

PROPAGACIÓN VEGETATIVA DEL SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.) MEDIANTE ENRAIZAMIENTO DE ESTACAS JUVENILES EN CÁMARAS DE SUBIRRIGACIÓN EN LA AMAZONIA PERUANA

Danter CACHIQUE¹, Ángel RODRIGUEZ¹, Henry RUIZ-SOLSOL¹, Geomar VALLEJOS¹, Reynaldo SOLIS¹

¹ Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). Programa de Investigación en Manejo Integral del Bosque y Servicios Ambientales (PROBOSQUES). San Martín, Perú. E-mail: dcachique@gmail.com

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló con la finalidad de optimizar una metodología de propagación vegetativa de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) a través del enraizamiento de estacas juveniles en cámaras de subirrigación. El estudio se realizó en 2 ensayos consecutivos en el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, IIAP-San Martín. En el primer ensayo se probaron 2 tipos de sustratos y 5 dosis de ácido indolbutírico para la inducción de enraizamiento y en el segundo ensayo se evaluó 3 longitudes de estacas y 4 áreas foliares. Se logró el enraizamiento de estacas juveniles de sachá inchi en cámaras de subirrigación empleando arena de textura media como sustrato con aplicación de 0.2% de ácido indolbutírico como inductor hormonal y el uso de estacas basales o intermedias de 8 cm de longitud con áreas foliares de 50 y 100 cm². El enraizamiento de estacas juveniles nos permitirá disponer de plantones con uniformidad genética y contribuirá al aprovechamiento sostenible de genotipos seleccionados por su aptitud agroindustrial.

PALABRAS CLAVE: *Plukenetia volubilis*, estacas juveniles, enraizamiento, sustrato, ácido indolbutírico.

VEGETATIVE PROPAGATION OF SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.) BY ROOTING OF JUVENILE CUTTINGS IN SUB-IRRIGATED CHAMBER IN THE PERUVIAN AMAZON

ABSTRACT

This study was developed to optimize vegetative propagation methods for sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) by rooting juvenile cuttings in a sub-irrigated chamber. The study was conducted in 2 consecutive trials at IIAP - San Martín. In the first trial we tested 2 types of substrate and 5 doses of indol butyric acid to induce rooting and in the second trial we tested 3 cutting lengths and 4 leaf areas. The rooting of juvenile cuttings in sub-irrigated chamber was achieved using sand of medium particle size as a substrate with an application of 0.2% indol butyric acid and basal or intermediate cuttings 8 cm long with leaf areas of 50 and 100 cm². The rooting of juvenile cuttings will provide plants with genetic uniformity and contribute to the sustainable use of genotypes selected for agricultural use.

KEYWORDS: *Plukenetia volubilis*, juvenile cuttings, rooting, substrate, indolbutyric acid.

INTRODUCCIÓN

El sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) es un nuevo cultivo oleaginoso incorporado en la actividad agrícola del hombre amazónico. Tiene un alto potencial de rendimiento económico para reemplazar a los cultivos ilícitos y viene ganando importancia en el mercado nacional e internacional debido a sus beneficios alimenticios y nutraceuticos. El aceite extraído de las almendras contiene elevadas concentraciones de proteínas, ácidos grasos esenciales y vitamina E en cantidades significativamente mayores que otras semillas de oleaginosas como el maní, palma, soya, colza y girasol (Hamaker *et al.*, 1992).

La propagación vegetativa permite mantener el genotipo intacto y asegurar la conservación de germoplasma valioso, además de multiplicar genotipos superiores y aumentar la ganancia genética en periodos muy cortos al utilizar tanto los componentes aditivos como los no aditivos de la varianza genética total (Zobel & Talbert, 1988). El éxito de la propagación vegetativa a través del enraizamiento de estacas juveniles en cámaras de subirrigación depende de la minimización del déficit hídrico, optimización de la fotosíntesis así como del empleo de sustratos adecuados y reguladores de crecimiento que favorezcan la formación y desarrollo de raíces (Leakey *et al.*, 1990; Mesén, 1993).

Actualmente la propagación de sachá inchi es por semillas botánicas y al ser éste una especie alogama su descendencia es heterogénea y no reúne las mismas características genéticas que los progenitores ocasionando la pérdida de materiales genéticos promisorios (Cachique, 2006). El desarrollo de tecnologías de propagación vegetativa de sachá inchi que permita clonar de manera eficiente genotipos seleccionados que tengan tolerancia a plagas y enfermedades, alta productividad y altos niveles de aceite optimizará el aprovechamiento de plantas seleccionadas por su aptitud agroindustrial.

La presente investigación se realizó con el objetivo de optimizar una metodología de propagación de sachá inchi a través del enraizamiento de estacas juveniles en cámaras de subirrigación.

MATERIAL Y MÉTODO

Los ensayos del presente estudio se realizaron en el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) – en la ciudad de Tarapoto, San Martín.

El enraizamiento de estacas juveniles se realizó empleando cámaras de subirrigación, propagador basado en el diseño de Howland (Leakey *et al.*, 1990). El material vegetativo se obtuvo de plantas madres

superiores con características fenotípicas de alto rendimiento en grano seco, alto contenido de aceite y tolerancia al complejo nemátodo-hongo.

En el primer ensayo se probaron 2 tipos de sustratos (arena de textura media y grava de textura fina) y 5 dosis de ácido indolbutírico (0.0, 0.1, 0.2, 0.4 y 0.8%) para la inducción de enraizamiento. Las estacas juveniles se obtuvieron de brotes vigorosos de 30 a 50 cm de longitud colectados en las primeras horas del día. Se aplicó 10 µl de solución de ácido indolbutírico en la base de las estacas con la ayuda de una micropipeta y estas fueron colocadas sobre el sustrato respectivo dentro de la cámara de sub irrigación en hoyos de aproximadamente 2 cm de profundidad, a un espaciamiento entre estacas de 10 x 10 cm.

Se utilizó un diseño completamente al azar en parcelas divididas conformado por 10 tratamientos, 4 repeticiones y 12 estaquillas por unidad experimental. La parcela grande correspondía a los sustratos donde se instaló 60 estacas en posición basal y la parcela pequeña a las dosis de ácido indolbutírico con 12 estacas, haciendo un total de 120 estacas por cada cámara de sub irrigación y 480 estacas en las cuatro cámaras.

El segundo ensayo fue realizado 1 mes después y se evaluó 3 longitudes de estacas (4, 6 y 8 cm) y 4 áreas foliares (0, 25, 50 y 100 cm²). Para obtener las diferentes áreas foliares en las estacas se dibujó el contorno de la hoja en papel milimetrado y se determinó el área mediante conteo de cuadros. Las estacas fueron tratadas con una solución de 0.2% de ácido indolbutírico antes de colocarlas dentro de los propagadores. La dosis de ácido indolbutírico y el sustrato fueron elegidos de acuerdo a los resultados del primer ensayo. En este caso, se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial con 12 tratamientos, 3 repeticiones y unidades experimentales de 9 estacas, empleándose en el ensayo un total de 324 estacas.

Las cámaras de subirrigación fueron protegidas con una malla de 80 % de sombra colocada a dos metros del suelo para regular la temperatura y el paso de la radiación solar. La humedad relativa promedio al interior de las cámaras de subirrigación fue 89.14% y la temperatura promedio del aire fue 27.12 °C.

La evaluación se realizó 14 días después de la siembra de las estacas juveniles en la cámara de sub irrigación. Los datos fueron analizados mediante el análisis de varianza y sometidos a la prueba de Tukey ($p < 0,05$) para determinar la naturaleza de las diferencias entre tratamientos. Previo al análisis, los datos de porcentaje fueron transformados mediante la fórmula $\arcsen \sqrt{\%}$ y los datos de conteo transformados mediante la fórmula $\sqrt{x+1}$ (Snedecor & Cochran, 1980).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

EFFECTOS DE LOS SUSTRATOS Y LA DOSIS DE AIB

Los factores más importantes asociados al enraizamiento en un determinado sustrato son la aireación, buen drenaje, facilidad de esterilización y soporte adecuado de las estacas (Hartmann *et al.*, 1997; Gutiérrez *et al.*, 2004).

De acuerdo a la prueba de Tukey realizada no hay diferencias significativas entre ambos sustratos para el porcentaje de enraizamiento pero numéricamente la arena de textura media fue superior a la grava de textura fina. Las raíces de menor longitud se desarrollaron en la arena de textura media pero este sustrato favoreció el desarrollo de un mayor número de raíces y el porcentaje de mortalidad fue menor (Tabla 1).

En el proceso de enraizamiento de estacas juveniles de sachá inchi la arena de textura media permite mayor aireación, mejor drenaje y proporciona el soporte adecuado a las estacas en comparación con la grava de textura media, resultados que concuerdan con lo expuesto por Wrigth (1964) quien menciona que la arena como sustrato para el enraizamiento es mejor que la grava, posiblemente por el mejor balance entre aireación y humedad de las partículas de arena.

El propósito de tratar las estacas con reguladores de crecimiento es aumentar el porcentaje de enraizamiento, reducir el tiempo de iniciación de raíces y mejorar la calidad del sistema radical formado. El ácido indolbutírico es una auxina efectiva para promover el enraizamiento de estacas en un gran número de especies (Hartmann *et al.*, 1997). La capacidad de enraizamiento de estacas de sachá inchi es mayor al aumentar la dosis de ácido indolbutírico hasta alcanzar un óptimo de 0.2%, a partir del cual cualquier aumento en dosis de ácido indolbutírico resulta por el contrario en una disminución del porcentaje de enraizamiento debido a los efectos tóxicos de la sobredosis (Tabla 2). Este comportamiento ha sido observado en otras especies tropicales (Hartmann *et al.*, 1997; Mesén, 1998).

El número de raíces producidos es altamente influenciado por la habilidad de la estaca de proveer carbohidratos, ya sea de reserva o producidos mediante fotosíntesis, al área donde surgen las raíces (Lovell & White, 1986; Moe & Andersen, 1988). En el enraizamiento de estacas juveniles de sachá inchi el número y longitud de raíces presentan una relación directamente proporcional con la dosis de ácido indolbutírico, obteniéndose el mayor número y mayor longitud de raíces al emplear 0.8% de ácido indolbutírico pero esta dosis de ácido indolbutírico presenta un porcentaje de mortalidad superior al resto de los tratamientos (Tabla 2).

La respuesta de las estacas juveniles de sachá inchi a la inducción del enraizamiento evidencia que 0.2% de ácido indolbutírico permitió obtener mayor porcentaje de enraizamiento, buen desarrollo radicular y menor porcentaje de mortalidad, resultados congruentes con los obtenidos por Ruiz & Mesén (2010) quienes indican que es posible propagar sachá inchi mediante estacas enraizadas empleando entre 0.15% y 0.20% de ácido indolbutírico. Esta misma concentración de ácido indolbutírico favoreció el enraizamiento de otras especies tropicales: *Cedrela odorata*, *Gmelina arborea* y *Swietenia macrophylla* (Mesén, 1998).

EFFECTOS DE LA LONGITUD Y ÁREA FOLIAR DE LAS ESTACAS

En el segundo ensayo se buscó determinar la longitud y área foliar de las estacas adecuadas en el enraizamiento. De acuerdo a los resultados mostrados en el primer ensayo se seleccionó la arena como sustrato y 0.2% de ácido indolbutírico como inductor hormonal.

El uso de estacas de sachá inchi de 8 cm permitió obtener un mayor porcentaje de enraizamiento y un mejor desarrollo radicular y resultó estadísticamente superior a longitudes de estaca de 4 y 6 cm (Tabla 3), este resultado se debe a que las estacas grandes, con una gran capacidad de almacenar carbohidratos, son capaces de soportar un gran número de raíces (Mesén, 1993), un factor que puede explicar la relación entre la longitud de estaca y el número de raíces. No se recomienda utilizar estacas demasiado cortas porque la hoja queda en contacto permanente con el sustrato, lo cual puede favorecer la pudrición de la hoja (Mesén, 1998).

A medida que incrementa la longitud de estaca de sachá inchi incrementa el porcentaje de enraizamiento, el número y la longitud de las raíces, este fenómeno se observó en otras especies tropicales y es debido a que existe una longitud de estacas óptima que influye en el proceso de enraizamiento originado por un equilibrio en el contenido hídrico y de AIB de las estacas, además de la mayor capacidad de almacenaje de productos fotosintéticos (Leakey & Mohammed, 1985).

La estaca debe conservar parte de la hoja, por ser esta, la fuente de asimilados, auxinas y otras sustancias vitales para el enraizamiento. Sin embargo, la hoja también proporciona una amplia superficie para la pérdida de agua por transpiración. Por estas razones la hoja debe cortarse a un tamaño tal que se logre el mejor balance entre las desventajas de la transpiración y las ventajas de la fotosíntesis (Mesén, 1998).

El área foliar adecuada varía para cada especie y en el caso de sachá inchi se obtuvieron buenos resultados

con áreas de 50 y 100 cm², con altos porcentajes de enraizamiento, mayor número y longitud de raíces y con ausencia de mortalidad de las estacas (Figura 1). La mejor respuesta a la inducción de enraizamiento de estacas de sachá inchi con mayor área foliar se debe a la mayor producción fotosintética de las hojas.

A medida que disminuye el área foliar disminuye también el número y longitud de raíces, observándose que las estacas que carecen de área foliar presentaron un bajo porcentaje de enraizamiento, un pobre desarrollo radicular y mayor porcentaje de mortalidad (Tabla 4) evidenciando la necesidad de emplear

estacas con hojas en el proceso de inducción de enraizamiento de estacas juveniles de sachá inchi.

Estudios realizados para evaluar el tipo de estaca juvenil empleado en la propagación de sachá inchi reportan que las estacas basales e intermedias tienen un mejor comportamiento y que el número de raíces emitidas y la capacidad de reiniciación del crecimiento de la parte aérea son influenciados por la cantidad de reserva presentes en la estaca y la cantidad de asimilados producidos por las hojas (Ruiz & Mesén, 2010).

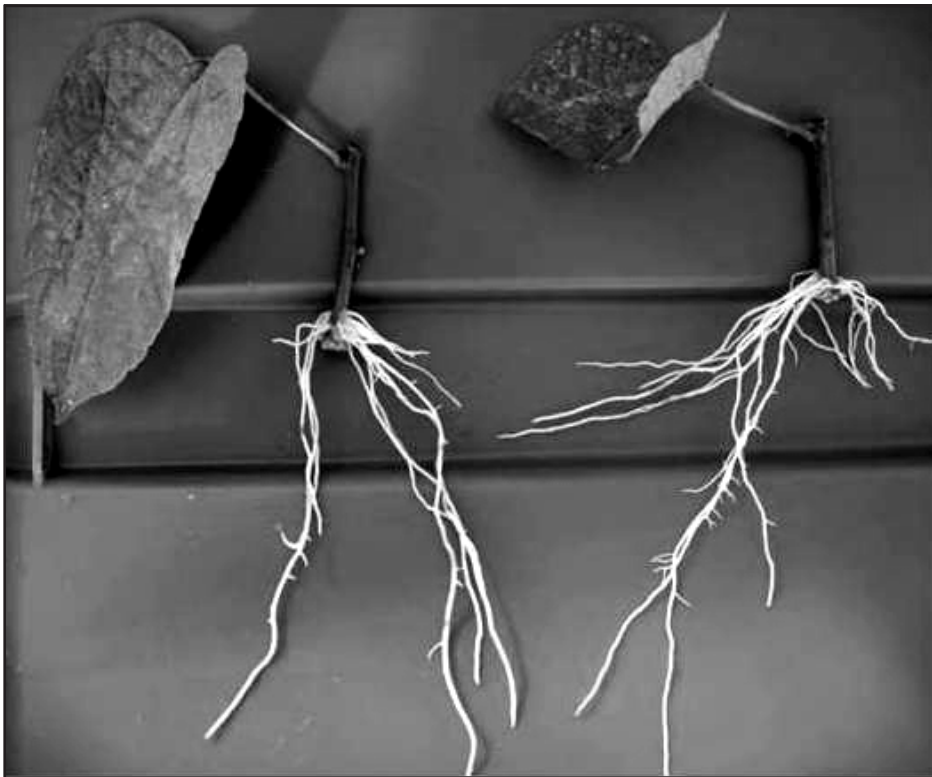


Figura 1. Estacas juveniles de sachá inchi *Plukenetia volubilis* de 8 cm. de longitud y con 100 y 50 cm² de área foliar enraizadas en arena de textura media y con 0.2% de ácido indolbutírico.

Tabla 1. Efecto de diferentes sustratos en el enraizamiento de estacas juveniles de sachá inchi *Plukenetia volubilis*.

DOSIS DE AIB (%)	ENRAIZAMIENTO (%)	RAÍCES (Nº)	LONGITUD DE RAÍZ (cm)	MORTALIDAD (%)
Arena	65,83 a	12,1 a	4,78 b	6,67 b
Grava	62,50 a	7,39 b	8,53 a	15,80 a

*Medias con diferentes letras en una misma columna difieren estadísticamente según la Prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Tabla 2. Efecto de diferentes dosis de ácido indol butírico (AIB) en el enraizamiento de estacas juveniles de sachá inchi *Plukenetia volubilis*.

SUSTRATO	ENRAIZAMIENTO (%)	RAÍCES (Nº)	LONGITUD DE RAÍZ (cm)	MORTALIDAD (%)
0	21.87 c	2.48 c	4.30 b	4.17 c
0.1	67.70 b	4.11 c	5.47 b	8.37 b
0.2	89.58 a	11.17 b	6.20 b	3.13 c
0.4	76.04 ab	9.73 b	6.40 b	9.37 b
0.8	65.62 b	21.24 a	10.82 a	31.25 a

*Medias con diferentes letras en una misma columna difieren estadísticamente según la Prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Tabla 3. Efecto de diferentes longitudes de estaca en el enraizamiento de estacas juveniles de sachá inchi *Plukenetia volubilis*.

LONGITUD DE ESTACA (cm)	ENRAIZAMIENTO (%)	RAÍCES (Nº)	LONGITUD DE RAÍZ (cm)	MORTALIDAD (%)
4	75.93 b	9.97 c	6.96 a	0.92 a
6	81.48 a	13.40 b	7.70 a	0.93 a
8	87.96 a	16.76 a	7.97 a	4.58 a

*Medias con diferentes letras en una misma columna difieren estadísticamente según la Prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Tabla 4. Efecto de diferentes áreas foliares en el enraizamiento de estacas juveniles de sachá inchi *Plukenetia volubilis*.

ÁREA FOLIAR (cm ²)	ENRAIZAMIENTO (%)	RAÍCES (Nº)	LONGITUD DE RAÍZ (cm)	MORTALIDAD (%)
0	29.63 b	1.74 d	1.82 b	8.57 a
25	97.53 a	10.55 c	8.66 a	0 b
50	100 a	17.94 b	10.02 a	0 b
100	100 a	23.27 a	9.67 a	0 b

*Medias con diferentes letras en una misma columna difieren estadísticamente según la Prueba de Tukey ($p < 0$)

CONCLUSIÓN

La propagación vegetativa de sachá inchi a través del enraizamiento de estacas juveniles en cámaras de subirrigación es posible empleando arena de textura media como sustrato con aplicación de 0.2% de ácido indolbutírico como inductor hormonal y el uso de estacas basales o intermedias de 8 cm de longitud con áreas foliares de 50 y 100 cm².

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Cachique, D. 2006. Estudio de la biología floral y reproductiva en el cultivo de sachá inchi (*Plukenetia Volubilis* L.). Tesis de pre-grado, Universidad Nacional de San Martín, Facultad de Ciencias Agrarias, Tarapoto, departamento de San Martín, Perú. 70pp.
- Gutiérrez, M; Mesén, F; Villalobos, R. 2004. Propagación del burío: Un recurso no maderable del bosque tropical, útil para el procesamiento de dulce y azúcar orgánicos. Recursos Naturales y Ambiente. 41: 80-87.
- Hamaker, B.R.; Valles, C.; Gilman, R.; Hardmeier, R.M.; Clark, D.; García, H.H.; Gonzales, A.E.; Kohlstedt, I.; Castro, M.; Valdivia, R.; Rodriguez, T.; Lescano, M. 1992. Amino acid and fatty acid profiles of the inca peanut (*Plukenetia volubilis* L.). Cereal Chemistry. 69 (4): 461-463.
- Hartmann, H.; Kester, D.; Davis, J.R.F. 1997. Plant propagation: principles and practices. 6th Edition. New York: Englewood Clippings / Prentice Hall, EE UU. 770pp.
- Leakey, B.; Mohammed, R. 1985. The effects of stem length on root initiation in sequential single-node cuttings of *Triplochiton scleroxylum* K. Schum. *Journal of Horticultural Science*. 60(3): 431-437.
- Leakey, B.; Mesén, F.; Tchoundjeu, Z.; Longman, A.; Dick, J.; Newton, A.; Martin, A.; Grace, J.; Munro, C.; Muthoka, N. 1990. Low technology techniques for the vegetative propagation of tropical trees. *Commonwealth Forestry Review* 69(3): 247-257.
- Lovell, P.H.; White, J. 1986. Anatomical changes during adventitious root formation. In: Lackson, M.B. (Ed). *New root formation in plants and cuttings*. Martinus Nijhoff Publisher, Dordrecht. p.111-140.
- Mesén, F. 1993. Vegetative propagation of Central American hardwoods. Thesis Ph.D. University of Edinburgh, Institute of Terrestrial Ecology, Scotland. 231pp.
- Mesén, F. 1998. Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: Uso de propagadores de subirrigación. Proyecto de semillas forestales, CATIE: Costa Rica. 36 pp.
- 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*. Dioscorides Press, EE UU. p. 214-234.
- Ruiz, H.; Mesén, F. 2010. Efecto del ácido indolbutírico y tipo de estaquilla en el enraizamiento de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.). *Agronomía Costarricense* 34(2): 259-267.
- Snedecor, W.; Cochran, G. 1980. *Statistical methods*. 7th Edition. State University Press, Iowa, EE UU. 507pp.
- Wright, W. 1964. Mejoramiento genético de los árboles forestales. Estudios de Silvicultura y Productos Forestales N° 16. FAO. 436pp.
- Zobel, B.; Talbert, J. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Editorial Limusa, México. 554pp.