inducción del rebrote se realizó mediante el corte de cada arbolito, a 30 cm de altura desde el suelo, un mes antes de la instalación de cada experimento. Cada

rebrote fue cortado y dimensionado en pequeños segmentos denominados estaquillas, definidos por los entrenudos. La preparación de estaquillas, del segundo y tercer experimento, siguió el mismo procedimiento del primer experimento, pero se tuvo en cuenta una longitud específica y un número de foliolos equivalente al área foliar requerida para cada tratamiento. Todos los rebrotes fueron colectados a primeras horas del día (5:30 a 8:30 am).

Las estaquillas fueron previamente desinfectadas en solución fúngica de oxiclورو de cobre (Cupravit) al 0.3% durante 15 minutos y luego oreadas durante 15 a 20 minutos más. Anticipadamente, la solución de AIB fue preparada disolviendo una cantidad específica de esta auxina pura en alcohol puro, con el fin de obtener la concentración deseada. La solución hormonal fue aplicada en la base de cada estaquilla mediante inmersión rápida (3 a 5 segundos) y luego se provocó la evaporación del alcohol a través de una corriente de aire durante 15 a 20 segundos, hasta que el alcohol se volatilice y quede adherida solamente la hormona. Las estaquillas se instalaron en los sustratos previamente colocados en el propagador de subirrigación. En el proceso de enraizamiento las estaquillas muertas y hojas caídas se retiraron a fin de evitar la posible proliferación de hongos sobre el sustrato.

Cada sustrato fue previamente lavado, secado, desinfectado con agua caliente y finalmente clasificados según su granulometría o grosor de partículas, esto se logró mediante el empleo de tamices de diferentes tamaños: N° 12 para obtener grava fina (2 - 5 mm), N° 20 para arena gruesa (1 - 2 mm) y tamiz N° 40 para obtener arena fina (0.1 - 0.2 mm); además se adquirió el sustrato de venta comercial denominado *perlita agrícola* que se caracteriza por ser muy liviano (0.1 g/cc) y de granulometría muy similar a la grava fina (1 - 5 mm), a fin de prever una posible sustitución de la grava fina en el ensayo y también en el largo plazo (en el caso que lograrse enraizamientos óptimos), debido a que este último sustrato es difícil de obtener en el proceso de tamizado, consecuentemente es muy escaso y costoso. Previamente, en el interior del propagador se colocó material lavado y desinfectado, en el siguiente orden, una primera capa de piedras grandes (6 - 10 cm), luego piedras pequeñas (3 - 6 cm), sobre este lecho se añadió 5 cm de espesor de los sustratos para el enraizamiento (arena fina, arena gruesa, gravilla fina o perlita). Posteriormente se vertió aproximadamente 80 litros de agua en el fondo del lecho de piedras hasta la base del sustrato, de manera que una vez cerrado el propagador, se creó un ambiente interior de alta humedad relativa.

## DISEÑO EXPERIMENTAL Y PROCESAMIENTO

En el *primer experimento*, se probaron cinco dosis de AIB (0, 1000, 3000, 5000 y 8000 ppm) y tres tipos de sustratos (arena fina, arena gruesa y grava fina), es decir, 15 tratamientos, con tres repeticiones y ocho estaquillas por unidad experimental. Se utilizó el diseño de bloques completamente al azar con parcelas divididas, donde las parcelas grandes correspondieron a los diferentes sustratos y las subparcelas a las diferentes dosis de AIB. Se utilizó un total de 360 estaquillas y el experimento tuvo una duración de 55 días.

El *segundo experimento*, fue establecido una vez concluido el primer experimento, se usó sustrato grava fina y 8000 ppm de AIB, por ser los mejores tratamientos del primer experimento. En este caso se evaluaron los efectos de tres tipos de estaquillas (apical, media y basal), dos longitudes (4 y 6 cm) y dos áreas foliares (20 y 60 cm<sup>2</sup>), derivando en 12 tratamientos, con tres repeticiones y ocho estaquillas por cada unidad experimental. Se utilizó el diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial 3 x 2 x 2. Se necesitó 288 estaquillas y el periodo del experimento fue de 48 días.

Finalmente, en el *tercer experimento* se usó 8000 ppm de AIB y estaquillas de 6 cm, con área foliar de 60 cm<sup>2</sup>, por haber sido los mejores tratamientos del segundo experimento. Se probó cuatro tratamientos que derivaron de los dos mejores tipos de estaquilla (apical y media) y para optimizar el sustrato se comparó dos sustratos con las características granulométricas más similares a la grava fina (arena gruesa y *perlita agrícola*), debido a que como se indicó la grava es un sustrato muy escaso y difícil de obtener. Se aplicó el diseño de bloques completos al azar con parcelas divididas, cinco repeticiones y 12 estaquillas por unidad experimental. Se requirió un total de 240 estacas, para un periodo de 30 días.

Con la información registrada se elaboró una base de datos en el software Microsoft Excel, determinando la capacidad de enraizamiento de las estaquillas de marupa, en términos del porcentaje de enraizamiento (%), número de raíces promedio por estaquilla (N°) y longitud de raíz promedio por estaquilla (mm); los valores promedios por unidad experimental de estas variables fueron analizadas mediante el procedimiento de Análisis de Varianza (ANOVA) y luego sometidos a la prueba de comparación de medias de Tukey ( $p < 0.05$ ) para determinar la naturaleza de las diferencias entre tratamientos. Previo al ANOVA, los datos de las variables expresadas en porcentaje fueron transformados mediante la función  $\arcsen \sqrt{\%}$ ; posteriormente, para su interpretación, los valores promedios fueron convertidos a las unidades originales. Se utilizó el software estadístico *InfoStat*.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

### EFFECTOS DE LA DOSIS DE AIB

El factor dosis de AIB presentó influencia altamente significativa ( $p < 0.001$ ) sobre el porcentaje de enraizamiento de estaquillas de marupa. La Figura 1 muestra que la aplicación de dosis crecientes hasta de 8000 ppm de AIB, en un primer experimento, mejoró el enraizamiento (19.4%), frente al resto de dosis menores. En otras especies forestales también se demostró que el uso de auxinas promovió el desarrollo de las raíces adventicias y se le atribuyó a una mejora en el transporte de carbohidratos a la base del corte (Hartmann *et al.*, 1990). Los metabolitos y otros cofactores de crecimiento se trasladan hacia las regiones tratadas con auxinas (Leakey *et al.*, 1982). Los efectos de contraste de adición de dosis hormonales de AIB han sido encontrados en diferentes especies forestales, donde solo con una dosis media (4000 ppm de AIB) fue el óptimo para el enraizamiento de *Triplochiton scleroxylon* (Leakey *et al.*, 1982); pero otras especies como *Khaya anthotheca* requieren dosis altas de AIB (8000 ppm) para obtener su mejor enraizamiento (83%) (Opuni-Frimpong *et al.*, 2008), e incluso hasta 10000 ppm para promover un 77% en el enraizamiento *Bursera fagaroides* (Bonfil *et al.*, 2007). No obstante, marupa solo produjo un 19,4% de enraizamiento con la dosis máxima probada, este porcentaje es bastante inferior a los casos indicados, pero no se descarta que la aplicación de dosis mayores a 8000 ppm hubieran tenido una respuesta mucho mayor en su enraizamiento; lamentablemente, no se probaron dosis mayores para confirmar este hecho. Es posible

que esta especie tenga muy bajo contenido de auxina endógena y siempre requerirá ser ayudada por dosis altas de fitohormona exógena. El contenido de auxina endógena en el momento del corte es particular a cada especie (Hartmann *et al.*, 1990).

La dosis de AIB influyó de manera altamente significativa ( $p < 0.001$ ) en la longitud de raíz promedio de estaquilla de marupa, comprobando también la relación positiva entre las dosis de AIB y la longitud de raíz promedio, donde con la dosis máxima de 8000 ppm de AIB se obtuvo 14.5 mm de longitud de raíz promedio; esta misma relación positiva también fue encontrada en *Stereospermum suaveolens* (Baul *et al.*, 2008).

Por último, la dosis de AIB también influyó significativamente ( $p < 0.05$ ) en el número de raíces promedio por estaquilla de marupa, con una alta relación positiva entre ambas. La misma tendencia fue observada en *Cordia alliodora*, después de 67 días de evaluación (Mesen, 1996). Otras investigaciones en árboles tropicales como *Prunus africana* (Tchoundjeu *et al.*, 2002), *Milicia excelsa* (Ofori *et al.*, 1996) y *teutona grandis* (Husen & Pal, 2006), tuvieron similar influencia.

El número de raíces producidas es altamente influenciado por la habilidad de la estaquilla a suplir carbohidratos, ya sea de reserva o producido mediante fotosíntesis, al área donde surgen las raíces (Veierskov & Andersen, 1982). En consecuencia, queda demostrado que la aplicación exógena de auxinas en la base de estaquillas tuvo un impacto significativamente positivo en el porcentaje de enraizamiento, longitud de raíz y en el número de raíces por estaquilla.

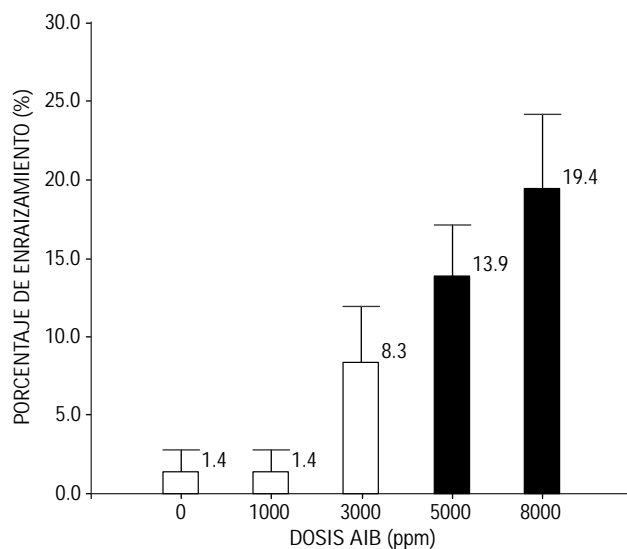


Figura 1. Influencia de la dosis hormonal de AIB sobre el porcentaje de enraizamiento de estaquillas de marupa *Simarouba amara*, después de 55 días de instalación en propagador de subirrigación (primer experimento).

## EFFECTOS DEL TIPO DE SUSTRATO

El análisis de varianza confirmó la influencia altamente significativas ( $p < 0.001$ ) de la interacción *tipo de sustrato\*tipo de estaquilla* sobre el porcentaje de enraizamiento de estaquillas de marupa, por lo tanto, tanto el tipo de sustrato, como el tipo de estaquilla afectan de igual forma en su enraizamiento. Al respecto, la Tabla 1 muestra el detalle de esta interacción, donde el máximo porcentaje de enraizamiento de estaquillas de marupa (64%) solo puede ser obtenido usando estaquillas tipo apical ó media en sustrato del tipo *perlita agrícola*, superando ampliamente a los resultados obtenidos tanto en el primer, como en el segundo experimento. Es posible que la mejor retención de humedad proporcionada por la higroscopia de las partículas de perlita agrícola favoreciera la humedad adecuada sin que se llegue a la saturación. Una tasa de difusión de oxígeno adecuado para las necesidades de respiración y una capacidad adecuada de retención de humedad, es lo más apropiado en un sustrato de enraizamiento (Andersen, 1986).

Del mismo modo, se determinó que la misma interacción (*tipo de sustrato\*tipo de estaquilla*) influyó de manera altamente significativa ( $p < 0.001$ ) sobre la longitud de raíz promedio de estaquillas de marupa. Pero en este caso, solo la estaquilla del tipo apical con el sustrato *perlita agrícola*, obtuvieron la mejor longitud de raíces promedio (29 mm) registrada en todos los experimentos. Estaquillas de dos especies del género *Khaya* propagadas en *perlita agrícola* también lograron alcanzar, tanto el mayor número, como la mayor longitud de raíces (Opuni-Frimpong *et al.*, 2008). Por lo tanto, queda demostrado que la utilización de estaquillas apicales en sustrato perlita agrícola favorecerá ampliamente en la longitud de las raíces, llegando a incrementarse hasta en un 870%, posiblemente motivado porque la *perlita agrícola* está constituida de partículas mucho más livianas (menos densas) que las partículas de la gravilla fina, lo cual le permitió que las raíces desarrolladas en *perlita agrícola* tengan una menor resistencia a la elongación radicular.

Finalmente, se logró comprobar la influencia altamente significativa ( $p < 0.001$ ) del sustrato sobre el número de raíces promedio por estaquilla. Con sustrato *perlita agrícola* se obtuvo un importante progreso en el mayor número de raíces promedio por estaquilla (2.26), es decir, tres veces más frente a lo obtenido en la arena gruesa (0.70); así como casi ocho veces más (0.27) en comparación al mejor resultado obtenido en el primer ensayo. Posiblemente, promovido por una adecuada aireación y retención de agua en el sustrato (Hartmann & Kester, 1996). En contraste, el menor número de raíces por estaquilla

obtenido en el sustrato de tipo arena fina (primer experimento), se habría limitado por el excesivo contenido de humedad y poca aireación. Por ejemplo, en *Cordia alliodora* el contenido excesivo de agua en sustrato del tipo aserrín, fue identificado como el factor responsable en la reducción del número de raíces por estaquilla (Mesen, 1996). En consecuencia, *perlita agrícola* es un sustrato con adecuado balance agua-aire y evidentemente su respuesta se ve reflejada en el óptimo porcentaje de enraizamiento, longitud y número de raíces en estaquillas de marupa. Adicionalmente, *perlita agrícola* podría ser un sustrato alternativo de probada eficiencia para el enraizamiento por su buena retención de la humedad, livianes y efectiva aireación, siendo muy disponible, aséptico y económico (Caballero & Del Río, 1998).

## EFFECTOS DEL AREA FOLIAR DE LA ESTAQUILLA

Del mismo modo que el caso anterior, se determinó la influencia altamente significativa ( $p < 0.001$ ) del área foliar sobre casi todas las variables evaluadas (porcentaje de enraizamiento, número y longitud de raíz promedio en estaquillas de marupa). El área foliar de 60 cm<sup>2</sup> favoreció de manera significativa en el porcentaje de enraizamiento en un 12.7%, frente al área foliar de 20 cm<sup>2</sup> (1.4%); aunque obviamente su efecto fue definitivamente mucho menor al que genero la interacción *perlita agrícola\*estaquilla apical* (64%). Esto es corroborado por Opuni-Frimpong *et al.* (2008), quienes también encontraron una relación positiva entre el porcentaje de enraizamiento y el área foliar de estacas juveniles de *Khaya ivorensis* y *Khaya anthotheca*. La influencia del área foliar en el enraizamiento de estaquillas ha sido reportada en un número importante de árboles tropicales (Tchoundjeu *et al.*, 2002; Ofori *et al.*, 1996; Leakey *et al.*, 1982), un porcentaje de enraizamiento significativamente menor se obtuvo con áreas menores a 10 cm<sup>2</sup>. En tanto, la presencia de hojas y yemas son poderosos productores de auxinas y los efectos se observan directamente debajo de ellas, ya que existe un transporte polar, del ápice a la base (Hartmann & Kester, 1996).

En cuanto al número y longitud de raíz promedio de estaquillas de marupa, la relación también fue positiva respecto al área foliar, es decir, siempre las áreas foliares máximas (60 cm<sup>2</sup>) obtuvieron los mejores resultados en número (0.29) y longitud de raíz (3.31 mm), frente a las de menor área foliar (20 cm<sup>2</sup>), incluso, se observó que las estaquillas sin hojas que lograron sobrevivir inicialmente durante los experimentos, pero finalmente no enraizaron y por último murieron. Las hojas son fuentes de asimilados, auxinas y otras sustancias vitales para la generación de

raíces, por lo que sería conveniente probar con áreas foliares más grandes, con la posibilidad de incrementar el número de raíces. Cabe destacar, que la longitud de raíz promedio en estaquillas con área foliar de 60 cm<sup>2</sup> fue casi veinte veces mayor (3.31 mm), respecto a los 0.16 mm de longitud de raíz promedio obtenido en estaquillas con 20 cm<sup>2</sup> de área foliar. Sin embargo, fue mucho menor a lo obtenido en la interacción *estaquilla apical\*perlita agrícola* (29 mm). Una tendencia similar también se presentó en *Khaya ivorensis*, pues se obtuvo 15 cm de raíz promedio con un área foliar de 50 cm<sup>2</sup>, en comparación al de área foliar de 10 cm<sup>2</sup> que sólo obtuvo 7 cm; y con *Khaya anthotheca* que con 50 y 10 cm<sup>2</sup> de área foliar, se obtuvo 15.8 y 7.8 cm de longitud de raíz promedio,

respectivamente. Otros estudios también probaron que con mayores áreas foliares el elongamiento de las raíces es mejor (Opuni-Frimpong *et al.*, 2008). Pero solo es necesario usar una superficie foliar mínima que asegure la fotosíntesis y satisfaga las necesidades del desarrollo integral (número y longitud de raíz) del sistema radical de marupa. La importancia de la hoja sugiere que una función fisiológica de esta sería estimular el enraizamiento (Leakey *et al.*, 1982). En consecuencia, se puede afirmar que la presencia de un mínimo de 60 cm<sup>2</sup> de área foliar sería lo más apropiado para fomentar un importante porcentaje de enraizamiento y desarrollo radicular de estaquillas de marupa.

Tabla 1. Prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) para el porcentaje de enraizamiento de estaquillas de marupa *Simarouba amara* por efecto de la interacción *tipo de estaquilla\*tipo de sustrato*, después de 30 días de la instalación en propagador de subirrigación (tercer experimento).

ESTAQUILLA (TIPO)	SUSTRATO (TIPO)	ENRAIZAMIENTO (%)	SIGNIFICANCIA
Apical	Perlita agrícola	63.9	A
Media	Perlita agrícola	58.3	A
Media	Arena gruesa	28.3	B
Apical	Arena gruesa	19.6	C

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ )

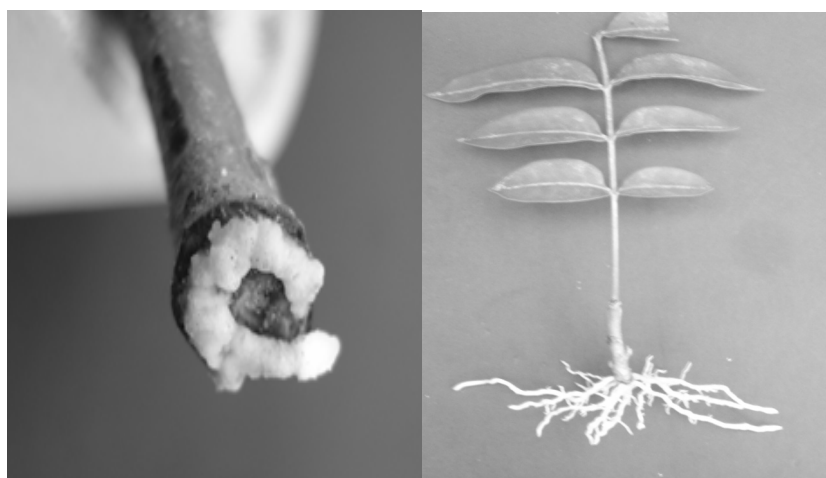


Figura 2. Inicio de la emisión de raíz en la base de la estaquilla. Enraizamiento óptimo de estaquilla de marupa *Simarouba amara* en sustrato *perlita agrícola*, a los 30 días.

Tabla 2. Análisis de Varianza (ANOVA) para el porcentaje de enraizamiento de estaquillas de marupa *Simarouba amara* en propagador de subirrigación (tercer experimento).

F. V.	SC	GL	CM	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	0.01	2	0.01	18.64	0.0094
Tipo de estaquilla	1.5E-03	1	1.5E-03	4.46	0.1022
Tipo de sustrato	0.45	1	0.45	1334.5	0.0001
Bloque*Tipo de sustrato	3.7E-03	2	1.9E-03	5.52	0.0707
Tipo de estaquilla*Tipo de sustrato	0.02	1	0.02	55.79	0.0017**
Error experimental	1.4E-03	4	3.4E-04		
TOTAL		11			

C.V. = 26.1% / NS = no significativo; \* = significativo; \*\* = altamente significativo /  $p < 0.05$ .

## CONCLUSIONES

Se comprobó que las estaquillas de marupa del tipo apical o media, en intervalo de 4 a 6 cm de longitud, 60 cm<sup>2</sup> de área foliar, 8000 ppm de AIB e instaladas en sustrato *perlita agrícola* bajo condiciones ambientales del propagador de subirrigación, habrían influido destacablemente en el porcentaje de enraizamiento (64%), número de raíces promedio por estaquilla (2.3) y longitud de raíz promedio por estaquilla (29 mm). En orden descendente, tanto el tipo de sustrato, como el tipo de estaquilla y el área foliar de la estaquilla de marupa son los factores que más influyeron en todas las variables evaluadas. Se recomienda probar dosis mayores a 8000 ppm de AIB y obtener estaquillas de rebrotes más jóvenes (menos de un mes).

## AGRADECIMIENTOS

Al Fondo para la Innovación Ciencia y Tecnología (FINCyT) por el decidido apoyo financiero, a través del proyecto “Desarrollo tecnológico apropiado para la propagación vegetativa de especies maderables - PROVEFOR- (Contrato N° 013-PIBAP-FINCYT-IIAP-2007), ejecutado por el IIAP. Con especial gratitud al equipo técnico y logístico conformado por Wilson Guerra, Rony Ríos, Joel Saboya, Marcos Flores, Leisy Mueras, Germán Rafael, Harold Garate y Oscar Paredes. Por sus valiosas orientaciones a los Dres. Ángel Salazar y Carmen Rosa García.

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

Andersen, A. 1986. Stockplant conditions. *In*: Jackson, M.B. (Ed.), *New Root Formation in Plant and Cuttings*. Martines Njihoff, Dordrecht, pp. 223–255

- Arostegui, A.; Díaz, M. 1992. Propagación de especies forestales nativas promisorias en Jenaro Herrera. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Centro de Investigaciones de Jenaro Herrera. Iquitos, Perú. 119 p.
- Baul, T.; Mezbahuddin, M.; Mohiuddin, M. 2008. Vegetative propagation and initial growth performance of *Stereospermum suaveolens* DC, a wild tropical tree species of medicinal value. *New Forests* (2009) 37:275–283.
- Bonfil, C.; Mendoza, P.; Ulloa, J. 2007. Enraizamiento y formación de callos en estacas de siete especies del género *Bursera*. *Texcoco*. México. *Agrociencia*. 41 (1):103-109.
- Botti, C. 1999. Principios de la propagación y técnicas de propagación por estacas. *In*: Manejo tecnificado de invernaderos y propagación de plantas. Departamento de Producción Agrícola. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Santiago, Chile. p 72-82.
- Bustamante, N. 2010. Estudio de trabajabilidad de la madera de cuatro especies procedentes de plantaciones en la región Ucayali. Subproyecto. INIA. UNALM. ICRAF. INCAGRO. La Molina, Perú. 48 p.
- Caballero, J.; Del río, C. 1998. Métodos de multiplicación. *In*: El cultivo del Olivo. Barranco, D; Fernández-Escobar, R (eds). Madrid, España. pp: 89-113
- Claussi, A.; Marmillod, D.; Blaser, J. 1992. Descripción Silvicultural de las Plantaciones Forestales de Jenaro Herrera. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. CIJH. Iquitos, Perú. 334 p.

- Colán, V. 1995. Ecología de frutos y semillas de seis especies maderables en un bosque húmedo tropical secundario en Costa Rica y posibilidades de conversión del rodal en fuente semillera. Tesis Mg. Sc. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 80 p.
- Flores, Y. 2004. Guía para el reconocimiento de regeneración natural de especies forestales de la región Ucayali. INIA. EEP. Pucallpa, Perú. 80 p.
- García-Villamán, J. 1974. Enraizado de estacas de seis especies forestales, con tres niveles de ácido indolbutírico. Thesis Mg. Sc. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA (IICA), Centro Tropical de la Enseñanza e Investigación (CTEI), Dep. Ciencias Forestales, Turrialba, Costa Rica. 40 p.
- Gérard, J.; Beauchéne, J.; Fouquet, D.; Guibal, D.; Langbour, P.; Thévenon, M.; Thibaut, A.; Vernay, M.; Daigremont, C. 2004. Caractéristiques technologiques de 245 essences tropicales et tempérées. Programme Bois de Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique (CIRAD), Pour le Développement, Département Forêts. Montpellier, France.
- Hartmann, H.; Kester, D. 1996. Propagación de plantas: principios y prácticas. Editorial Continental S.A. México. 814 p.