

Efecto de AIB y sustratos en la propagación vegetativa de *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke (shihuahuaco) en cámara de sub-irrigación

Effect of AIB and substrates on the vegetative propagation of *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke (shihuahuaco) in sub-irrigation chamber

Efeito de AIB e sustratos na propagação vegetativa de *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke (Shihuahuaco) em câmara de sub-irrigação

Recibido: 11/11/2024 | Revisado: 22/11/2024 | Aceptado: 23/11/2024 | Publicado: 27/11/2024

Mari Carmen Fernandez Angulo

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7542-0199>
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Brasil
E-mail: mari.fernandez@unesp.br

Aparicio Limache Alonzo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6760-1642>
Universidad Nacional de Ucayali, Perú
E-mail: aparicio_limache@unu.edu.pe

Resumen

Este estudio tuvo como objetivo desarrollar una técnica efectiva para la propagación vegetativa de *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke (shihuahuaco), buscando obtener plantas de calidad y en menor tiempo, dado que la especie enfrenta desafíos por el acceso limitado a árboles semilleros. Se utilizaron estacas juveniles de 5 a 7 cm, tratadas con tres concentraciones de Ácido Indol-3-Butírico (AIB): 8000 ppm (testigo), 12000 ppm y 18000 ppm. Las estacas fueron colocadas en tubetes con cuatro sustratos: Jiffy (testigo), fibra de coco (FC), cascarilla de arroz carbonizada + compost de gallinaza (CAC+G), y cascarilla de arroz carbonizada + compost de aserrín (CAC+A), y luego se distribuyeron en bandejas en una cámara de sub-irrigación. El análisis de varianza mostró diferencias significativas en el enraizamiento según el sustrato, destacándose CAC+G (90.28%), Jiffy (84.72%), FC (80.56%) y CAC+A (62.50%). La mejor concentración de AIB fue 18000 ppm, logrando un 95.80% de enraizamiento al combinarse con CAC+G. Se concluye que el AIB y sustratos ejercen un efecto positivo en la propagación de *Dipteryx ferrea* en ambientes como la cámara de sub-irrigación y con el uso de tubetes.

Palabras clave: Ácido indol-3-butírico; Enraizamiento; Estacas juveniles; Sustrato; Técnicas de propagación; Especies forestales.

Abstract

This study aimed to develop an effective technique for the vegetative propagation of *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke (shihuahuaco), seeking to obtain quality plants in a shorter time, given that the species faces challenges due to limited access to seed trees. Juvenile cuttings of 5 to 7 cm were used, treated with three concentrations of Indole-3-Butyric Acid (IBA): 8000 ppm (control), 12000 ppm, and 18000 ppm. The cuttings were placed in tubes with four substrates: Jiffy (control), coconut fiber (CF), carbonized rice husk + chicken manure compost (CRH+CM), and carbonized rice husk + sawdust compost (CRH+SD), and then distributed in trays in a sub-irrigation chamber. The analysis of variance showed significant differences in rooting depending on the substrate, with CAC+G (90.28%), Jiffy (84.72%), CF (80.56%), and CAC+A (62.50%) standing out. The best concentration of IBA was 18000 ppm, achieving 95.80% rooting when combined with CAC+G. It is concluded that IBA and substrates have a positive effect on the propagation of *Dipteryx ferrea* in environments such as the sub-irrigation chamber and using tubes.

Keywords: Indole-3-butyric acid; Rooting; Juvenile cuttings; Substrate; Propagation techniques; Forest species.

Resumo

Este estudo teve como objetivo desenvolver uma técnica eficaz para a propagação vegetativa de *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke (shihuahuaco), buscando obter plantas de qualidade em menor tempo, dado que a espécie enfrenta desafios devido ao acesso limitado a árvores matrizes. Foram utilizadas estacas juvenis de 5 a 7 cm, tratadas com três concentrações de Ácido Indol-3-Butírico (AIB): 8000 ppm (testemunha), 12000 ppm e 18000 ppm. As estacas foram colocadas em tubetes com quatro substratos: Jiffy (testemunha), fibra de coco (FC), casca de arroz carbonizada + composto de galinha (CAC+G), e casca de arroz carbonizada + composto de serragem (CAC+A), e, em seguida, foram distribuídas em bandejas em uma câmara de sub-irrigação. A análise de variância mostrou diferenças

significativas no enraizamento conforme o substrato, destacando-se CAC+G (90,28%), Jiffy (84,72%), FC (80,56%) e CAC+A (62,50%). A melhor concentração de AIB foi 18000 ppm, alcançando 95,80% de enraizamento ao combinar-se com CAC+G. Conclui-se que o AIB e os substratos exercem um efeito positivo na propagação de *Dipteryx ferrea* em ambientes como a câmara de sub-irrigação e com o uso de tubetes.

Palavras-chave: Ácido indol-3-butírico; Enraizamento; Estacas juvenis; Substrato; Técnicas de propagação; Espécies florestais.

1. Introdução

En los últimos años diversas especies forestales se han visto afectadas por la deforestación y el cambio climático. Se estima que esos factores combinados podrían causar una disminución de hasta el 58% en la riqueza de especies de árboles de la Amazonia para 2050, convirtiendo a la deforestación en la principal amenaza y al cambio climático en la segunda, (Gomes et al., 2019). Este escenario revela la urgente necesidad de implementar estrategias sostenibles de conservación, restauración y manejo para evitar la extinción de estas especies (Cárdenas et al., 2023). En particular el sector forestal ha enfrentado importantes limitaciones en la producción de plantas de especies forestales valiosas como el shihuahuaco (*Dipteryx férrea*) especie valorada por sus diversas características. Su población se ha reducido considerablemente debido a la alta demanda y a los problemas ya mencionados, lo que ha generado una escasa producción de semillas botánicas de esta especie. Por ello, la obtención de plantas de *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke (shihuahuaco) se ha visto afectada recientemente por el acceso limitado a los árboles semilleros.

La propagación asexual o vegetativa se presenta como una alternativa prometedora para disminuir la dependencia de las semillas botánicas. Este método no solo ofrece una alta eficiencia productiva, sino que también garantiza la estabilidad de las características fenológicas y genéticas de la especie (Sisaro, 2016). Facilita la obtención de nuevas plantas con características óptimas, son una alternativa para superar las dificultades en la propagación de especies nativas, y pueden ser utilizadas con fines comerciales (Dias, 2012). Sin embargo, a pesar de la creciente preocupación por la conservación de *Dipteryx ferrea*, la ciencia ha avanzado poco en la comprensión de las técnicas de propagación apropiadas para esta especie. Existen lagunas en el conocimiento sobre la producción de esquejes de *Dipteryx ferrea*, concretamente en lo que se refiere a las dosis y los sustratos adecuados para la propagación. Este desconocimiento representa el principal obstáculo cuando se proyecta producir plantones mediante este método. Hasta la fecha, no se han realizado estudios específicos sobre las técnicas apropiadas para este proceso, lo que dificulta conocer el efecto de coadyuvantes como el ácido indol-3-butírico (AIB) y los sustratos utilizados en la propagación vegetativa de *Dipteryx férrea* en cámaras de sub- irrigación.

La literatura existente sobre la propagación vegetativa de especies del género *Dipteryx* indica que actualmente no hay registros específicos para *Dipteryx ferrea* en revistas indexadas (Flores, 2020). Sin embargo, se han documentado investigaciones relacionadas con otras especies de este género que sirven como antecedentes valiosos. Por ejemplo, la propagación de *Dipteryx alata* ha demostrado ser una herramienta eficaz para aumentar la productividad de los bosques plantados con especies no nativas en Brasil (Lima et al., 2023). Este enfoque ha sido fundamental en la restauración de áreas degradadas y en la mejora de la biodiversidad forestal, destacando la importancia de implementar técnicas efectivas de propagación en especies nativas.

Asimismo, existen investigaciones documentadas sobre la propagación vegetativa en otras especies del género *Dipteryx* como *Dipteryx Micrantha* y *Dipteryx Odorata* (Cornejo, 2018; Dahua, 2018). También se han realizado estudios en otras especies arbóreas, como *Acrocarpus fraxinifolius* (Cordova, 2011) en cámara de sub-irrigación, así como en *Erythrina crista-galli* L. mediante esquejes. Encontrando que el uso de AIB puede incrementar significativamente el enraizamiento, alcanzando hasta 100% en mini esquejes herbáceos (Gratieri et al., 2008). Además, en *Swietenia macrophylla*, se ha demostrado que la aplicación de AIB en la propagación mediante estaquillas juveniles puede mejorar notablemente la sobrevivencia y el enraizamiento (Vásquez, 2011).

Investigaciones adicionales, examinan el enraizamiento en otras especies arbóreas como *Myroxylon balsamum* (Mermao, 2012), destacando la importancia de concentraciones adecuadas de AIB y la selección de sustratos para un enraizamiento exitoso. Sin embargo, la falta de estudios específicos sobre *Dipteryx ferrea* justifica la necesidad de investigar cómo estas variables pueden influir en su propagación vegetativa. En este contexto, el sustrato desempeña un papel fundamental, ya que, al ser colocado en un contenedor o en forma pura o mezclada, proporciona anclaje, nutrimentos, agua y oxígeno para el desarrollo de las plantas (Cruz, 2017). Además, el uso de reguladores de crecimiento, en especial el AIB, puede mejorar el enraizamiento en la propagación de especies forestales, ofreciendo soluciones significativas y demostrando ser más efectivo que otros reguladores en diversas especies (Argueta, 2008; Hartmann y Kester, 2011; Salcedo, 2009).

Es evidente que se requiere mayor atención en la propagación vegetativa de *Dipteryx ferrea*, dado que existe un vacío en la literatura científica. En virtud de lo expuesto, el objetivo de este trabajo es determinar el efecto de las concentraciones de AIB y sustratos en la propagación vegetativa de *Dipteryx ferrea* en cámaras de sub-irrigación. Se busca obtener material vegetativo de calidad que mejore la producción de esta especie en el futuro, contribuyendo así al conocimiento sobre los efectos del AIB y los sustratos en la propagación de una especie de gran importancia para la producción forestal y la conservación de los bosques.

2. Metodología

Se realizaron investigaciones experimentales, en parte en el campo y en parte en el laboratorio, de carácter cualitativo y cuantitativo (Pereira et al., 2018).

El estudio se realizó en las instalaciones del vivero forestal del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), filial Ucayali. La investigación fue de tipo aplicada, de enfoque cuantitativo y nivel experimental, ejecutando un ensayo que permitió cumplir con los objetivos propuestos. Esta investigación fue de tipo aplicada, de enfoque cuantitativo y nivel experimental, utilizando un diseño completamente al azar (DCA) con un arreglo factorial (4AX3B), analizando un total de 288 estacas juveniles de 5 a 7 cm de longitud y menos de 5 mm de diámetro.

Las estacas fueron recolectadas del huerto clonal del IIAP y se sometieron a un proceso de enraizamiento en una cámara de sub-irrigación. Esta cámara tenía dimensiones de 2.5 m de longitud, 1.0 m de ancho y variaba entre 0.5 m y 1.0 m de altura, siguiendo las especificaciones de Leakey y Mesén (1991). Se evaluaron cuatro tipos de sustratos: Jiffy (testigo), fibra de coco, cascarilla de arroz carbonizada más gallinaza descompuesta en proporción 1:1, y cascarilla de arroz carbonizada más aserrín descompuesto (Figura 1).

Figura 1 - Plantas juveniles de *Dipteryx ferrea* (Huerto clonal).



Fuente: Autores.

Los insumos utilizados fueron proporcionados por el IIAP. La preparación de la cascarilla de arroz se llevó a cabo mediante un proceso de carbonización en un horno artesanal, donde se removió la cascarilla constantemente para asegurar una combustión uniforme. Una vez finalizada la carbonización, se dejó reposar la cascarilla y se apagó con agua. Por 24 horas la fibra de coco fue mezclada con agua y las pastillas de jiffy se disolvieron con agua, mientras que la gallinaza y el aserrín descompuesto se cernieron para eliminar impurezas. Estos dos últimos sustratos se desinfectaron mediante vapor de agua durante 2 horas y se enfriaron antes de su uso. La cascarilla de arroz carbonizada (CAC) y gallinaza descompuesta (G) se mezcló en una proporción 1:1 (2 baldes de CAC + 2 baldes de gallinaza). La misma proporción se usó para el sustrato de CAC+ compost de aserrín.

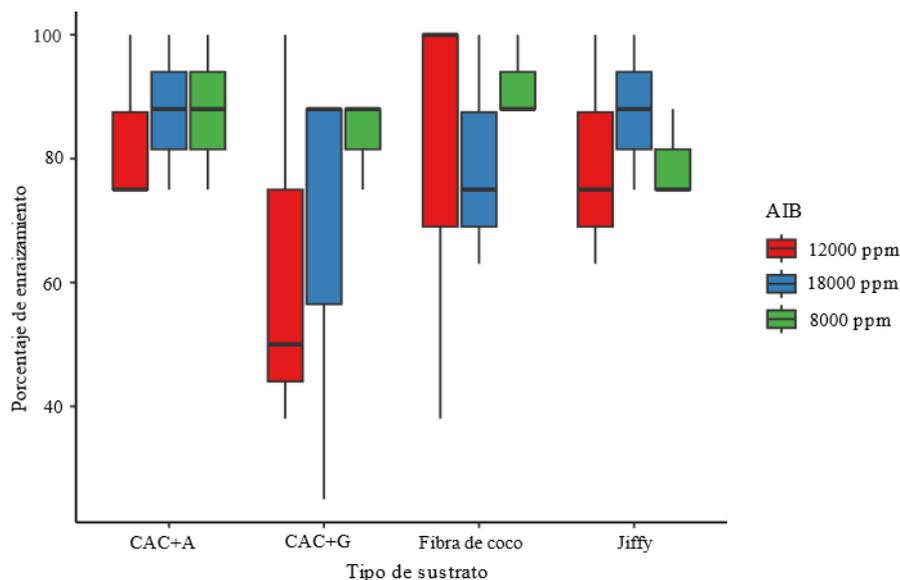
El AIB fue preparado en el Laboratorio de Germoplasma del IIAP, donde se pesó y diluyó en alcohol al 96%. Las estacas se sumergieron a 5 mm de la base en la solución de AIB durante 5 segundos, permitiendo un tiempo de secado de 20 segundos. Para la instalación del experimento, se utilizaron bandejas de polietileno con tubetes de 180 cm³, que fueron llenados con sustratos según los tratamientos establecidos y separados por una fila vacía. Las bandejas se mantuvieron en un ambiente controlado a 21.6 °C, donde las estacas se colocaron cuidadosamente en los tubetes para evitar dañar los tejidos.

La colecta de datos se llevó a cabo a los 40 días, evaluando variables como supervivencia por estaca, callosidad, número de brotes, longitud de raíces y número total de raíces. Se realizó una evaluación preliminar a los 20 días para observar la aparición de las primeras raíces. Los datos recopilados fueron analizados utilizando métodos estadísticos apropiados para determinar la eficacia de cada sustrato y la influencia del AIB en el enraizamiento. Se empleó el software estadístico R Studio para el análisis de los datos, permitiendo una interpretación robusta de los resultados obtenidos.

3. Resultados y Discusión

Efecto del AIB y sustratos en el enraizamiento de estacas de shihuahuaco

Figura 2 - Valores de enraizamiento en estacas de *Dipteryx Ferrea* según sustratos y combinaciones de AIB.

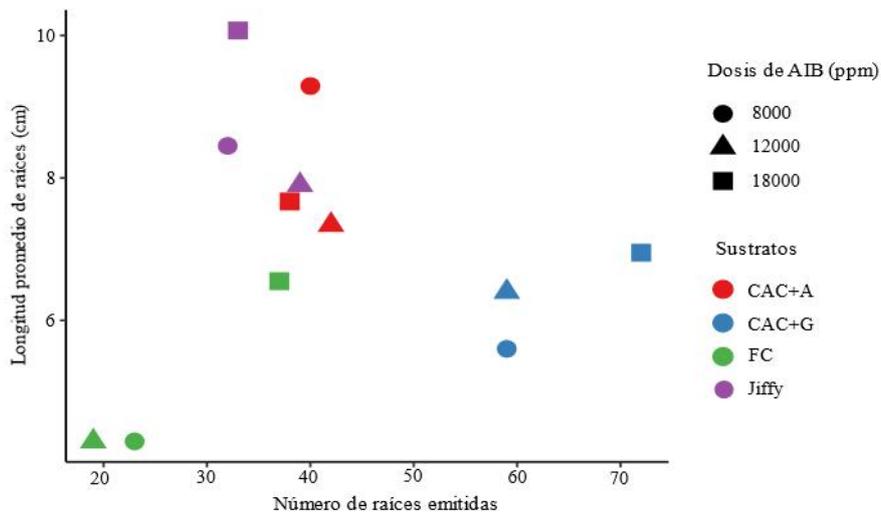


Fuente: Autores.

Los resultados indican que la mezcla de cascarilla de arroz carbonizada con gallinaza (CAC+G) mostró el mejor desempeño en el enraizamiento de estacas de shihuahuaco, alcanzando un 90% de éxito. Al aplicar una dosis de 18,000 ppm de AIB, se logró un notable enraizamiento del 96%. Estos hallazgos sugieren que la combinación de un sustrato adecuado y la

dosis correcta de AIB es crucial para optimizar el enraizamiento. Con relación al efecto del AIB en la especie *Dipteryx ferrea*, se observó que la dosis de 18,000 ppm no solo favoreció el enraizamiento, alcanzando un 88%, sino que también coincide con estudios previos que destacan que concentraciones elevadas de AIB suelen resultar en mejores tasas de enraizamiento (Argueta, 2008; Dahua, 2018). En comparación, el uso de fibra de coco presentó un porcentaje de enraizamiento del 63%, inferior al de otros sustratos, lo que resalta la importancia de seleccionar adecuadamente los sustratos para maximizar el enraizamiento (Figura 3).

Figura 3 - Longitud y números de raíces emitidas por tratamiento.



Fuente: Autores.

El análisis del número y la longitud promedio de raíces emitidas por los tratamientos reveló diferencias significativas entre los sustratos y las dosis de AIB aplicadas. En términos de longitud promedio, el sustrato "Jiffy" combinado con una dosis de 18,000 ppm de AIB produjo la longitud más alta, alcanzando un promedio de 10.07 cm (Figura 3). Esta tendencia coincide con lo observado por Abanto et al. (2015), quienes informaron un aumento en la longitud de raíces con dosis crecientes de AIB, y con Rioja (2022), que documentó longitudes superiores a 10 cm con mezclas de sustratos.

El número de raíces emitidas fue notablemente influenciado por el tipo de sustrato. El sustrato "CAC+G" demostró ser el más eficaz, generando un promedio de 63 raíces, mientras que "FC" reportó el menor número con un promedio de 26 (Figura 4). Estas diferencias pueden atribuirse a la composición orgánica y estructura física de cada sustrato, factores que afectan la retención de humedad y disponibilidad de nutrientes, críticos en el desarrollo radicular (Manihuari, 2022).

Figura 4 - Muestras de cuatro estacas enraizadas transcurrido los 40 días del experimento.



Fuente: Autores.

Se observó que a medida que aumentaba la dosis de AIB, también lo hacía el número promedio de raíces. Esto concuerda con los hallazgos de Villegas et al. (2018), quienes reportaron que dosis mayores de AIB fomentan un mayor desarrollo radicular en especies similares. Sin embargo, la longitud promedio de raíces no mostró una tendencia uniforme con respecto a las dosis, sugiriendo que otros factores, como las características del sustrato y la genética de la planta, también son cruciales para el crecimiento radicular. La interacción entre el número y la longitud de raíces sugiere que, aunque un mayor número de raíces beneficia la absorción de nutrientes y agua, la longitud es igualmente importante para el establecimiento exitoso de las plantas. Un equilibrio entre estas variables es esencial para maximizar el enraizamiento y, por ende, la supervivencia y el crecimiento de las estacas (Vásquez, 2011; Chauhan et al., 2020).

Además, la temperatura y la humedad jugaron un papel crítico en el éxito del enraizamiento. Las condiciones óptimas observadas (temperatura de 29 °C y humedad relativa del 55%) favorecieron el desarrollo radicular, alineándose con la literatura que sugiere que un ambiente húmedo y temperaturas controladas son fundamentales para el enraizamiento efectivo (Morales, 2016; Leakey y Mesén, 1991). Se observó que no existe diferencias significativas en el porcentaje de enraizamiento utilizando tres dosificaciones de AIB. Sin embargo, si existen diferencias altamente significativas utilizando cuatro tipos de sustratos, por lo cual se procedió a realizar la prueba de tukey (Tabla1).

Tabla 1 - Prueba de Tukey de los sustratos en el porcentaje de enraizamiento.

Sustrato	Promedio	Grupos homogéneos
CAC+G	90.28	A
CAC+A	84.72	A
Jiffy	80.56	A
FC	62.50	B

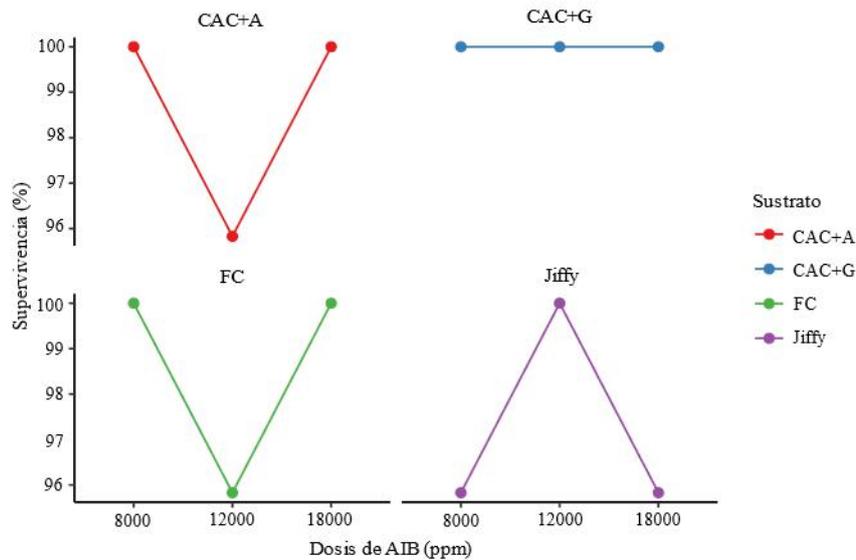
Fuente: Autores.

En la tabla, se observa que no existe diferencias significativas entre los sustratos CAC+G, CAC+A y Jiffy, que presentaron los mayores porcentajes promedio de enraizamiento, estos difieren significativamente del sustrato FC, que arrojó un 62.50%.

Efecto del AIB y sustratos en la supervivencia de estaquillas (%) (Figura 5)

En relación con la variable supervivencia, se observó altos porcentajes tanto con el AIB como con los sustratos. El menor porcentaje observado con la aplicación de AIB fue de 98% con 1200ppm, mientras que los mayores porcentajes (99%) se registraron con 8000 y 18000 ppm. Las estacas con cascarilla de arroz carbonizada y gallinaza presentaron el mayor porcentaje de supervivencia (100%).

Figura 5 - Porcentajes de supervivencia en estacas de *Dipteryx férrea*.



Fuente: Autores.

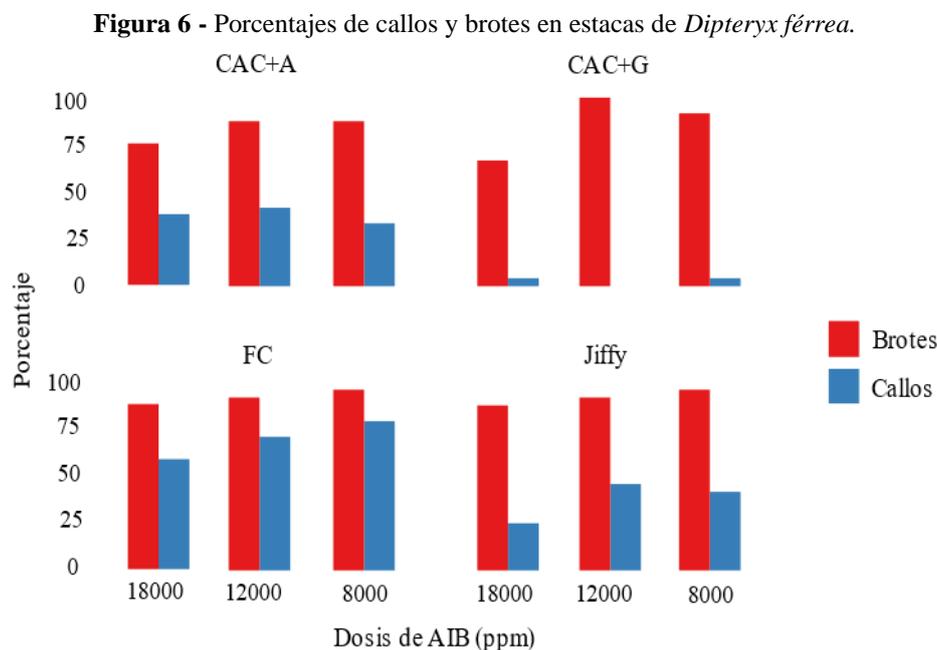
Estos datos muestran que con la dosis de AIB, sustrato adecuado y un propagador de sub irrigación correctamente establecido se logra una excelente propagación, que se refleja en los datos de supervivencia. Además, permiten diferenciar resultados en cuanto al método de propagación, como el de Millán & Márquez, (2014), que obtuvieron una respuesta negativa en propagación vegetativa de *Dipteryx panamensis* ejecutado en cámara de sub-irrigación.

La supervivencia también supera a los obtenidos por (Chauhan et al., 2020), quienes en la propagación vegetativa de la especie *Trillium govanianum* utilizando esquejes de secciones apicales presentaron una alta supervivencia (90,4%). Manihuari (2022) reportó un 37.5% de supervivencia mayor en el enraizamiento de estacas juveniles y producción de plántones de copaiba en túneles de subirrigación.

Sin embargo, Mermao (2012), report un 100% de sobrevivencia, pero en concentraciones de 4000 y 6000 ppm de AIB con arena de río en la propagación de estacas juveniles de *Myroxylon balsamum* con diferentes concentraciones de AIB y sustratos. Asimismo, Vásquez (2011), obtuvo un 95% de sobrevivencia utilizando arena gruesa y 1000ppm de AIB.

Finalmente, (Hartmann y Kester, 2011), afirman que la mayor capacidad de sobrevivencia se genera utilizando estacas juveniles de la especie forestal correspondiente. Del mismo modo, señalan qué se observa mayor éxito en la supervivencia y formación de raíces con plantas forestales en contenedores y AIB, especialmente a concentraciones mayores.

Efecto del AIB y sustratos en el porcentaje de callos y brotes (%) (Figura 6).



Fuente: Autores.

En esta figura se observa que la aplicación de 18000 ppm de ácido indol-3-butírico (AIB) presentó el menor porcentaje de callos (31%), mientras que el sustrato fibra de coco mostró la mayor callosidad (69%). La combinación de 8000 ppm de ácido indol-3-butírico (AIB) con el sustrato fibra de coco manifestó un 79.17 % de callos.

Respecto al porcentaje brotes, se registró que la aplicación AIB en 8000 y 12000ppm alcanzó el mayor porcentaje de brotes en ambos casos (93%). Asimismo, los sustratos Jiffy y fibra de coco presentaron un promedio de 92% de brotes cada uno.

Es importante destacar que un bajo porcentaje de callos indica un mayor porcentaje de enraizamiento en las estacas observadas. Esto fue corroborado por Dahua (2018), quien reportó un menor porcentaje de callosidad (25%) en comparación con un mayor porcentaje de enraizamiento (41.7%).

Tabla 2 - Análisis de varianza del porcentaje de callos.

Fuente de variación	SC	Gl	CM	F	p-valor
AIB	555.56	2	277.78	0.97	0.3936
Sustrato	20017.36	3	6672.45	23.29	<0.0001
AIB*Sustrato	972.22	6	162.04	0.57	0.7534
Error	6875	24	286.46		
Total	28420.14	35			

Fuente: Autores.

La Tabla 2 muestra que no hay interacción significativa entre las dosis de AIB y los tipos de sustratos ($F = 0.57$, $p = 0.7534$), lo que significa que el efecto de AIB es independiente del sustrato. Además, no se encontraron diferencias significativas en los porcentajes de callos entre las tres dosificaciones de AIB ($p = 0.3936$).

Sin embargo, el tipo de sustrato tiene un efecto altamente significativo en la formación de callos ($p < 0.0001$). Esto indica que el sustrato es un factor clave en el desarrollo de callos.

Tabla 3 - Análisis de varianza del porcentaje de brotes.

Fuente de variación	SC	Gl	CM	F	p-valor
AIB	1467.01	2	733.51	7.04	0.0039**
Sustrato	468.75	3	156.25	1.5	0.2399
AIB*Sustrato	859.37	6	143.23	1.38	0.2647
Error	2500	24	104.17		
Total	5295.14	35			

Fuente: Autores.

La Tabla 3 indica que no existe interacción factorial entre sustrato y dosis. También se observa que no hay diferencias significativas en los porcentajes de brotes utilizando cuatro tipos de sustratos, sin embargo, se encontraron diferencias altamente significativas en el porcentaje de brotes utilizando tres tipos de AIB.

Cornejo (2018), reportó que en estaquillas de Shihuahuaco de hoja grande (*Dipteryx odorata*) con una concentración de 6000 ppm de AIB se logró mayor brotación. Por su parte, Dahua (2018) reportó un 66.7% de brotación en estacas apicales de Marupa con 12000ppm. En este estudio, se observó una mayor brotación con AIB de 12000 y 8000ppm, destacando una diferencia notable.

Además, se observa que un alto porcentaje de brotación también se relaciona con un alto porcentaje de enraizamiento. Esto se evidencia en la combinación de AIB a 12000 ppm con el sustrato de cascarilla de arroz carbonizada y gallinaza descompuesta, que presentó un 95% de enraizamiento y un 100% de brotación en estacas de *Dipteryx ferrea*.

4. Conclusión

Los resultados destacan la eficacia de la aplicación de AIB y sustratos en la propagación vegetativa del shihuahuaco (*Dipteryx ferrea*) en condiciones de cámara de subirrigación. La concentración óptima de AIB (18000 ppm) junto con el sustrato de cáscara de arroz carbonizada + compost de gallinaza que demostró el mayor enraizamiento (95,80%), el número medio de raíces emitidas (72) y la tasa de supervivencia (100%). Estos hallazgos sugieren la viabilidad de estas técnicas para mejorar la propagación de esta especie forestal clave.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) por su apoyo logístico y financiero, y expresan su especial reconocimiento al Dr. Jorge Manuel Revilla Chávez y al Ing. M. Sc. Wilson Guerra Arévalo por sus recomendaciones, tiempo y asesoramiento en la instalación y ejecución del experimento. Agradecen también a los Sres. Hugo Tapullima y Rony Ríos por su apoyo constante y contribuciones en el desarrollo del experimento, así como al Ing. Lenin Vladimir Vargas Villa por su orientación y valiosos consejos durante el análisis de los resultados.

Referencias

Abanto, C., Cardoso, P., Alves, E., Rengifo, C., Pérez, W., Rosello, E., . . . & Jaymes, M. (2015). Efecto del ácido indolbutírico y tipo de estacas en el enraizamiento de copoazú en cámaras de subirrigación. *Ciencia Amazónica*, 5(2), 104-109. <https://doi.org/https://doi.org/10.22386/ca.v5i2.95>

- Argueta, O. (2008). Tesis de Titulación. *Evaluación de concentraciones de ácido indolbutírico en enraizamiento de acodos aéreos de Ficus elástica*. Guatemala.: Universidad San Carlos de Guatemala.
- Cárdenas, G., Bravo, N., Barboza, E., Salazar, W., Ocaña, J., Vázquez, M., Lobato, R., Injante, P., & Arbizu, C. (2023). Distribución actual y futura del shihuahuaco (*Dipteryx* spp.) bajo escenarios de cambio climático en la Amazonía centro-oriental del Perú. *Sostenibilidad*. <https://doi.org/10.3390/su15107789>
- Chauhan, H., Bisht, A., Bhatt, I., & Bhatt, A. (2020). *Protocolo para la propagación vegetativa de Trillium govanianum Wall ex D. Don*.
- Cordova, K. (2011). Tesis. *Selección masal y el efecto de dos concentración de auxinas para el enraizamiento de estaquillas juveniles de Acrocarpus fraxinifolius Wight et. Arn (cedro rosado de la India) en cámara de sub - irrigación, Pucallpa – Perú*. Pucallpa, Perú: Universidad Nacional de Ucayali.
- Cornejo, V. (2018). Tesis para optar el título de ingeniero forestal. *Propagación vegetativa de tres especies forestales potenciales para la recuperación de áreas degradadas en la región Ucayali*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Cruz Soto, F. C. H. (2017). *Evaluación de cuatro sustratos para la propagación de croton (Codiaeum variegatum) en Escuintla, Guatemala* (Doctoral dissertation). Universidade del Vale de Guatevala. URI: <https://repositorio.uvg.edu.gt/xmlui/handle/123456789/5222>.
- Dahua, C. (2018). Tesis. *Efecto del ácido-3-indolbutírico en la producción de clones de simarouba amara (marupa) aubl. croton matourensis (aucatadijo) aubl.* en Pucallpa, Perú.
- Dias, P. C., de Oliveira, L. S., Xavier, A., & Wendling, I. (2012). Estaquia e miniestaquia de espécies florestais lenhosas do Brasil. *Pesquisa florestal brasileira*, 32 (72), 453-3.
- Flores, B. Y. (2020). *Ecología, silvicultura y productividad de Dipteryx ferrea (Ducke) Ducke*. Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA.
- Gomes, V., Vieira, I., Salomão, R., & Steege, H. (2019). Especies arbóreas amazónicas amenazadas por la deforestación y el cambio climático. *Nature Climate Change*, 9, 547-53. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0500-2>.
- Gratieri et al. (2008). Propagación del corcho de los pantanos (*Erythrina crista-galli* L.) (Fabaceae) por el proceso de corte. *Rev. Árbore* 32. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622008000100018>
- Hartmann, H. T., & Kester, D. E. (2011). *Propagación de plantas: Principios y prácticas / Hudson T. Hartmann, Dale E. Kester; traducido por Antonio Marino Ambrosio*. México: CECSA.
- Leakey, R., & Mesén, F. (1991). *Métodos de Propagación Vegetativa en Árboles Tropicales*. Métodos de Propagación en Árboles Tropicales: Enraizamiento de Estacas Suculentas. Turrialba, CR.
- Lima, W. A. A. de, Morais, F. M. de, Rocha, F. S., & Malaquias, J. V. (2023). Avaliação de métodos de enxertia em mudas de baruzeiro (<i>Dipteryx alata</i> Vogel, Fabaceae). *Ciência Florestal*, 33(2), e69090 . <https://doi.org/10.5902/1980509869090>
- Manihuari, A. (2022). Tesis. *Influencia de sustratos, dosis de ácido indolbutírico (aib) en el enraizamiento de estacas juveniles y producción de plantones de copaifera paupera (Herzog) Dwyer (copaiba) en túneles de subirrigación*. Universidad Nacional de Ucayali. URI: https://hdl.handle.net/20.500.14621/5576_B7_2022_UNU_INGENIERIA_T_2022_ALIDA_MANIHUARI.pdf
- Mermao, T. (2012). (Tesis). *Influencia de diferentes concentraciones de ácido indolbutírico y sustratos en el enraizamiento de estacas juveniles de Myroxylon balsamun Harms*. Estoraque en propagadores de sub - irrigación – Pucallpa. Pucallpa, Perú: Universidad Nacional de Ucayali.
- Mesén. (1998). *Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub-irrigación*. Costa Rica: CATIE. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/1638>
- Millán & Márquez. (2014). Tesis (Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente). *Propagación por estaca de las especies nativas dipteryx panamensis y peltogyne pubescens usando diferentes tipos de enraizantes mediante el uso del propagador de sub-irrigación*. Manizales, Colombia.
- Morales, R. E. (2016). Tesis. *Propagación vegetativa de copaiba (Copaifera paupera (HERZOG) DWYE) mediante enraizamiento de estaquillas juveniles en cámaras de subirrigación, en Jenaro Herrera, Loreto, Perú*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Pereira A. S. et al. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [free e-book]. Santa Maria/RS. Ed. UAB/NTE/UFSM.
- Rioja, D. (2022). Tesis. *Efectos del sustrato no convencional y tubete en la biometría de plantones de Dipteryx sp (shihuahuaco)*. Pucallpa, Perú: Universidad Nacional de Ucayali.
- Salcedo, P. B. (2009). Tesis-Pre grado. *Efecto del ácido indol-acético (AIA) en el enraizamiento de estacas juveniles de "Capirona" Calycophyllum spruceanum (Benth) Hook F. Ex., instalado en cámara de sub-irrigación*. Tingo María: UNAS.
- Sisaro, D. (2016). *Propagacion vegetativa por medio de estacas de tallo*. Buenos Aires : INTA.
- Vásquez, A. (2011). Tesis de grado. *Propagación vegetativa de Swietenia macrophylla (caoba) mediante enraizamiento de estaquillas juveniles en cámaras de sub-irrigación, en Pucallpa-Perú*. Conocimiento Amazonico. 2 (1). <https://revistas.unapikitos.edu.pe/index.php/Conocimientoamazonico/article/view/19>.
- Villegas et al. (2018). *Efecto de diferentes concentraciones de ácido indolbutírico en el enraizamiento de estaquillas de dipteryx micrantha harms (shihuahuaco) en cámara de sub*. Repositorio de revistas de la Universidad Privada de Pucallpa, 2(2). <https://revistas.upp.edu.pe/index.php/RICCVA/article/view/59>.