



“AÑO DE LA CONSOLIDACIÓN DEL MAR DE GRAU”



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL**  
**UNIDAD DE INVESTIGACIÓN**

Desarrollo de un protocolo para la producción de clones de *Croton matourensis* Aubl.

(Aucatadijo) mediante estacas juveniles

Dr. JORGE ARTURO MORI VÁSQUEZ

Ingeniero Forestal

Investigadores integrantes del equipo

Ing. Forestal Jorge Chavez Rodriguez

Dra. Ing. Forestal Lady Laura Tuisima Coral

Dra. Ing. Forestal María Angélica Flores Romaina

Ing. Forestal Mario Junior Zegarra Vásquez

Pucallpa – 2017

Dr. Jorge Arturo Mori Vásquez, Docente Ordinário Universidad Nacional de Ucayali,  
[jmorivasquez@yahoo.es](mailto:jmorivasquez@yahoo.es)

Ing. Forestal Jorge Chávez Rodríguez, Jefe de Campo, empresa Bosques Amazónicos,  
[Chavez181@hotmail.com](mailto:Chavez181@hotmail.com),

Dra. Ing. Forestal Lady Laura Tuisima Coral, Docente contratada Universidad Nacional de Ucayali,  
[ltuisima1@gmail.com](mailto:ltuisima1@gmail.com)

Dra. Ing. Forestal María Angélica Flores Romaina, Docente contratada Universidad Nacional de Ucayali,  
[anflore211@hotmail.com](mailto:anflore211@hotmail.com)

Ing. Forestal Mario Junior Zegarra Vásquez, Docente contratado Universidad Nacional de Ucayali,  
[mariojuniorzegarravasquez@gmail.com](mailto:mariojuniorzegarravasquez@gmail.com)

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en los terrenos de la empresa Bosques Amazónicos y en el vivero de la Universidad Nacional de Ucayali. El objetivo fue comprobar que la utilización de mayor concentración de hormonas (entre 0 y 10,000ppm), estacas con menor edad (apical, intermedia y basal), así como la utilización de sustratos que permiten una mejor retención de agua y humedad (humus, humus más fertilizante, y Osmocot), permiten una mayor supervivencia de estacas juveniles de *Croton matpurensis Aubl* (Aucatadijo). Para esto, primero se seleccionaron árboles plus, luego se aplicaron tratamiento de escisiones y tala en el fuste para incentivar la producción de brotes. Los brotes fueron extraídos de árboles que produjeron brotes. Las estacas fueron sumergidas en AIB con concentraciones de 0, 2,000, 4,000, 6,000, 8,000 y 10,000 ppm y plantadas en humus, humus más fertilizantes y Osmocot ©.

La arena gruesa resulto ser el mejor sustrato para el enraizamiento de estacas de Aucatadijo y se determinó que existe una influencia significativa de la concentración de la hormona AIB en el porcentaje de supervivencia, producción de raíces y callos en las estacas de esta especie.

El protocolo preliminar para la producción de plántones de Aucatadijo es la utilización de estacas apicales, AIB a 8,000 ppm y arena gruesa como sustrato, por ser bajo estas condiciones que se obtuvo el mayor porcentaje de supervivencia y enraizamiento. Se recomienda continuar con los estudios hasta llegar a obtener un 80% de supervivencia, nivel que justificaría la utilización comercial de un protocolo.

Palabras clave: *Croton matpurensis Aubl*; Propagación vegetativa; miniestacas; AIB; Sustrato.

## SUMMARY

This research was conducted on the lands of Bosques Amazónicos company and in the nursery of the National University of Ucayali. The main objective was to prove that the use of the highest concentration of hormones (between 8000 and 0 ppm), young stakes (apical, intermediate and basal), as well as the use of substrates that allow a higher water retention and humidity (humus, humus plus fertilizer, and Osmocot), allows a greater rooting and development of juvenile stakes of *Croton matourensis* (Aucatadijo). From the splitting and cutting trees there were produced sprouts, then the extracted sprouts were tested in the AIB concentration levels at 0, 2,000, 4,000, 6,000, 8,000 and 10,000 ppm using as substrate humus, humus plus fertilizers and Osmocot (trademark). By the methods of inducing sprout formation, juvenile sprouts can only be produced by cutting out the protruding trees. It was also determined that the best substrate for the rooting of Aucatadijo stakes were the coarse sand and there was a significant influence of the concentration of the AIB hormone in the percentage of survival, production of roots and callus of the stakes of this species. For Aucatadijo (*Croton matourensis*), with apical cuttings and with a dose of 8,000 ppm of AIB, the highest rooting percentages were obtained, therefore this protocol should be used to obtain rooted cuttings of this species. Although it is true that we obtained significant percentage of rooted cuttings from Aucatadijo, it is needed to apply a protocol to produce juvenile sprouts of the species, so that allows levels of rooting higher than 80%, for its future viable commercial application.

Key word: *Croton matourensis*; mini cutting; substrate; vegetative propagation; AIB.

## **Introducción (35 líneas)**

*Croton matruensis* Aubl (Auca atadijo) es una especie pionera de relativo rápido crecimiento teniendo un potencial en el repoblamiento de áreas degradadas y de preservación permanente. En forma natural se distribuyen en toda la selva peruana. Es un árbol que puede llegar a medir hasta 20 metros de altura y diámetros de hasta 40 cm. En la actualidad su madera es utilizada para la fabricación de tablillas para pared, parihuelas, cajas de embalaje y listonería, no siendo extraño observarlo en los centros de expendio de madera de la ciudad de Pucallpa, Perú.

La creciente demanda de su madera viene aumentando la presión sobre las poblaciones remanentes de esta especie. En los proyectos de reforestación con especies nativas, además de los problemas de abastecimiento de semillas de calidad y en cantidades aceptables para cubrir la demanda, las técnicas de producción de plántones aún continúan siendo cuellos de botella para el éxito de esos proyectos.

La presión de los consumidores de productos de madera de esta especie han incrementado la necesidad de desarrollar programas de mejoramiento genético, asociados a técnicas de propagación vegetativa, con el propósito de producir genotipos mejorados que garanticen el establecimiento de la plantaciones comerciales con material genéticamente superior, así como para la conservación genética. En forma natural el auca atadijo es propagado vía sexual; no en tanto las semillas presentan dificultades para su germinación y en relación a su almacenamiento.

La posibilidad de utilización de especies nativas en mayor escala para diversos fines, entre ellas el auca atadijo, depende de la disponibilidad de semillas y del conocimiento de los métodos de producción asexual de plántones. De manera

general, hay carencia de estudios relacionados con la propagación vegetativa de esta especie. Entretanto, esa técnica de producción de plantones es fundamental para el éxito de programas de silvicultura clonal, por causa de la dificultad para la obtención de semillas, de baja producción y calidad de las mismas y de la alta variabilidad en la germinación así como porque la propagación de especie por estacas nos permite mantener las características sobresalientes de los individuos de una especie en particular.

Con la finalidad de incrementar el conocimiento sobre la reproducción vegetativa de aukatadijo y de esta manera ofrecer a los reforestadores nuevas opciones de reforestar es que el objetivo de esta investigación es desarrollar un protocolo de producción de clones de aukatadijo.

### **Metodología.**

Las estacas se extrajeron de árboles de Aukatadijo existentes en las plantaciones de la empresa Bosques Amazónicos ubicado en el kilómetro 12 de la carretera Campo Verde – Tournavista, Pucallpa, Perú. Luego, la fase de enraizamiento de las estacas, en el vivero de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, ubicado en el campus universitario.

### **Diseño de técnicas de recolección de información.**

La recopilación de información se realizó en las siguientes etapas y sub etapas:

#### **Selección de árboles Plus.-**

El grupo de árboles plus fue conformado utilizando la metodología descrita por (Vallejos, Badilla, Picado, & Murillo, 2010) con ciertas modificaciones, entre las que se puede mencionar que el árbol candidato fue elegido de un censo realizado a la plantación de aukatadijo de la empresa Bosques Amazónicos. Estos fueron elegidos

de trechos de aproximadamente 50 metros, luego los árboles candidatos fueron comparados con sus dos mejores vecinos

#### **Inducción de la formación de brotes.-**

Para la inducción de la formación de brotes juveniles se aplicaron dos tratamientos.

El primero de ellos consistió en abrir una escisión profunda en forma de “V” invertida que llegue hasta el leño del fuste de los árboles seleccionados.

El otro tratamiento aplicado fue la tala de los árboles seleccionados, este tratamiento se aplicó en algunos árboles que se ubicaban en el vivero de la empresa Bosques Amazónicos.

#### **Extracción de estacas.**

Una vez que los brotes llegaron a medir por lo menos 30 centímetros de longitud fueron cortados pero teniendo cuidado de dejar uno para que el tocón del espécimen logre sintetizar sus nutrientes y se mantenga vivo. Luego de la extracción de estacas también se aplicó estimuladores de rebrotes y se abonó para mantener la capacidad de rebrote del tocón.

En este caso se obtuvieron varillas de estacas que luego fueron cortados en longitudes comprendidas entre 4 a 7 cm de longitud, se separaron las estacas provenientes de parte basal y apical de las varillas de estacas dejándose la mitad de una hoja por estaca. Para mantener las condiciones de vigor y turgencia del material vegetativo, inmediatamente después de la colecta, fueron acondicionadas en cajas de tecnopor con hielo, las cuales se mantuvieron cerradas durante la fase de colecta y transporte. El periodo comprendido entre la colecta de las estacas, su preparación y posterior plantación no fue más de ocho horas.

La inducción de formación de raíces se realizó sumergiendo por treinta segundos cada estaca en una solución alcohólica de la hormona Ácido Indol Butírico (AIB) en las concentraciones de 0, 2,000; 4,000; 6,000; 8,000 y 10,000 pp. Según correspondía, luego fueron secadas por medio de una corriente de viento producida por un ventilador.

Para el enraizamiento fueron utilizadas como recipientes, tubetes de plástico rígido cónicos de 12 cm de largo y 55 cm<sup>3</sup> de capacidad, así como camas de sub irrigación con los sustratos humus, humus más superfosfatos simple (8kg/m<sup>3</sup>), Osmocot<sup>®</sup> formulado 19 – 6 – 10 (3kg/m<sup>3</sup>). Las estacas fueron plantadas en el sustrato de enraizamiento teniendo en cuenta que queden centradas, rectas, firmes y a una profundidad de 2 cm.

En las estacas se evaluaron porcentaje de sobrevivencia, enraizamiento, número de raíces formadas y su longitud.

En el primer experimento se utilizó un diseño completo al azar con arreglo factorial de 6 X 3 X 2, donde fueron seis las concentraciones de AIB, tres los sustratos utilizados y dos los niveles de estaca. En cada tratamiento se realizaron tres repeticiones, siendo las unidades de observación cuatro estacas por repetición. En el segundo experimento sólo se utilizó un sustrato por lo que el diseño estadístico completo al azar se redujo a un arreglo factorial de 6 X 2, seis concentraciones de AIB y dos niveles de estacas, haciendo un total de 12 tratamientos, también con tres repeticiones y con cuatro estacas por repetición.

El proceso de enraizamiento de las estacas fue realizado en ambientes con condiciones de temperatura y humedad controladas, donde fueron monitoreadas temperatura y humedad con la finalidad de mantener la temperatura máxima en 28°C y la humedad relativa del aire por encima del 80%. La luminosidad natural en el

interior del ambiente fue reducida en un 50%, siguiendo luego a un área de pleno sol por más de 60 días. En el caso del experimento con concentraciones de AIB, las estacas, después de salidas de los ambientes con temperatura y humedad controlada (a los 90 días), fueron aclimatadas por 20 días bajo sombra y por 60 días en pleno sol.

Luego de unos 60 días de permanencia de las estacas en camas de enraizamiento se pasó a la sección de aclimatación que tenía una sombra del 70%, durante su permanencia en este ambiente las plantas fueron regadas con frecuencia para estimular la aparición de nuevos brotes, lo que indicaría que ya se está aclimatándose y puede pasar a otra sección donde es expuesta a mayores intensidades de iluminación

Después de esta etapa los especímenes que sobrevivieron fueron puestos en sitios a pleno sol, en maceteros de un litro de capacidad. Al inicio, cada espécimen recibió una dosis de fertilizante de 1 g de N:P:K (8-28-16), colocado alrededor del macetero que contiene el plantón.

Las evaluaciones a realizar consistieron en el registro de las cantidades de estacas/cepas/colecta, así como la cuantificación de la supervivencia de las cepas.

### **Población y muestra.**

La población estuvo conformada por los especímenes de Aucatadijo existente en la zona del vivero antiguo y una plantación de aproximadamente 5 ha que la empresa Bosques Amazónicos posee en la dirección ya indicada.

La muestra estuvo conformada por las estacas que se utilizaron en los experimentos que fueron un aproximado de 500 en los dos principales experimentos que se realizaron.

### **Técnicas de análisis.**

Para la selección de los árboles plus se utilizó los métodos indicadas por Vallejos (Vallejos et al., 2010)

Para los ensayos de enraizamiento, los tratamientos tuvieron un ordenamiento de diseño completamente al azar con arreglo factorial y las medias fueron sometidas a pruebas de varianza y prueba de Tukey utilizando el programa estadístico SPSS,

### **Resultados y discusión.**

#### **Inducción de la formación de brotes**

De 10 árboles donde se efectuaron incisiones para incentivar el rebrote, ninguno produjo rebrotes, esto se puede observar en la figura 1 lado izquierdo, sólo se puede apreciar la emisión de una savia oscura que pareciera que inhibe la formación de brotes. La ausencia de brotes por medio de esta práctica nos indicaría que el corte no permitió la estimulación suficiente de la emisión de hormonas del tipo citocininas que regulan el ciclo celular y por lo tanto que conducen a la emisión de brotes. Como se sabe, las escisiones tienen como objetivo bloquear parcialmente el transporte de floema y hacer creer a la planta que está en peligro por lo que la planta como mecanismo de defensa emite brotes.



Figura 1. Aplicación de escisiones en el fuste de árboles de *Croton Matourensis* (Aucatadijo) (izquierda), emisión de brotes en árboles talados de la misma especie (derecha).

La tala de árboles adultos ocasionó la emisión de rebrotes como se puede observar en la figura 1, lado derecho. Solo se produjeron rebrotes en seis de diez árboles talados, es decir el 60%. Por el porcentaje obtenido de árboles donde se observaron rebrotes se puede concluir que la tala en esta especie es un método aceptable como practica de rejuvenecimiento y producción de brotes que se podrían utilizar para la propagación por estacas.

También se aplicó la tala en plántones que crecieron en una cama de vivero de la empresa Bosques Amazónicos cuyos rebrotes se pueden observar en la figura 2. En este caso también se tuvieron porcentajes de brotación cercanos al 100 por ciento, siendo necesario un permanente manejo de los brotes que incluya fertilización y podas constantes.

Como lo sostienen (Wendling & Xavier, 2001) (2001) y (Titon, Xavier, & Otoni, 2002), el uso de material juvenil es crucial para el éxito del enraizamiento porque con este

material se obtienen mayores tasas de enraizamiento y la reducción en el tiempo requerido para producir las plantas, (Wendling & Xavier, 2003) agregan otros factores que influyen en el enraizamiento de estacas son la edad del material y las características del clon que se utilice, pudiéndose ampliar este principio a las diferencias existentes incluso entre individuos.



Figura 2. Producción de brotes en plantones de *Croton Matourensis* (Aucatadijo) ubicados en vivero de la empresa Bosques Amazónicos.

### **Extracción de estacas**

Durante los ensayos se determinó que las estacas de menores diámetros y que aún mantienen el color verde de la corteza presentaban mayores posibilidades de formar brotes y enraizar. Además, las estacas de esta especie son muy susceptibles a deshidratarse, a pesar de los cuidados que se tuvo, en poco tiempo se observaron signos de marchitamiento en las hojas.

### **Inducción de formación de raíces.**

Como se observa en la figura 3, las estacas de Aucatadijo fueron plantadas en cámaras de sub irrigación y en tubetes soportados en bandejas.



Figura 3. En la foto de la izquierda se observa estacas de Aucasadijo sumergidas en solución de AIB y a la derecha se observa estacas en diferentes sustratos así como en camas de sub irrigación y tubetes

### **Ensayos con sustratos**

De los tres sustratos ensayados, en el primer experimento se obtuvo mayores porcentajes de enraizamiento con arena de río gruesa es por eso que en el segundo experimento sólo se utilizó este sustrato.

Debemos de mencionar que el sustrato para enraizamiento sirve para varios propósitos incluido anclar la estacas en su lugar, retener agua para ser aprovechado por la estaca, suministrar aireación suficiente para el enraizamiento adventicio y reducir la cantidad de radiación que llega a la base del corte (Hartmann et. Al., 2011, mencionado por (King, Arnold, & Watson, 2011), se debe de considerar que la absorción del agua en los esquejes es proporcional al contenido de agua, en volumen, en el sustrato de enraizamiento (Grange y Loach 1983; Rein et al., 1991, mencionado por (King et al., 2011) y por otra parte, aunque resultados de investigaciones sobre otras especies estrechamente relacionadas es útil, es difícil determinar los factores ambientales que conducirán a un porcentaje de enraizamiento y calidad de raíz óptimos en las especies (Ranganezi et. Al., 2010, mencionado por (King et al., 2011)). Se puede decir que en esta investigación, la arena de río gruesa suministró el ambiente adecuado para el enraizamiento de las estacas de Aucasadijo.

## **Porcentaje de sobrevivencia y enraizamiento en estacas juveniles de Aucatadijo.**

La tabla 1 muestra el porcentaje de sobrevivencia de las estacas juveniles de Aucatadijo procedentes de la posición apical y basal. En ella se observa que con las estacas procedentes de la parte apical se obtienen mayores porcentajes de enraizamiento a menores concentraciones de AIB, así mismo que a mayor concentración de la hormona AIB, hasta ciertas concentraciones, mayor porcentaje de enraizamiento tanto en estacas procedentes de la parte apical como basal.

En relación a la concentración de la hormona AIB, la tendencia creciente en el porcentaje de sobrevivencia de las estacas apicales se observa hasta la concentración de 8,000 ppm y a los 10,000 ya existe un decrecimiento. Para las estacas provenientes de la parte basal, esta tendencia continua hasta las 10,000 ppm, lo que indicaría que una estaca de mayor edad necesita de mayores concentraciones de AIB para poder activar sus procesos de supervivencia.

Los mejores resultados de sobrevivencia obtenidos con las estacas apicales se puede explicar porque en esa posición existen células mucho más jóvenes que son capaces de diferenciarse en tejidos que permiten la sobrevivencia de las estacas como la formación de hojas y raíces, estructuras que permiten a la planta absorber nutrientes del suelo y foto sintetizar los productos necesarios para su desarrollo, de ahí la importancia del rejuvenecimiento ya que el material juvenil tiene mayor capacidad de enraizamiento como sostienen ASSIS & TEIXEIRA, 1998, mencionados por (Borges Júnior, Martins-Corder, Sobrosa, & Santos, 2004).

Tabla 1. Porcentaje de sobrevivencia de estacas juveniles de Aucatadijo según procedencia (apical, basal) y concentraciones de AIB.

Tipo de estacas	dosis de AIB						promedio
	0 ppm	2,000 ppm	4,000 ppm	6,000 ppm	8,000 ppm	10,000 ppm	
Apical	0%	25%	18.8%	43.8%	56.3%	43.8%	31.3%
basal	6.3%	6.3%	25%	25%	37.5%	56.3%	26%
promedio	3.15%	15.65%	21.9%	34.4%	46.9%	50.05%	

Tabla 2. Análisis de varianza para el porcentaje de sobrevivencia en dos tipos de estacas (apical, basal) con seis concentraciones de AIB.

PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA %						
F.V.	SC	GL	CM	FC	P-Valor	FT
Tipo de estacas	0.130	1	0.130	0.7143	0.3991	3.8936
Dosis	5.401	5	1.080	5.9257	0.00004	2.2643

En la tabla 2 se presenta el análisis de varianza con respecto al tipo de estaca y la dosis de AIB, determinándose que la dosis de AIB tiene una influencia estadísticamente significativa en la sobrevivencia de las estacas. Este resulta concuerda con el obtenido por (Dias, Ataíde, Xavier, de Oliveira, & de Paiva, 2015), quienes estudiando a *Schizolobium amazonicus* obtuvieron mayores porcentajes de sobrevivencia y enraizamiento a mayores concentraciones de AIB (32,000 ppm), pero son diferentes a los obtenidos por (Fehling-Fraser & Ceccon, 2015) en su experimento de propagación vegetativa de esquejes de *Erythrina americana* quienes no encontraron influencia estadísticamente significativa en la sobrevivencia de la fitohormona exógena AIB.

Así mismo, los resultados obtenidos en este trabajo son diferentes a los de (Gutierrez, Pradella, Dutra, & Schafer, 2016) quienes no encontraron influencia del AIB en el enraizamiento de estacas de arazá (*Psidium cattleianum* Sabine).

La diferencia en estos resultados se puede explicar por el comportamiento que tiene cada especie en relación a la utilización de hormonas que estimulan la sobrevivencia de la plantas, algunas precisan de estas sustancias y otras no, otras precisan de altas concentraciones y otras de bajas concentraciones.

Observándose la misma tabla 2 se puede concluir que la procedencia de las estacas apicales o basales no influye significativamente en la sobrevivencia de las estacas de Aucatadijo. Estos resultados son contrarios a los obtenidos por (Borges, Xavier, Oliveira, Melo, & Rosado, 2011) quienes estudiando clones de *Eucalyptus globulus* encontraron que la sobrevivencia y enraizamiento de las estacas apicales fueron significativamente superiores a las de otras posiciones.

Tabla 3. Prueba de comparación de medias con respecto la influencia de la dosis de AIB en el porcentaje de sobrevivencia de estacas juveniles de Aucatadijo, después de 60 días de instalación en cámara de sub irrigación (Tukey  $\alpha= 0.05$ ).

DOSIS AIB (ppm)	PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA (%)		
	Medias	P-Valor	Significancia
0	3.15%	0.850	A
2000	15.65%	0.495	A
4000	21.9%	0.043	B
6000	34.4%	0.001	B
8000	46.9%	0.0003	C
10000	50.05%	0.0003	C

*Letras distintas indicas diferencias significativas ( $P < 0,05$ ), Letras iguales no representan diferencias significativas a nivel ( $\alpha= 0,05$ )*

En la tabla 3 se presenta la comparación de medias de Tukey para la sobrevivencia, en ella se identifican tres grupos iguales y excluyentes entre ellos, la de 0 y 2,000 ppm son iguales, la de 4,000 y 6,000 ppm de igual manera y también son iguales los de 8,000 y 10,000 ppm. Esto indica que indistintamente se podría utilizar de las dos últimas concentraciones y se obtendrían resultados estadísticamente iguales, siendo recomendable desde el punto de vista económico utilizar la concentración de 8,000 ppm.

En la tabla 4 se presenta el porcentaje de enraizamiento de Aucatadijo cuyos valores son bastante bajos, obteniéndose el mayor valor (18.8%) con estacas apicales a 8,000 ppm de AIB.

Estos bajos valores de enraizamiento son opuestos a los obtenidos por (Souza, Barroso, Carneiro, Teixeira, & Balbinot, 2009) quienes estudiando el Cedro Australiano (*Toona ciliata*) obtuvieron porcentajes de enraizamiento de 100%.

Los bajos porcentajes de enraizamiento en estacas juveniles de Aucatadijo se podrían explicar por la naturaleza de la especie, ya que las hojas se marchitan con facilidad a pesar de los cuidados que se les dio, así mismo, las estacas son muy susceptibles a la humedad ya que la mayoría de las estacas sufrieron pudrición en la parte inferior lo que les ocasionó la muerte.

En el análisis de varianza presentado en la tabla 5 se determinó que no hay diferencia significativa en el porcentaje de enraizamiento con respecto al tipo de estaca, pero si hay una diferencia significativa con respecto a la dosis hormonal de AIB a pesar de que los porcentajes de enraizamiento son bajos.

Influencia del tipo de estaca en la sobrevivencia y enraizamiento fueron hallados por (Dias, Xavier, De oliveira, Correia, & Barbosa, 2015) quienes estudiando a Angico-Vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Breman) determinaron que

miniestacas apicales con 10 cm de longitud y con hoja entera presentan mayores medias en las variables mencionadas. Por su parte, (Cuevas-Cruz et al., 2015) estudiando la propagación asexual de *Pinus leiophylla* Schiede ex Schldl. et Chan encontraron que usando estacas basales existe 3.5 veces más probabilidades que el enraizamiento de esta especie sea exitoso que utilizando estacas apicales. Estos resultados diferentes nos llevan a concluir que cada especie tiene un comportamiento diferenciado en cuanto al tipo de estaca.

La relación directa observada entre un incremento de la concentración de AIB y mayor porcentaje de enraizamiento concuerdan con lo encontrado por (Dantas et al., 2016) quienes trabajando con *Castanea sativa* Mill encontraron que el uso de AIB afecta significativamente el enraizamiento y supervivencia de las mini estacas de esta especie alcanzando índices satisfactorios.

A su vez (Francisco De Assis, Fett-Neto, & Alfenas, 2004) agregan que el tipo, la concentración y el método de aplicación de la auxina también tienen un efecto en el enraizamiento, este efecto, según (Azcon-Bieto & Talon, 1993) se debe a que el AIB tiene un efecto estimulante sobre la diferenciación de las células de los esquejes y les induce a formar raíces adventicias, fundamento en lo que se puede explicar el hecho de que a mayor concentración de AIB mayores porcentajes de enraizamiento de esquejes.

Los resultados obtenidos en relación a que existe una relación directa entre concentración mayor de AIB y mayor porcentaje de enraizamiento viene a reforzar lo sostenido por (Hartmann, Kester, Davis, & Geneve, 1998) quienes sostienen que el tratamiento de esquejes con sustancias reguladoras del crecimiento tipo auxinas aumenta el porcentaje de esquejes que forman raíces y acelera su iniciación,

aumenta la cantidad y la calidad de raíces producidas por esquejes individuales y aumenta la uniformidad de las raíces.

El enraizamiento de los esquejes es un factor importante en la producción de plantas por estacas porque el sistema radicular es el principal factor involucrado en la supervivencia exitosa y en el buen crecimiento temprano después del trasplante en el campo (Duryea, 1984). Así mismo, un sistema de raíces bien desarrollados puede aumentar el potencial de absorción de agua y nutrientes, lo que da como resultado un mayor potencial de crecimiento y, por lo tanto, la supervivencia de las plantas (Rose, Carlson, & Morgan, 1990). Sin embargo, esta condición también puede ser incrementar la tasa de transpiración e intercambio de gases ya que al existir un mayor número de raíces ramificadas significa mayor estabilidad de la planta y mayor capacidad para explotar las capas superiores del perfil del suelo (Birchler, Rose, Royo, & Pardos, 1998)

En relación a la influencia del tipo de estaca, en la tabla 4 podemos observar que las estacas basales necesitan de una mayor concentración de AIB para incrementar el porcentaje de enraizamiento, esta tendencia es similar a la encontrada por (Wigmore & Woods, 2000) quienes recomiendan utilizar entre 5,000 y 10,000 ppm de AIB para estimular el enraizamiento de *Pseudotsuga menziesii*, siendo la cantidad más baja apropiada para los esquejes semilignificados y la más alta para los esquejes completamente lignificados.

Un mayor porcentaje de enraizamiento va acompañado de un mayor número de raíces, aspecto que fue estudiado por (Stump, Grolli, & Sczepanski, 2001) trabajando con *Chamaecyparis lawsoniana Parl* quienes demostraron que el número de raíces aumentó al usar concentraciones desde 0 hasta 10,000 mg l<sup>-1</sup>, donde

alcanzó su punto máximo con un promedio de 3.31 raíces, lo que confirma el efecto beneficioso del AIB en el enraizamiento.

Tabla 4. Porcentaje de enraizamiento de estacas juveniles de Aucatadijo en función de tipo de estaca (apical, basal) y concentraciones de AIB.

Tipo de estacas	dosis de AIB						promedio
	0 ppm	2000 ppm	40000 ppm	6000 ppm	8000 ppm	10000 ppm	
Apical	0%	0%	0%	0%	18.8%	12.5%	5.2%
basal	0%	0%	0%	0%	6.3%	12.5%	3.1%
promedio	0%	0%	0%	0%	12.6%	12.5%	

Tabla 5. Análisis de varianza para el porcentaje de enraizamiento en dos tipos de estacas (apical, basal) con seis concentraciones de AIB.

PORCENTAJE DE ENRAIZAMIENTO %							
<i>F.V.</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>FC</i>	<i>P-Valor</i>	<i>FT</i>	
Tipo de estacas	0.021	1	0.0208	0.5455	0.4611	3.8936	
Dosis	0.667	5	0.1333	3.4909	0.0049	2.2643	

En la figura 4 se observan estacas de Aucatadijo que presentan raíces y brotes



Figura 4. Estacas de Aucatadijo con brote y raíz.

En estudios realizados por otros investigadores se obtuvieron altos porcentajes de sobrevivencia y enraizamiento, dentro de los que se puede mencionar el estudio de (Badilla, Xavier, Murillo, & Paiva, 2016) quienes estudiando mini estacas clonales de *Tectona grandis* Linn F., obtuvieron en medios hidropónicos, porcentajes de sobrevivencia de 95.4 y 91.8 por ciento de enraizamiento.

**Porcentaje de callosidad en estacas juveniles de aucatadijo.**

La tabla 6 y la figura 5 contienen información relacionada a la formación de callos en los tratamientos aplicados a las estacas de Aucatadijo, observándose que el valor más alto de callosidad llega a 43.8% con una dosis de 6,000 ppm en las estacas de tipo apical y con las estacas de tipo basal se alcanzó el mismo valor con la dosis de 10,000 ppm.

Tabla 6. Porcentaje de callosidad en función al tipo de estaca (apical, basal) y concentraciones de AIB.

Tipo de estacas	dosis de AIB						promedio
	0 ppm	2000 ppm	40000 ppm	6000 ppm	8000 ppm	10000 ppm	
Apical	0%	25%	18.8%	43.8%	31.3%	37.5%	26%
basal	6.3%	6.3%	25%	25%	31.3%	43.8%	23%
promedio	3.15%	15.7%	21.9%	34.4%	31.3%	40.7%	

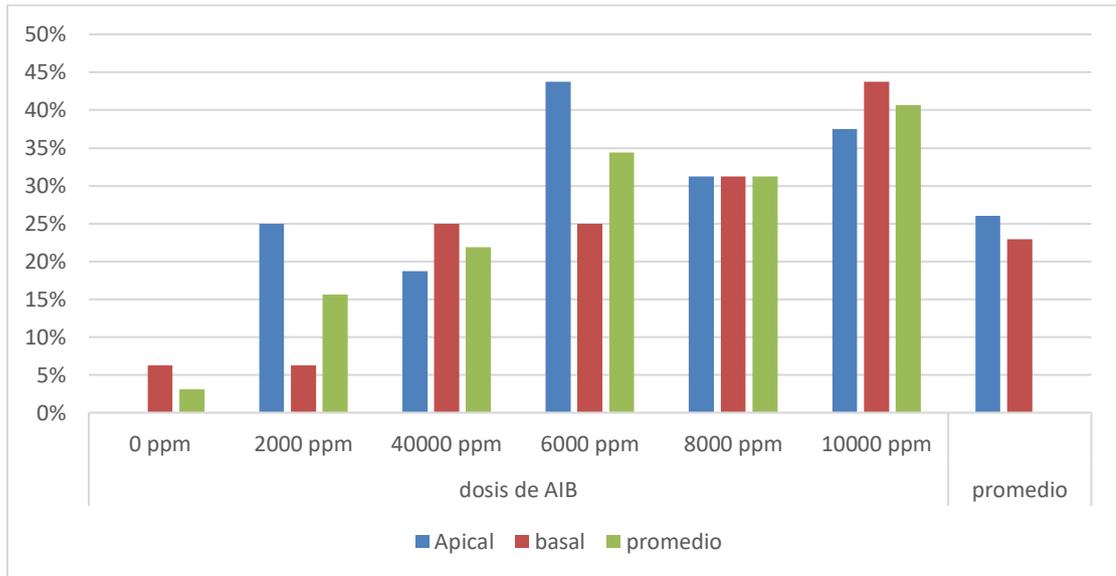


Figura 5. Porcentaje de callosidad en los factores tipo de estaca (apical, basal) y concentraciones de AIB.

Según los datos presentados en la tabla 7, la procedencia de la estaca no influye significativamente en la formación de callos, pero sí la concentración de la hormona AIB.

Tabla 7. Análisis de varianza para el porcentaje de callosidad en dos tipos de estacas (apical, basal) con seis concentraciones de AIB.

CALLOSIDAD EN %						
<i>F.V.</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>FC</i>	<i>P-Valor</i>	<i>FT</i>
Tipo de estacas	0.0469	1	0.0469	0.2652	0.6072	3.8936
Dosis	3.0260	5	0.6052	3.4244	0.0056	2.2643

En la figura 6 se muestran los callos formados en las estacas de Aucatadijo.



Figura 6. Callos en estacas de Aucatadijo

Los resultados obtenidos se pueden explicar por lo manifestado por Van Staden y Harty (1987) mencionado por (Dantas et al., 2016) quienes sostienen que una alta relación auxina/citoquinina, característica de las plantas jóvenes, determina la formación de primordios de raíz mientras que una proporción intermedia induce la formación de callos y una baja relación promueve la formación de brotes.

#### **Establecimiento del jardín clonal.**

Con las estacas enraizadas se procedió a pasar a la cama de sombra donde se regó y se fertilizó periódicamente. Solo se logró la sobrevivencia de un individuo cuyas características se presentan en la figura 7.



Figura 7. Plantón de Aucatadijo que logró superar la etapa de enraizamiento.

Este resultado es menor al obtenido por (Badilla, Xavier, & Gamboa, 2017), quienes obtuvieron alto porcentajes de sobrevivencia en la salida de la casa de vegetación (93% y 90%) respectivamente así como sobrevivencia en la salida de la casa de sombra (88%)

El bajo porcentaje de sobrevivencia obtenido en el presente trabajo se puede deber a que no se logró un buen control de las condiciones ambientales en la casa de vegetación y en la casa de sombra, ya que esta condición, como sostiene (Wendling & Xavier, 2005) favorece la supervivencia de los propágulos vegetativos.

Durante el proceso de aclimatación se observó que se necesita disminuir la temperatura del ambiente por medios artificiales como métodos de refrigeración con pulverización de agua o con sistemas de enfriamiento con aire acondicionada. Esta segunda alternativa es por demás caro por lo que se debe de buscar instalar un sistema de enfriamiento con agua pulverizada que funcione en forma automática, cada vez que el ambiente bajo sombra supere los 30 grado de temperatura.

## CONCLUSIONES.

- ❖ Mediante los métodos de inducción de formación de brotes, sólo fue posible producir brotes juveniles a través de la tala de los árboles sobresalientes.
- ❖ Existe una influencia significativa de la concentración de la hormona en el porcentaje de supervivencia, producción de raíces y callos.
- ❖ La posición de donde proviene la estaca, basal o apical, no influyó en el porcentaje de supervivencia, producción de raíces y callos.
- ❖ Para la especie Aucatadijo (*Croton matourensis*), con estacas apicales, con una dosis de 8,000 ppm de AIB y utilizando como sustrato arena gruesa de río se obtuvieron los mayores porcentajes de enraizamiento, por lo que es el protocolo que se debe utilizar para obtener estacas enraizadas de esta especie.
- ❖ Si bien es cierto se obtuvo un porcentaje de estacas enraizadas de Aucatadijo, se necesita de mayores estudios para la confección de un protocolo para la producción de estacas juveniles de la especie en estudio que permita niveles de enraizamiento superiores al 80% lo que viabilizaría su aplicación comercial.

## Referencias

- Azcon-Bieto, J., & Talon, M. (1993). *Fisiología y bioquímica vegetal*. (Interamericana, Ed.). Madrid.
- Badilla, Y., Xavier, A., & Gamboa, O. M. (2017). Storage time effect on minicuttings rooting in *Tectona grandis* Linn. F. clones. *Revista Árvore*, 41(3), 1–8. <https://doi.org/10.1590/1806-90882017000300003>
- Badilla, Y., Xavier, A., Murillo, O., & Paiva, H. N. de. (2016). IBA efficiency on mini-cutting rooting from teak (*Tectona grandis* Linn F.) clones. *Revista Árvore*, 40(3), 477–485.
- Birchler, T., Rose, R. W., Royo, a, & Pardos, M. (1998). *La Planta Ideal : Revision*

- Del Concepto , Parametros Definitorios E Implementacion Practica. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.*, 7(1), 1–10.
- Borges, S. R., Xavier, A., Oliveira, L. S. de, Melo, L. A. de, & Rosado, A. M. (2011). Enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus globulus*. *Revista Árvore*, 35(3), 425–434. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000300006>
- Borges Júnior, N., Martins-Corder, M. P., Sobrosa, R. de C., & Santos, E. M. dos. (2004). Rebrotas de cepas de árvores adultas de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). *Revista Árvore*, 28(4), 611–615. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622004000400015>
- Cuevas-Cruz, J. C., Jiménez Casas, M., Jasso-Mata, J., Pérez-Rodríguez, P., López-Uptón, J., & Villegas-Monter, Á. (2015). Asexual propagation of *Pinus leiophylla* Schiede ex Schltdl. et Cham. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales Y Del Ambiente*, 21(1), 81–95. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2014.08.033>
- Dantas, Â. K., Majada, J., Dantas, F. K., Delatorre, C., Granda, V., Vallejo, P., & Feito, I. (2016). Rooting of Minicuttings of *Castanea sativa* Mill. Hybrid Clones. *Revista Árvore*, 40(3), 465–475.
- Dias, P. C., Ataíde, G. da M., Xavier, A., de Oliveira, L. S., & de Paiva, H. N. (2015). Propagação vegetativa de *Schizolobium amazonicum* por estaquia. *Cerne*, 21(3), 379–386. <https://doi.org/10.1590/01047760201521031467>
- Dias, P. C., Xavier, A., De oliveira, L. S., Correia, A. C. G., & Barbosa, G. A. (2015). Tipo de miniestaca e de substrato na propagação vegetativa de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan). *Ciencia Florestal*, 25(4), 909–919. <https://doi.org/10.5902/1980509820593>
- Duryea, M. (1984). Nursery cultural practices: Influence on seedling quality. *Forest*

*Nursery Manual : Production of Bareroot Seedlings*, 143–164.

- Fehling-Fraser, T. C., & Ceccon, E. (2015). Macropropagation of *Erythrina americana* in a greenhouse: a potential tool for seasonally dry tropical forest restoration. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales Y Del Ambiente*, XXI(1), 5–16. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2014.04.016>
- Francisco De Assis, T., Fett-Neto, A. G., & Alfenas, A. C. (2004). *Current techniques and prospects for the clonal propagation of hardwoods with emphasis on Eucalyptus*. *Research Signpost* (Vol. 37661). [https://doi.org/ISBN: 81-7736-228-3](https://doi.org/ISBN:81-7736-228-3)
- Gutierrez, E., Pradella, E., Dutra, P., & Schafer, G. (2016). Asexual propagation of araçá (*Psidium cattleianum* Sabine) by leaf and young branches cutting. *Revista Arvoe*, 40(4), 707–714. <https://doi.org/10.1590/0100-67622016000400014>
- Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davis, F. T., & Geneve, R. L. (1998). *Propagación de plantas: principios y prácticas*. (Continental, Ed.) (3ra ed.). México, D.F.: Continental.
- King, A. R., Arnold, M. A., & Watson, W. T. (2011). Substrates, Wounding, and Growth Regulator Concentrations Alter Adventitious Rooting. *HortScience*, 46(10), 1387–1393.
- Rose, R., Carlson, W. C., & Morgan, P. (1990). The target seedling concept. *Target Seedling Symposium: Proceeding, Combined Meeting of the Western Forest Nursery Associations*, 1–8. <https://doi.org/https://doi.org/10.2737/RMRS-GTR-200>
- Souza, J. C. A. V. de, Barroso, D. G., Carneiro, J. G. de A., Teixeira, S. L., & Balbinot, E. (2009). PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE CEDRO-AUSTRALIANO (*Toona ciliata* M. Roemer) POR MINIESTAQUIA. *Revista Árvore*, Viçosa-MG,

- 33(2), 205–213. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622009000200002>
- Stump, E. R. T., Grolli, P. R., & Sczepanski, P. H. G. (2001). Efeito da composi. *Revista Brasileira de Agroci*, 27(2), 101–105. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452006000200027>
- Titon, M., Xavier, A., & Otoni, W. C. (2002). Dinâmica do enraizamento de microestacas e miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore*, 26, 665–673. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622002000600003>
- Vallejos, J., Badilla, Y., Picado, F., & Murillo, O. (2010). Metodología para la selección e incorporación de árboles plus en programas de mejoramiento genético forestal. *Agronomía Costarricense*, 34(1), 105–119.
- Wendling, I., & Xavier, A. (2001). Gradiente de maturação e rejuvenescimento aplicado em espécies florestais. *Floresta E Ambiente*, 8(1), 187–194.
- Wendling, I., & Xavier, A. (2003). Miniestaquia seriada no rejuvenescimento de clones de *Eucalyptus*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38(4), 475–480.
- Wendling, I., & Xavier, A. (2005). Influência do ácido indolbutírico e da miniestaquia seriada no enraizamento e vigor de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis*. *Revista Arvore*, 29(6), 921–930.
- Wigmore, B., & Woods, J. (2000). Cultural procedures for propagation of rooted cuttings of Sitka spruce, western hemlock, and Douglas-fir in British Columbia. ... *Research Program, British Columbia*, 30. Retrieved from <http://www.cabdirect.org/abstracts/20000611998.html>