



UNAP

FACULTAD



FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ECOLOGÍA DE BOSQUES

TROPICALES

TESIS

**“DOSIS DE ÁCIDO INDOLBUTÍRICO Y TIPOS DE SUSTRATOS EN EL
ENRAIZAMIENTO DE ESTAQUILLAS DE *Copaifera paupera* (Herzog)**

**Dwyer “copaiba” EN BANDEJAS PORTA TUBETAS PUERTO ALMENDRA,
LORETO- PERÚ 2022”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO EN ECOLOGÍA DE BOSQUES TROPICALES**

PRESENTADO POR:

FRANCISCO MARTÍN TOMÁS PIZARRO GÓNGORA

ASESOR:

Ing. TEDI PACHECO GÓMEZ, Dr.

CO-ASESORES:

Blgo. JOEL VASQUEZ BARDALES, Dr.

Ing. JULIO PINEDO JIMENEZ, Dr.

IQUITOS, PERÚ

2024



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 062-CCGyT-FCF-UNAP-2024

En Iquitos, en la sala de conferencias de la Facultad de Ciencias Forestales, a los 27 días del mes de noviembre del 2024, a horas 8:00 a.m., se dio inicio a la sustentación pública de la tesis: "DOSIS DE ÁCIDO INDOLBUTÍRICO Y TIPOS DE SUSTRATOS EN EL ENRAIZAMIENTO DE ESTAQUILLAS DE *Copaifera paupera* (Herzog) Dwyer "copaiba" EN BANDEJAS PORTA TUBETAS PUERTO ALMENDRA, LORETO- PERÚ 2022", aprobado con R.D. N° 0593-2023-FCF-UNAP, presentado por el bachiller, FRANCISCO MARTÍN TOMÁS PIZARRO GÓNGORA, para optar el Título Profesional de Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales, que otorga la Universidad de acuerdo a Ley y Estatuto.

El jurado calificador y dictaminador designado mediante R.D. N° 0532-2024-FCF-UNAP, está integrado por:

Ing. Waldemar Alegría Muñoz, Dr.	:	Presidente
Ing. Segundo Córdova Horna, Dr.	:	Miembro
Blgo. Carlos Roberto Dávila Flores, Dr.	:	Miembro

Luego de haber escuchado con atención y formulado las preguntas necesarias, las cuales fueron respondidas: SATISFACTORIAMENTE

El jurado después de las deliberaciones correspondientes, llegó a las siguientes conclusiones:

La sustentación pública y la tesis han sido: APROBADA con la calificación de MUY BUENA

Estando el bachiller apto para obtener el Título Profesional de Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales.

Siendo las 9:12 Se dio por terminado el acto ACADÉMICO

ING. SEGUNDO CÓRDOVA HORNA, Dr. Miembro	ING. WALDEMAR ALEGRÍA MUÑOZ, Dr. Presidente	Blgo. CARLOS ROBERTO DÁVILA FLORES, Dr. Miembro
Ing. TEÓFILO PACHECO GÓMEZ, Dr. Asesor	Ing. JULIO PINEDO JIMÉNEZ, Dr. Coasesor	Blgo. JOEL VÁSQUEZ BARDALES, Dr. Coasesor

Conservar los bosques beneficia a la humanidad ¡No lo destruyas!

Ciudad Universitaria "Puerto Almendra", San Juan, Iquitos-Perú

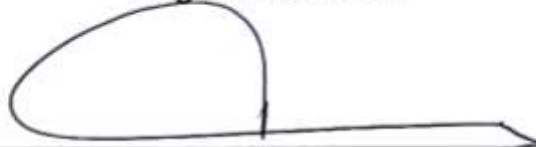
www.unapiquitos.edu.pe

Teléfono: 065-225303

JURADOS Y ASESORES



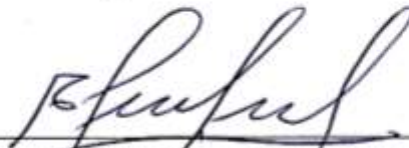
Ing. Waldemar Alegria Muñoz, Dr.
Presidente
Reg. CIP N° 37216



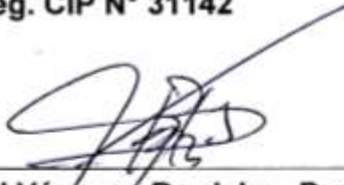
Ing. Segundo Córdova Horna, Dr.
Miembro
Reg. CIP N° 65032



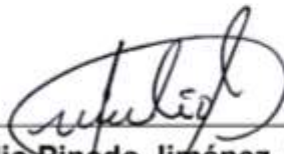
Blgo. Carlos Roberto Dávila Flores, Dr.
Miembro
Reg. CBP N° 6162



Ing. Tedi Pacheco Gómez, Dr.
Asesor
Reg. CIP N° 31142



Blgo. Joel Vázquez Bardales, Dr.
Co-asesor
Reg. CBP N° 5930



Ing. Julio Pinedo Jiménez, Dr.
Co-asesor
Reg. CIP N° 35009

FRANCISCO MARTIN TOMAS PIZARRO GONGORA

FCF_TESIS_PIZARRO GONGORA.pdf

 2-6DIC
 2-6DIC
 Universidad Nacional De La Amazonia Peruana

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::20208:414771878

Fecha de entrega
10 dic 2024, 5:34 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
10 dic 2024, 6:01 p.m. GMT-5

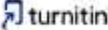
Nombre de archivo
FCF_TESIS_PIZARRO GONGORA FRANCISCO MARTIN TOMAS.pdf

Tamaño de archivo
701.7 KB

55 Páginas

8,864 Palabras

46,006 Caracteres

 turnitin Página 1 of 60 - Portada

Identificador de la entrega trn:oid:::20208:414771878




16% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe


- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 15%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 7%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**
8 caracteres sospechosos en N.º de página
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

A Dios, por ser el arquitecto de mi vida.

A mis padres, Francisco Pizarro Freyre y Teresa Góngora Ismiño, sin ellos no lo habría logrado. Sus constantes bendiciones hacia mi persona y su formidable crianza, forjaron mi carácter y perseverancia.

A mis hermanas Marluz Pizarro Góngora, Reina Isabel Pizarro Góngora y Marisa Roxana Pizarro Góngora por sus constantes palabras de ánimos y persistencia en todo momento.

AGRADECIMIENTO

Al ingeniero Tedi Pacheco Gómez. Dr., responsable del proyecto de investigación “Dosis de ácido indolbutírico y tipos de sustratos en enraizamiento de estaquillas de seis especies forestales promisorias en cámaras de subirrigación, Loreto, Perú”, quien me brindo siempre el apoyo, asesoría y exigencia constante en el desarrollo del presente estudio. Sin él, no se habría podido concretar la presente tesis.

Al Blgo. Joel Vásquez Bardales, Dr., y al Ing. Julio Pinedo Jiménez, Dr., por sus orientaciones y asesorías en el presente trabajo.

Al ingeniero, estudiante de Doctorado Jean Brandon Torres Gálvez, por el apoyo en la fase de establecimiento del experimento, análisis estadístico e interpretación de resultados. Al Ingeniero Sergio Fernando Pinedo Freyre M.Sc., y la Ingeniera Rosmery Del Águila Berrocal, del Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA Sede Iquitos, por su orientación en la preparación y la aplicación del Ácido Indol 3-Butirico AIB.

Al señor Karol Vries Sias Murrieta por sus consejos en inducción de brotes y apoyo en campo en la preparación de las estaquillas. A los trabajadores del Centro de Procedencias de Especies Agrícolas y Forestales de la Amazonia Peruana, especialmente al Sr. Julio Isuiza López por el apoyo constante en las actividades de campo desde el inicio hasta la culminación del experimento.

ÍNDICE GENERAL

	Pág
PORTADA	i
ACTA DE SUSTENTACIÓN	ii
JURADOS Y ASESORES	iii
REPORTE DEL INFORME DE SIMILITUD	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Bases teóricas	6
1.3 Definición de términos básicos	27
CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES	28
2.1 Formulación de la hipótesis	28
2.2 Variables y su operacionalización	28
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	30
3.1 Diseño metodológico	30
3.2 Diseño muestral	33
3.3 Procedimiento de recolección de datos	33
3.4 Procesamiento y análisis de los datos	37
3.5 Aspectos éticos	39

CAPÍTULO IV: RESULTADOS	40
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	48
CAPÍTULO VI: CONCLUSIÓN	52
CAPÍTULO VII: RECOMENDACIÓN	53
CAPÍTULO VII: FUENTES DE INFORMACIÓN	54
ANEXOS	60

ÍNDICE DE TABLAS

N°	Pág
1. Clasificación taxonómica de <i>Copaifera paupera</i>	6
2. Propiedades curativas del aceite de <i>Copaifera paupera</i>	12
3. Clasificación de las estaquillas	14
4. Efecto de las auxinas en la propagación vegetativa	20
5. Características generales de Perlita agrícola	23
6. Propiedades físico-químicas de la cascarilla de Arroz calcinada	24
7. Variables y su operacionalización	29
8. Tratamientos resultantes	31
9. Descripción de los tratamientos	31
10. Porcentaje de formación de callos por tratamientos	40
11. Porcentaje de formación de callos por sustratos	41
12. Porcentaje de formación de callos por Dosis de AIB	41
13. Análisis de la varianza para la formación de callos	42
14. Porcentaje de supervivencia por tratamientos	43
15. Porcentaje de supervivencia por sustratos	44
16. Porcentaje de supervivencia por Dosis de AIB	44
17. Análisis de la varianza para la supervivencia	45
18. Numero de estaquillas enraizadas, raíces y longitud promedio de raíces	46

ÍNDICE DE FIGURAS

N°		Pág
1.	Características de <i>Copaifera paupera</i>	8
2.	Distribución espacial de <i>Copaifera paupera</i>	10
3.	Etapas del proceso de enraizamiento	16
4.	Diagrama del proceso de propagación vegetativa	18
5.	Estructura química de las auxinas	19
6.	Proceso de obtención de cascarilla de arroz calcinada	25
7.	Distribución de los tratamientos en las bandejas porta tubetes	32
8.	Test de Tukey para la formación de callos por sustrato	42
9.	Test de Tukey para la supervivencia por sustrato	45
10.	Normalidad por pruebas no formales	62

RESUMEN

El Presente estudio, realizado en el Centro de Procedencias de Especies Agrícolas y forestales de la Amazonia Peruana, tuvo como objetivo de determinar el efecto de las dosis de ácido indolbutírico (AIB) y tipos de sustratos en el enraizamiento de estaquillas de *Copaifera paupera* en bandejas portatubetas. El estudio empleó un diseño experimental con un arreglo factorial de 4x2, utilizando un enfoque cuantitativo y nivel explicativo. Los resultados indicaron que el factor sustrato fue más determinante que las dosis de AIB en la formación de callos (p-valor = 0.0166) y la supervivencia de estaquillas (p-valor = 0.0204). El tratamiento más efectivo fue T5 (Perlita agrícola + 0 ppm de AIB) logrando 66.67% de formación de callos y 70.83% de supervivencia. Para la variable enraizamiento, no se realizó análisis de varianza debido al bajo número de estaquillas enraizadas (3). Sin embargo, el tratamiento T4 (cascarilla de arroz calcinada + 6000 ppm de AIB) mostró la mayor longitud de raíces (85 mm).

Palabras clave: Enraizamiento, callos, supervivencia, AIB.

ABSTRACT

The study, conducted at the Center for Provenance of Agricultural and Forest Species in the Peruvian Amazon, aimed to determine the effect of indolebutyric acid (IBA) doses and substrates types on the rooting of *Copaifera paupera* cuttings in plug trays. The research employed a 4x2 factorial experimental design with a quantitative approach and explanatory level. Results indicated that the substrate factor was more influential than IBA doses in callus formation ($p=0.0166$) and cutting survival ($p=0.0204$). The most effective treatment was T5 (agricultural perlite + 0 ppm IBA), achieving 66.67% callus formation and 70.83% survival. For the rooting variable, analysis of variance was not performed due to the low number of rooted cuttings (3). However, treatment T4 (calcined rice husk + 6000 ppm IBA) showed the greatest root length (85 mm).

Keywords: Rooting, Callus, Survival, IBA

INTRODUCCIÓN

Copaifera paupera, comúnmente conocida como copaiba, es una especie de gran importancia en la Amazonía peruana. Su valor radica tanto en su uso en la industria maderera como en sus propiedades medicinales, especialmente las de su aceite (Valenzuela *et al.*, 2004, p. 19; Reynel *et al.*, 2003, p. 16; Mejía y Rengifo, 2000, p. 82). La especie se distribuye naturalmente en tres regiones del Perú, siendo Loreto una de las principales áreas de desarrollo (Mejía y Rengifo, 2000, p. 82; Araujo, 2018, p. 25).

La creciente demanda de copaiba en proyectos de reforestación ha aumentado la necesidad de su producción en viveros (PEDAMAALC, 2016, p. 120). Sin embargo, la producción tradicional enfrenta un desafío significativo debido a la limitada disponibilidad de semillas. Esta restricción ha impulsado la búsqueda de métodos alternativos de producción, entre los que destaca la propagación vegetativa mediante estaquillas (Rojas *et al.*, 2004, p. 7-15).

El presente estudio se enfoca en determinar el efecto de las dosis de ácido indolbutírico (AIB) y tipos de sustratos en el enraizamiento de estaquillas de *C. paupera* en bandejas portatubetes. Se evalúan cuatro dosis específicas de AIB (0, 2000, 4000 y 6000 ppm) y dos tipos de sustratos (perlita agrícola y cascarilla de arroz calcinado). Estas variables se han seleccionado basándose en estudios previos y considerando que el AIB es la hormona más utilizada en estos procesos (Báez-Pérez *et al.*, 2015, p. 524).

La investigación se lleva a cabo en el Centro de Procedencias de Especies Agrícolas y Forestales de la Amazonia Peruana (CEPEAFAP), ubicado en Puerto Almendra, Loreto, Perú. El estudio es de tipo analítico, con un nivel explicativo y un enfoque cuantitativo. Se emplea un diseño experimental completamente al azar (DCA) con dos factores de estudio.

La población del estudio está constituida por estaquillas juveniles de *C. paupera* procedentes de un huerto yemero del CEPEAFAP en el año 2022. La muestra, seleccionada por conveniencia, consiste en 192 estaquillas (Hernández-Sampieri *et al.*, 2014, p. 176).

Este trabajo busca contribuir al conocimiento sobre la reproducción asexual de la copaiba, proporcionando información valiosa para la optimización de protocolos de propagación. Los resultados obtenidos se contrastaron con estudios previos, aunque estos sean limitados, para ofrecer una discusión integral sobre las mejores prácticas en la propagación vegetativa de *C. paupera*.

La importancia de este estudio radica en su potencial para ampliar la línea de conocimiento en la propagación vegetativa de *C. paupera*, una temática poco explorada hasta la fecha. Los hallazgos de esta investigación podrán aplicarse en futuros proyectos de investigación, contribuyendo así la mejora de la temática del estudio.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes

En el marco de estudios de enraizamiento de estaquillas, son pocos los que consideran a *Copaifera paupera*. Por esta razón, a continuación, se presentan algunos antecedentes que giran en torno a estudios que consideran a la especie, la familia y otras especies:

Estudios de enraizamiento con *Copaifera*

Un estudio realizado el año 2022, en Manantay, Ucayali, determinó que los sustratos cascarilla de arroz carbonizada, fibra de palma y turba de sphagnum, así como las dosis de AIB de 0, 6000, 8000, 10000 ppm, no favorecieron positivamente al enraizamiento y la supervivencia de estaquillas de *Copaifera paupera* en cámaras de sub irrigación. Este estudio concluyó que no existió un efecto significativo de los factores (sustratos y dosis) estudiados para el enraizamiento de *Copaifera paupera* (Manihuari, 2022, p. 85).

Otro estudio previo, realizado en el año 2016, en Jenaro Herrera, Loreto, determinó que el sustrato de arena media y la dosis de 7000 ppm de AIB propiciaron una mayor tasa de enraizamiento que las alcanzadas en otros sustratos (arena fina y cascarilla de arroz calcinada) y dosis (0, 3000, 5000 y 7000 ppm). Este estudio concluyó, que es posible la propagación de

Copaifera paupera mediante estaquillas, bajo el sustrato adecuado y la dosis específica en cámaras de sub irrigación (Morales, 2016, p. 65).

Estudios de enraizamiento con la familia Fabaceae

Un estudio realizado en el año 2016, en Carácuaro, Michoacán, México, determinó que tres tipos de estacas de *Dalbergia congestiflora* (Fabaceae) respondieron positivamente a los efectos de 1, 5 y 10 ppm de AIB para la brotación de estacas. No obstante, las estacas basales presentaron un mayor número y longitud de brotes, en comparación con las de tipo apical y medias. Así mismo, el enraizamiento solo fue posible en estacas basales tratadas con 10 ppm de AIB. Esta investigación concluyó que la brotación de *D. congestiflora* se logra a concentraciones bajas y el enraizamiento a partir de 10 ppm de AIB (Hernández *et al.*, 2016, p. 94).

Otro estudio del 2016, en la región del Maule, Chile, determinó que las estacas de *Adesmia bijuga* (Fabaceae) tratadas con AIB líquido y Keri root en polvo propiciaron tasas de enraizamiento que varían entre el 40% y 65%. No obstante, no se registró diferencias significativas entre los tratamientos, aunque la tasa de enraizamiento fue levemente mayor en las estacas tratadas con el enraizante en polvo. Este estudio concluyó que la propagación vegetativa es una alternativa para la conservación *in situ* especie como *A. bijuga* (Gómez *et al.*, 2016, p. 154)

Estudios de enraizamiento con otras especies

Un estudio realizado en el año 2018, en Molino de Pampas, Chachapoyas, Amazonas, determinó que, las estacas de *Almus acuminata* tratadas con 4000 ppm de AIB y un sustrato de proporciones 2:1:1 (tierra agrícola, humus de lombriz y arena de río) propiciaron una tasa de enraizamiento de 70%. Esta investigación concluyó que la propagación por estaquillas de *A. acuminata* es posible bajo uso de la dosis adecuada de AIB (Oliva y Rimachi, 2018, p. 14).

Otro estudio, en el año 2015, en Belém, Pará, Brasil, determinó que las estacas de *Bertholletia excelsa* procedentes de la parte media y basales, tratadas con 1000 ppm de AIB propiciaron tasas de enraizamiento de 58.3% y 41.7%. No obstante, las estacas tratadas con 3000 y 1000 ppm de AIB presentaron longitudes de raíces más largas (7.0 y 6.4 cm). Esta investigación concluyó que, el AIB propicia la formación de raíces en diferentes tipos de estacas de *B. excelsa*, aunque la dosis de 1000 ppm de AIB aumenta la tasa de enraizamiento (Castro *et al.*, 2015, p. 227)

1.2 Bases teóricas

Clasificación taxonómica de la especie

La clasificación taxonómica de *Copaifera paupera*, según Duncan (1951) citado por Trópicos y Reynel *et al.*, (2003, p. 16) se presenta de la siguiente manera:

Tabla 1. Clasificación taxonómica de *Copaifera paupera*

Jerarquía biológica	Descripción
Clase	Equisetopsida
Subclase	Magnoliidae
Superorden	Rosanae
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Genero	Copaifera
Nombre científico	<i>Copaifera paupera</i> (Herzog) Dwyer
Nombre común	Copaiba

Adaptado de Tropicos.org; Reynel *et al.*, 2003, p. 16.

Descripción botánica

Reynel *et al.*, (2003) describen a *Copaifera paupera* como un árbol de fuste recto y cilíndrico, que alcanza los 35 m de altura y un diámetro máximo de 150 cm. La ramificación inicia a partir de segundo tercio. Su corteza externa es lenticelada y de una tonalidad que varía entre marrón claro a grisáceo, presenta escamas de ritidoma que al caerse dejan cicatrices,

otorgándole la apariencia de una corteza martillada. En contraste, la corteza interna se subdivide en dos estratos: uno arenoso, de color cambiante de amarillo a anaranjado pálido, y el otro muy delgado y fibroso. Además, presenta ramitas terminales circulares, de 3 a 5 mm de diámetro, finamente agrietadas y glabras (p. 16).

En relación a sus hojas, Mejía y Rengifo (2000) indican que son compuestas pinadas, con pecíolos puberulento-rojizo de 4 a 5 pares de folíolos, pelúcidos-punteados, densos y finamente reticulados y lustroso en ambos lados. Posee forma oblongo-elíptica, agudo en la base y obtusamente acuminado en el ápice, midiendo de 3 a 5 cm de largo y de 1 a 2 cm de ancho (p. 82).

La inflorescencia se presenta en panículas estrechas de 10 a 15 cm de largo, raquis pubescente, de 10 a 15 racimos de segundo orden, y 9 a 18 flores por racimo, presencias de brácteas, con ambas caras glabras y tricomas en los bordes (Flores, 2010, p. 11). Las flores, blancas, pequeñas, son bisexuales, zigomorfas, de 5 a 7 mm de longitud, sésiles, con cáliz y corola presentes. El cáliz alcanza de 2 a 3 mm, mientras que la corola, tubular y amarillenta, mide de 4 a 5 mm. El androceo alcanza 5 a 6 mm, con estambres numerosos. El gineceo presenta un pistilo de ovario súpero y alargado, y el estigma es inconspicuo (Reynel *et al.*, 2003, p. 16).

Los frutos son legumbres discoides dehiscentes, marrones, de 3 - 5 cm de longitud, con superficie lisa y glabra. Sus semillas, de 1,2 a 4 cm, son negras y están cubiertas con un arilo carnoso de color amarillo a anaranjado (MINAGRI, 2020, p.1).



Figura 1. Características de *Copaifera paupera*. 1. Fuste recto del árbol maduro. 2. Copa de árbol. 3. Hojas. 4. Corteza externa. 5. corteza interna. 6. Ramita terminal, frutos y semillas. Adaptado de Araujo, 2018, p. 26.

Distribución y hábitat

El género *Copaifera* es originario de las regiones tropicales de América y África, cuenta con aproximadamente 72 especies reconocidas en estas regiones. En América, se distribuye en varios países, entre ellos Argentina, Brasil, Bolivia, Guyana, México, Paraguay, Perú y el Salvador. En África, se encuentra presente en naciones como el Congo, Camerún, Guinea y Angola (Veiga y Pinto 2002, p. 273; Tropicos.org).

Específicamente en Perú, la presencia del género se restringe a los departamentos de Ucayali, Madre de Dios y Loreto (Mejía y Rengifo, 2000, p. 82; Araujo, 2018, p. 25). En estas áreas, la especie habita en lugares con altitudes no superiores los 700 msnm, caracterizados por precipitaciones elevadas y constantes que oscilan entre 1700 y 3300 mm anuales, así como temperaturas que fluctúan entre 22 a 26 °C. Además, suele ubicarse en proximidad a cuerpos de agua, purmas (cerradas y jóvenes) y pastizales. De este modo, muestra preferencia por suelos fértiles, bien drenados y con pedregosidad de nivel medio a bajo. A pesar de su desarrollo lento y su tolerancia a la sombra, se clasifica como una esciofita. Bajo estas condiciones, experimenta un crecimiento pausado que alcanza su plenitud con la intensificación de la exposición a la luz solar (Reynel *et al.*, 2003, p. 16; MINAGRI, 2020, p. 1; Veiga y Pinto 2002, p. 274).



Figura 2. Distribución espacial de *Copaifera paupera*. Adaptado de Veiga y Pinto, 2002, p. 274

Fenología

Según Veiga y Pinto (2002), las plantas del género *Copaifera* muestran su proceso de floración y fructificación a partir del quinto año de vida, si bien esta temporalidad puede variar dependiendo de la región y las condiciones del clima. En Brasil, la floración tiene lugar entre octubre y julio, seguida de la fructificación que se extiende de julio a octubre. Los principales agentes polinizadores son *Trigona sp* y *Apis mellifera* (p. 274).

En el contexto peruano, la dinámica difiere, ya que la floración se manifiesta a lo largo de todo el año con diferentes intensidades, mientras que la fructificación se concentra entre el final de la estación seca y el inicio de la estación lluviosa, específicamente entre setiembre y enero (Reynel

et al., 2003, p. 16). El proceso de maduración de los frutos se completa en un lapso de 3 a 4 meses. La diseminación de las semillas se focaliza entre el inicio la estación seca (julio) y el comienzo de la estación lluviosa (setiembre). No obstante, durante este periodo, los árboles pueden experimentar una defoliación total o parcial de sus copas. La pulpa de los frutos es altamente apreciada por diversas especies de mamíferos y aves (Flores, 2010, p. 12) como *Ramphastos toco*, *Cyanocorax cristatellus*, *Cebus apella nigrinus* y algunos roedores, los cuales contribuyen a la dispersión de las semillas (Veiga y Pinto, 2002, p. 274). A pesar de ello, los árboles jóvenes de una plantación pueden comenzar a producir frutos a los 15 años de edad (Flores, 2010, p. 12).

USOS

Copaifera paupera exhibe una variedad de aplicaciones tanto en el sector maderero como en el no maderero. Gracias a su notable durabilidad, su madera se emplea en la industria de la carpintería para la fabricación de muebles, vigas, columnas y parquet, entre otros productos (Valenzuela *et al.*, 2004, p. 19; Reynel *et al.*, 2003; p. 16). En el ámbito de la medicina tradicional, se le reconocen al aceite derivado de *Copaifera paupera* diversas propiedades curativas, abarcando la capacidad de sanar heridas, tratar inflamaciones, combatir la sarna, aliviar afecciones de la garganta, úlceras, herpes, y otras dolencias (Mejía y Rengifo, 2000, p. 82).

Tabla 2. Propiedades curativas del aceite de *Copaifera paupera*

Afecciones	Modo de curación
Heridas	Unas gotas de aceite sobre la zona afectada.
Sarna	Unas gotas de aceite al natural o en cocimiento.
Dolor de garganta	Tres gotas de aceite con miel de abeja dos veces al día.
Úlceras	Ingesta de cinco gotas de aceite diluido en agua tibia, en ayunas, durante siete días.
Herpes	Aplicación de una mezcla con el aceite de andiroba, dos veces al día, dejando por 30 minutos.

Nota: algunas propiedades curativas se atribuyen a los componentes como el Ácido copaífero, e-cubeno, B-cariofileno, e-humuleno, d-candieno.

Adaptado de Mejía y Rengifo, 2000, p. 82.

Enraizamiento de estaquillas

El enraizamiento de estaquillas es una técnica ampliamente utilizada en la horticultura ornamental, tanto de plantas perenes como caducas (Martínez y Águila, 1989, p. 9). Esta técnica se encuentra inmersa dentro de los métodos de multiplicación vegetativa también conocidos como propagación asexual (Barbat, 2006, p. 33).

Según Barbat (2006), la multiplicación vegetativa es un proceso que implica la producción de plantas a partir de la separación de fragmentos vegetativos de una planta madre, generando una réplica genéticamente idéntica al individuo del cual se obtuvo el fragmento (p. 34).

En esta perspectiva, Rojas *et al.*, (2004) destacan la totipotencia de las células, una capacidad que conservan ciertas células de los tejidos vegetales para multiplicarse, diferenciarse y dar origen a diversas estructuras, como tallos y raíces (p. 7). No obstante, Hartmann y Kester (1997) señalan que este proceso se ve facilitado por la mitosis, que duplica el genotipo de la planta, denominándose clonación (p. 219).

En este contexto, Garate (2010) explica que estaquillas son, esencialmente, fragmentos separados de una planta madre que poseen yemas caulinares y hojas (p. 5). La clasificación de las estaquillas depende del lugar de su procedencia, ya sean del tallo, de la raíz o de las hojas (Vozmediano, 1982, como se citó en Lucero, 2013, p. 11), y este factor influye en el proceso de regeneración (Rojas *et al.*, 2004, p. 14), tal y como se detalla en la tabla 3.

En el caso de las estaquillas provenientes del tallo, solo necesitan el sistema radicular adecuado para convertirse en una nueva planta. Sin embargo, es crucial que las estaquillas cuenten yemas caulinares, que contienen meristemas también conocidos como punto vegetativo, ya que tienen la capacidad para generar raíces en su posición basal (Barbat, 2006, p. 34).

Tabla 3. Clasificación de las estaquillas

Tipo	Descripción
Del Tallo	Necesitan únicamente un nuevo sistema radicular, dado que su sistema aéreo esta potencialmente presente en la yema. Según la naturaleza de la madera, las estaquillas caulinares se subdividen en: leñosas, semileñosas o herbáceas
De la raíz	Deben dar lugar a una nueva copa a partir de una yema adventicia.
De las hojas	Deben formar tanto un nuevo aparato radicular como aéreo.

Adaptado de Vozmediano, 1982, como se citó en Lucero, 2013, p. 11.

La formación de raíces adventicias constituye la esencia de la propagación por estaquillas (Barbat, 2006, p. 34), aunque este proceso involucra una serie de eventos anatómicos y fisiológicos complejos (Hartmann y Kester, 1997, p. 270).

Desde una perspectiva anatómica, Strasburger (1994) y Botti (1999) como se citó en Henríquez (2004) indica que en las estaquillas de tallos, la epidermis, el parénquima cortical, el parénquima radial, el cambium vascular y parénquima floemático son los tejidos más propensos a formar primordios radicales. Las raíces adventicias se originan a partir de las células que se dividen próximas al floema de los vasos conductores,

formando un callo del cual se diferencian luego las raíces (p. 7). En plantas herbáceas, Hartmann y Kester (1997) señalan que las raíces se originan afuera y entre los haces vasculares, variando los tejidos involucrados según la especie, entre ellos el parénquima del floema, la epidermis y los del periciclo (p. 257). En cambio, en las plantas leñosas, las raíces se originan de las células del parénquima en el xilema secundario joven, los radios vasculares, el cambium, el floema, las lenticelas o de la médula (p. 258).

En la mayoría de plantas, la formación del callo y las raíces es independientes entre sí y cuando ocurre simultáneamente, se debe a su dependencia de condiciones internas y ambientales similares (Hartmann y Kester, 1997, p. 260).

Desde un punto de vista fisiológico, la formación de raíces adventicias se lleva a cabo por la acción combinada de las auxinas y cofactores de enraizamiento, promovidos en las hojas y yemas (Hartmann y Kester, 1997, p. 270). En este contexto, algunos autores sostienen que la formación de callos puede ser perjudicial para el enraizamiento de estacas ya que interfiere negativamente con la rizogénesis (Montserrat, 2021, p. 21)

La rizogénesis implica una transformación profunda de los tejidos de la estaca. En este proceso, los grupos de células diferenciadas y

organizadas inician un proceso de desdiferenciación, permitiendo la formación de estructuras meristemáticas o esbozos morfogénicos radicales (considerados como una etapa crucial), que posteriormente, mediante polarización, se transforman en los primordios radicales. Una vez formados, estos alcanzan la fase de desarrollo de los primordios en raíces adventicias (Martínez y Águila, 1989, p. 10).

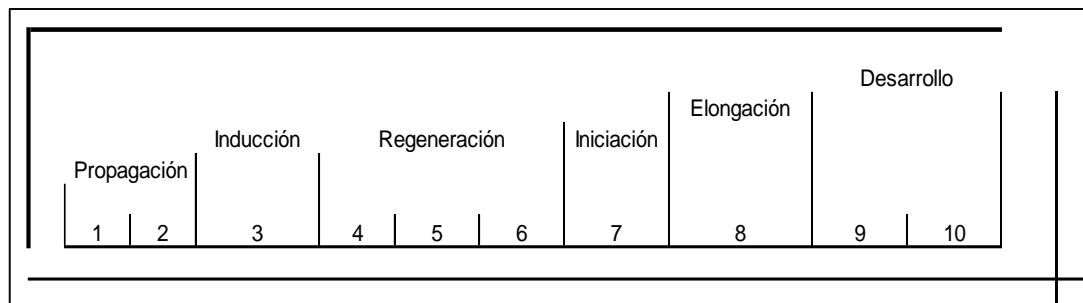


Figura 3. Etapas del proceso de enraizamiento. **1.** Planta madre. **2.** Corte de estaca. **3.** Cicatrización de herida. **4.** Diferenciación. **5.** Primordio de la raíz. **6.** Sistema Vascular. **7.** Inicio de emisión de raíces. **8.** Crecimiento radicular. **9.** Endurecimiento. **10.** Crecimiento de la nueva planta. Adaptado de Rojas *et al.*, 2004, p. 14

La rizogénesis se ve favorecida por un grupo de hormonas vegetales, que son las auxinas, que en dosis adecuadas aceleran la iniciación meristemática radical y aumentan tanto el número como la calidad de las raíces formadas (Martínez y Águila, 1989, p. 10). Por ende, se induce la formación de raíces y brotes a mediante manipulaciones químicas,

mecánicas y/o ambientales (Baldini, 1992, como se citó en Garate, 2010, p. 5).

No obstante, diversos factores influyen y condicionan el proceso de enraizamiento de las estaquillas (Garate, 2010, p. 12; Martínez y Águila, 1989, p. 10), entre los que destacan:

- El manejo de la planta madre.
- La época y edad decuada
- La longitud y diámetro de la estaquilla.
- La presencia de hojas y yemas.
- Los tratamientos hormonales.
- Las condiciones ambientales como iluminación, temperatura, humedad relativa y el medio de enraizamiento.
- Además, de la capacidad de la estaca ya enraizada para prosperar después del trasplante y obtener plantas de calidad.

En el escenario ideal, cuando las condiciones son propicias, Soudre (2010, p. 2) y Guerra *et al.*, (2018, p. 11) señalan que la propagación de especie forestales a través de estaquillas juveniles tarda aproximadamente 180 días, comenzando con la selección del árbol donador (madre), la inducción de brotes (60 días), el enraizamiento (30), la aclimatación (30) y el manejo de los nuevos plantones en vivero (60) (Ver figura 4).

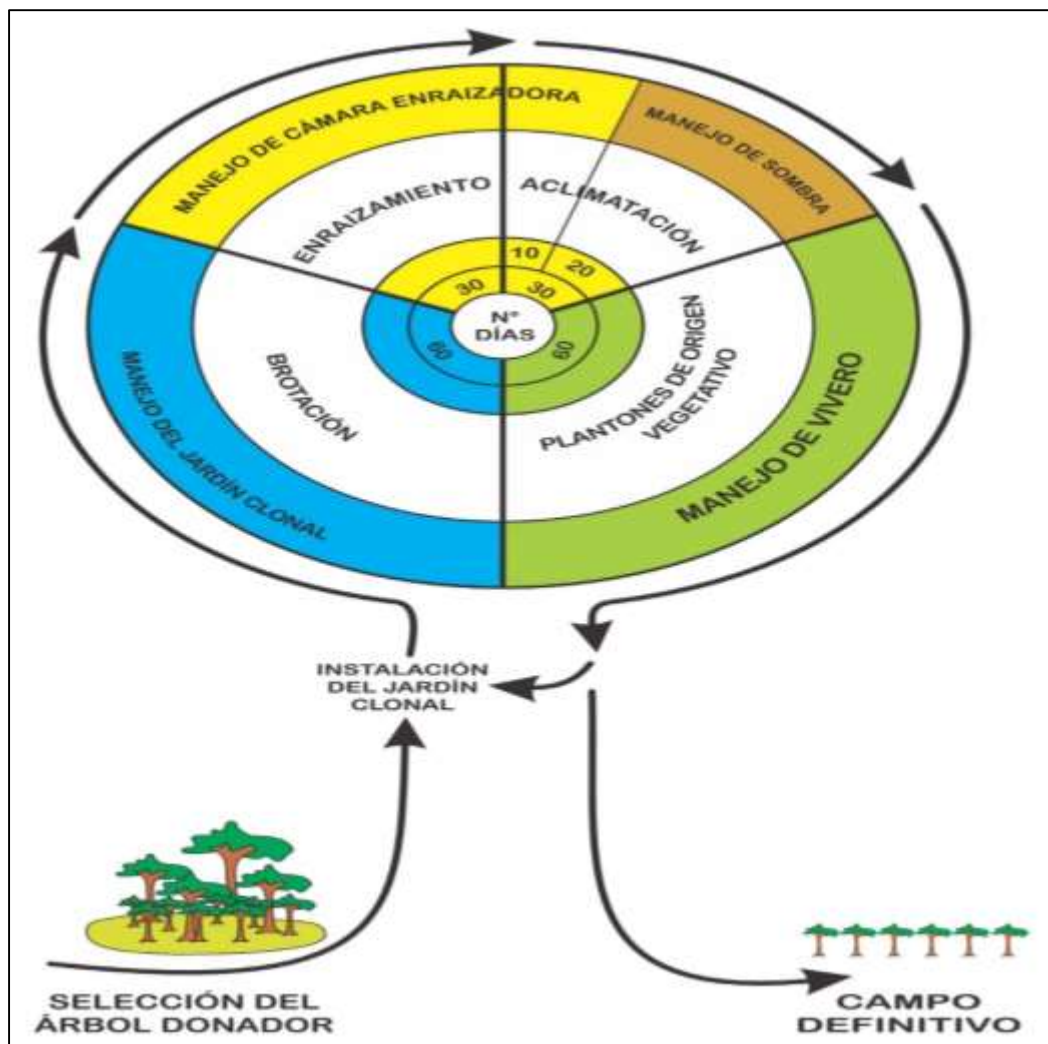


Figura 4. Diagrama del proceso de propagación vegetativa. Adaptado de Guerra *et al.*, 2018, p. 11.

Dosis de ácido indol butírico

En situaciones donde las plantas carecen de la capacidad de enraizar de forma espontánea, se hace necesario recurrir a la aplicación de sustancias hormonales que faciliten el desarrollo de raíces (Rojas *et al.*, 2004, p. 15). Estas sustancias pueden ser origen natural o sintético (Borjas-Ventura *et al.*, 2020, p. 151).

En el caso específico de las sustancias naturales, conocidas como fitohormonas, incluyen el grupo de las auxinas, que desempeñan diversas funciones en las actividades de las plantas, como el crecimiento del tallo, la formación de raíces, la inhibición de yemas laterales, la abscisión de hojas y frutos, así como la activación de las células del cambium (Hartmann y Kester, 1997, p. 266)

El ácido indol-3-acético (AIA) destaca como la auxina más abundante de forma natural, pero también existen otras, como el ácido indol-3-butírico (AIB), presente en menor cantidad endógena. En su forma sintética, el AIB actúa como regulador del crecimiento y se utiliza frecuentemente en la propagación vegetativa mediante estaquillas, ya que estimula y acelera la formación de raíces adventicias (Báez-Pérez *et al.*, 2015, p. 524).

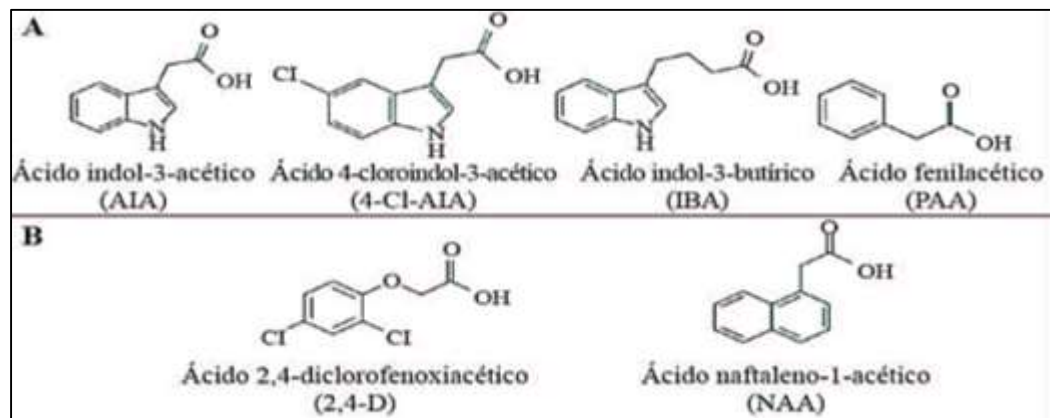


Figura 5. Estructura química de las auxinas. **A.** Auxinas naturales. **B.** Auxinas sintéticas. Adaptado de Vega-Celedón, 2016, p. 35.

Se ha observado que el AIB presenta una actividad auxínica débil y se degrada de manera relativamente lenta por sistemas enzimáticos destructores de auxinas. Como alternativa, el ácido naftalenacético (ANA) se emplea como otra auxina, aunque es más tóxica que el AIB (Hernández *et al.*, 2005, p. 6). La clave radica en la dosificación precisa de estas sustancias, ya que pueden volverse tóxicas rápidamente (Rojas *et al.*, 2004, p. 16). Especialmente, en el caso del AIB, que, a pesar de su baja toxicidad en concentraciones elevadas, puede afectar la supervivencia de las estaquillas de ciertas especies forestales (Rivera *et al.*, 2021, p. 328).

Tabla 4. Efecto de las auxinas en la propagación vegetativa

Especie	Prod.	Dosis	Variable	Rpta
<i>Rhododendron s.</i>	AIB	8000 mL L ⁻¹	Enraizamiento de	SR
	ANA		estacas	
<i>Fragaria x a.</i>	AIB	0.15%	Altura de planta	-
			Número de hojas	
<i>Agave t.</i>	ANA	3 mg L ⁻¹	Callo embriogénico	+
	2.4 D			
<i>Eustoma g.</i>	AIB	250 ppm	Callo embriogénico	+
		1000 ppm		
<i>Malpighia sp</i>	ANA	4000 mg k ⁻¹	Enraizamiento en acodo	+
	AIB	6000 mg k ⁻¹	aéreo	

<i>Cheilocostus s.</i>	ANA	500 mg L ⁻¹	Enraizamiento esquejes	+
<i>Rosa sp</i>	2.4 D	0.5%	Formación de raíces en estacas	+
<i>Citrullus l.</i>	2.4 D	200 mg L ⁻¹	Brix	+

Nota: SR. sin respuesta, +. Positiva. -. Negativa. Adaptado de Borjas-ventura *et al.*, 2020, p. 154.

Sustrato de enraizamiento

El sustrato o medio de enraizamiento desempeña un papel crucial en la propagación por estaquillas. Su función abarca desde proporcionar soporte y anclaje a las estaquillas hasta asegurar las condiciones óptimas de calor y humedad (Vozmediano, 1982, como se citó en Lucero, 2013, p. 12).

Gárate (2010) enfatiza la importancia de un sustrato efectivo, destacando características clave como la porosidad para la evacuación del agua y aireación, capacidad de retención de humedad, estabilidad y calidad sanitaria, esta última lograda mediante desinfección química y física. El mismo, autor señala que la relación equilibrada entre aire, agua y el medio de enraizamiento resulta crucial para el éxito de la macropropagación al influir en la disponibilidad de oxígeno en la base de la estaca, donde se forma las raíces (p. 22).

En términos de origen, los sustratos pueden ser orgánicos e inorgánicos. Los primeros incluyen opciones naturales, de síntesis y de sub productos de residuos de diversas actividades, mientras que los segundos abarcan materiales naturales, transformados o tratados industrialmente y residuos de sub productos industriales (Terés, 2001, p. 16)

Independientemente del origen, la mayoría de especies tropicales requiere un medio ligero con buen drenaje, porosidad y facilidad para su manipulación una vez que las plantas han enraizado. Entre los más adecuados se encuentran arenas, gravillas, perlita, vermiculita (Rojas *et al.*, 2004, p. 17), cascarillas de arroz calcinado, fibra de coco, entre otros (Terés, 2001, p. 16).

La perlita agrícola se destaca por ser un sustrato estéril, con poco peso, buena porosidad y buena aireación. No obstante, también posee una gran capacidad de retención de agua, lo cual le permite retener hasta 5 veces su propio peso y su pH normalmente varía entre 7 a 7.5. Estas características hacen de la perlita agrícola un sustrato muy empleado como medio para estacas con hojas en propagación vegetativa, sobre todo si se desarrolla en sistemas bajo niebla, debido a sus buenas propiedades de drenaje. Perlita agrícola se utiliza sola, aumenta sus propiedades cuando se emplea como mezcla en diversas proporciones con turba o vermiculita (Ozuna *et al.*, 2017, p. 76).

Tabla 5. Características generales de Perlita agrícola

Tipo	Tamaño
Densidad	135 g/L
Retención de humedad	45 %
Aire	35 %
Materia solida	20 %
Esterilidad	Muy alta
Durabilidad	3 años
Composición	Silicatos
pH	Neutro
CIC	Baja

Adaptado de Ozuna *et al.*, 2017, p. 77.

En cuanto a la cascarilla de arroz calcinada, se trata de un sustrato orgánico liviano con baja retención de agua, comúnmente utilizado en mezcla con otros sustratos para mejorar sus propiedades. Este sustrato, considerado de lenta biodegradación, favorecer la oxigenación del sustrato y se somete a un proceso de desinfección química y anaeróbica para eliminar partículas pequeñas, hongos y larvas de insectos (Mora, 1999, como se citó en López, 2019, p. 5). El tratamiento con HCl (0.1 M) durante 4 horas elimina impurezas relacionadas con Na, K, Ca y Al (Arcos *et al.*, 2007, p. 17).

Además, se destaca el alto poder energético de este sustrato, que contienen casi el 80% de su peso en carbono (Castro *et al.*, 2017, p. 12). Sus cenizas están compuestas principalmente por sílice (SiO₂), y pequeñas impurezas con un alto valor de superficie específica, lo que favorecería la formación de compuestos como silicatos de calcio y nitruro de silicio, entre otros (Arcos *et al.*, 2007, p. 19).

Tabla 6. Propiedades físico-químicas de la cascarilla de Arroz calcinada

Propiedades físico-químicas	Valores
Densidad seca	150 g/l
Capacidad de retención de agua	53.9%
Capacidad de intercambio catiónico	5.5 meq/dl
pH	7.4
Conductividad eléctrica	1.1 µmhos/cm
Cenizas	12 a 13%
Nitrógeno 0.7%	0.7%
Fósforo	0.2%
Potasio	0.32%

Adaptado de Calderón, 2001, como se citó en Castro *et al.*, 2017, p. 14).

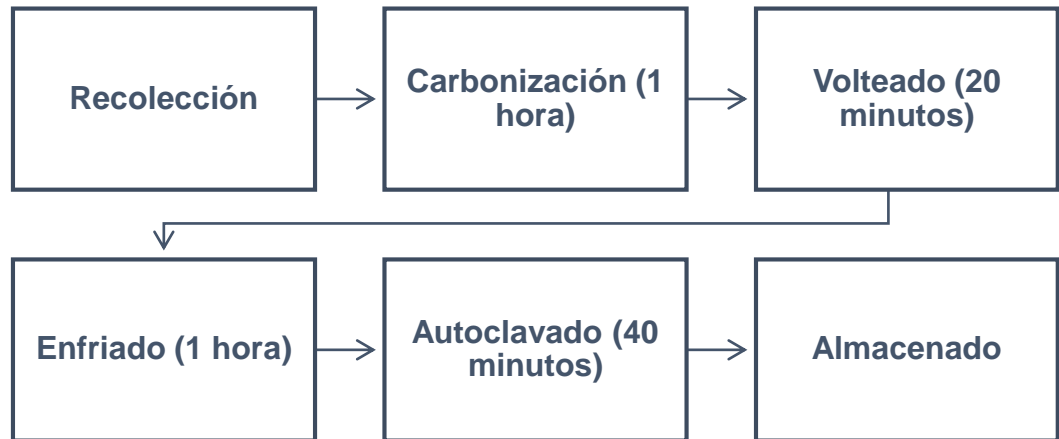


Figura 6. Proceso de obtención de cascarilla de arroz calcinada.

Bandejas porta tubetes

En la actualidad, el empleo de bandejas porta tubetes se destaca como una alternativa eficaz para la propagación de diversas especies (Arango, 2020, p. 10). Estas Bandejas consisten en recipientes que alojan los tubetes en pequeñas salientes verticales (Ramos y Carrión, 2013, p. 120), confeccionadas a partir de un material de plástico rígido (Viana, 2022, p. 58). Contrariamente, los tubetes, diseñados en forma cónica con un orificio de salida y estrías internas de polipropileno, guían el crecimiento de las raíces hacia abajo y previenen el enrollamiento de la raíz principal (Arango, 2020, p. 18).

Espinoza (2010, p. 28) destaca la popularidad de este método debido a sus diversas ventajas, que incluyen las siguientes

- La producción de plantas de mayor calidad.

- La facilidad de fertilización.
- El alto beneficio al reducir la mano de obra y aumentar la producción.
- El menor costo de transporte durante la siembra.
- El fomento del desarrollo de un sistema radicular saludable.
- El uso más eficiente del sustrato.
- La menor susceptibilidad al ataque de hongos e insectos.
- La reutilización de los tubetes.
- La necesidad de un área menor de producción más reducida.

No obstante, Ramos y Carrión (2013, p. 117) señalan algunas desventajas en comparación con otros sistemas de producción:

- Aunque el material inicial es más costoso, su adquisición es única debido a su reutilización, y tiene una vida útil prolongada de hasta 15 años.
- La instalación de la infraestructura es más compleja, ya que requiere de orientación técnica para construcción de estructuras específicas.

1.3 Definición de términos básicos

AIB: Regulador del crecimiento, que estimula y acelera la formación de raíces adventicias (Báez-Pérez *et al.*, 2015, p. 524).

Callos: Es una masa irregular de célula de parénquima en varios estados de lignificación. El callo prolifera de células jóvenes que se encuentran en la base de la estaca en la región del cambium vascular, aunque también pueden contribuir células de la corteza y de la medula. Con frecuencia los callos anteceden a las raíces (Urtecho, 2009, p. 51).

PPM: Abreviatura de partes por millón, que está ligado con la aplicación de la dosis de ácido indol butírico (Sociedad Española de Ciencias Forestales, http://secforestales.org/diccionario_forestal_secf?title=PPM).

Propagación asexual: Reproducción vegetativa (por ejemplo, bulbos, tubérculos, cormos) que no implica la formación o unión de gametos de diferentes sexos (FAO, 2013, 137).

Sustrato: Material diferente al suelo, que proporciona soporte y anclaje a las estaquillas (Lucero, 2013, p. 12).

Tubete: Recipiente cónico hecho de polipropileno usado para producción de plantas en vivero (Ramos y Carrión, 2013, p. 117).

Yema: Región de tejido meristemático con el potencial de desarrollar hojas, brotes, flores o combinaciones de los mismos, generalmente protegida por una bráctea modificada (FAO, 2013, 139).

CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1 Formulación de la hipótesis

Hipótesis general

La dosis de Ácido Indol Butírico y tipos de sustratos podrían influir en el enraizamiento de estaquillas de *Copaifera paupera*.

Hipótesis nula

La dosis de Ácido Indol butírico y tipos de sustratos no tienen un efecto significativo en el enraizamiento de estaquillas de *Copaifera paupera* en bandejas porta tubetes.

Hipótesis alterna

Al menos una dosis de Ácido Indol butírico o tipos de sustratos tienen un efecto significativo en el enraizamiento de estaquillas de *Copaifera paupera* en bandejas porta tubetes.

2.2 Variables y su operacionalización

La investigación preside el uso de dos de variables, las independientes y las dependientes:

- ✓ Independientes : Dosis de Ácido Indol butírico/ Tipos de sustratos
- ✓ Dependientes : Enraizamiento de estaquillas

Tabla 7*Variables y su operacionalización*

Variable	Definición	naturaleza	Indicador	Escala	Categoría	Valores	Medios de verificación
Independiente Dosis de ácido indol-3-butírico	Sustancia de crecimiento vegetal	Cuantitativa	Concentración	Nominal	ppm	0 2000 4000 6000	Ficha de evaluación de campo
Independiente Tipo de sustrato	Materiales parentales del suelo	Cuantitativa	Cascarilla de Arroz/Perlita Agrícola	Razón	No aplica	No aplica	Ficha de evaluación de campo
Dependiente Enraizamiento de estaquillas	Propagación vegetativa	Cuantitativa	- Número de estaquillas con callo (%) - Enraizamiento (%) - Numero de raíces (%) - Longitud de raíces (mm) - Supervivencia (%)	Ordinal	No aplica	No aplica	Ficha de evaluación de campo

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 Diseño metodológico

El estudio fue de tipo analítico, nivel explicativo, enfoque cuantitativo, y diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial (4 x 2).

Los factores de estudio fueron dosis de Ácido indol Butírico (d) y Sustrato (s). De la combinación de ambos resultaron 8 tratamientos.

Tratamientos en estudio

Factor sustrato : s

Nivel

Cascarilla de arroz calcinada : s₁

Perlita Agrícola : s₂

Factor dosis hormonal : d

Nivel

0 testigo : d₁

Dosis de 2000 ppm : d₂

Dosis de 4000 ppm : d₃

Dosis de 6000 ppm : d₄

Los tratamientos resultantes se presentan en las tablas 8 y 9.

Tabla 8. Tratamientos resultantes

Factor		D (Dosis hormonal AIB)			
s	Nivel	d1	d2	d3	d4
(sustratos)	Sub. s1	s1d1	s1d2	s1d3	s1d4
	Sub. s2	s2d1	s2d2	s2d3	s2d4

Tabla 9. Descripción de los tratamientos

Clave	Tratamientos	Descripción de los tratamientos
t1	s1d1	Cascarilla de arroz, 0 testigo
t2	s1d2	Cascarilla de arroz, 2000 ppm
t3	s1d3	Cascarilla de arroz, 4000 ppm
t4	s1d4	Cascarilla de arroz, 6000 ppm
t5	s2d1	Perlita agrícola, 0 testigo
t6	s2d2	Perlita agrícola, 2000 ppm
t7	s2d3	Perlita agrícola, 4000 ppm
t8	s2d4	Perlita agrícola, 6000 ppm

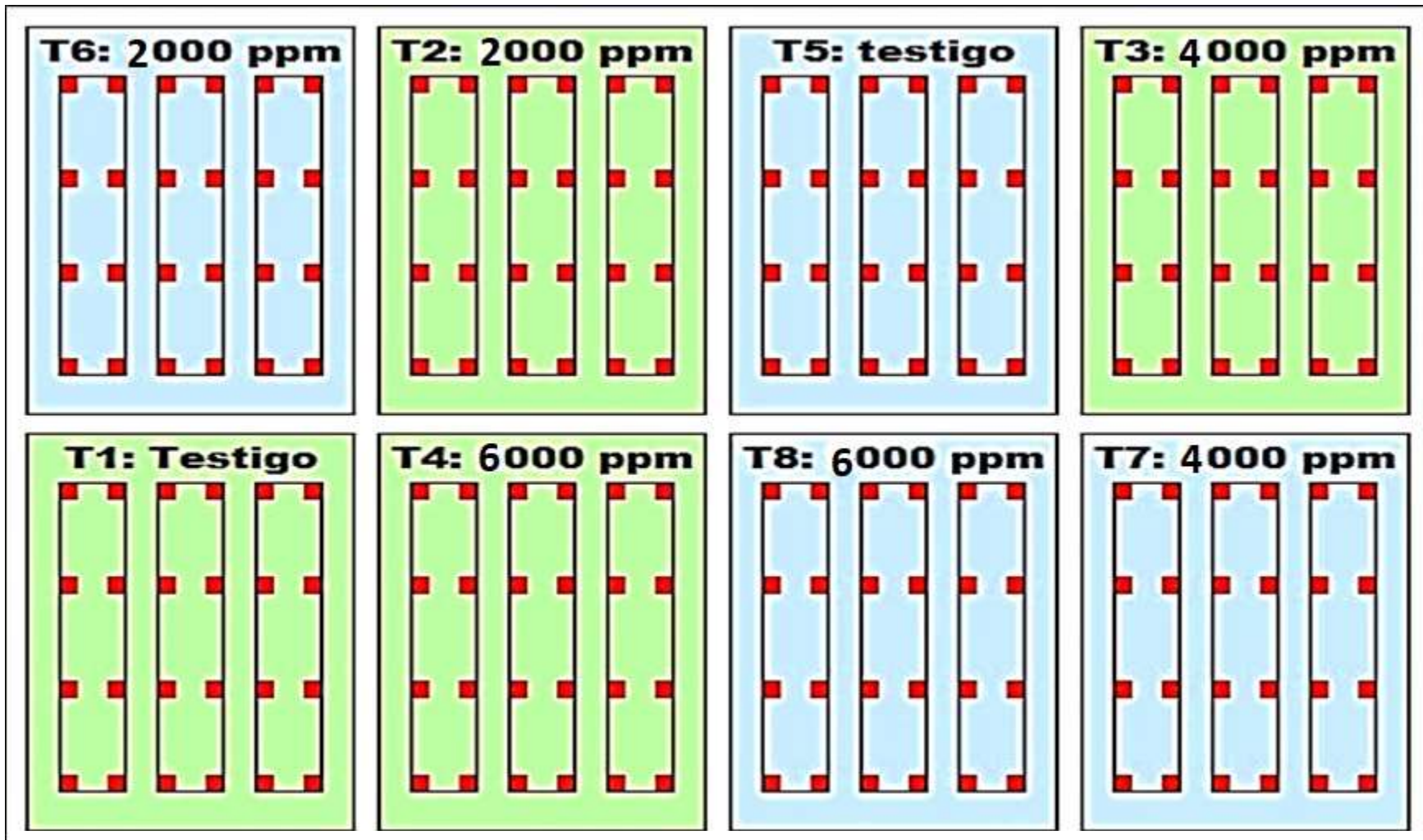


Figura 7. Distribución de los tratamientos en las bandejas porta tubetes.

3.2 Diseño muestral

Población y muestra

Población

La población de estudio estuvo constituida por 192 estaquillas juveniles de *Copaifera paupera* colectadas de un huerto yemero ubicado en el Centro de Procedencias de Especies Agrícolas y Forestales de la Amazonia Peruana.

Muestra

La muestra estuvo constituida por la cantidad total de estaquillas de la población. De tal manera, que la muestra hace al mismo número de estaquillas de la población, 192 estaquillas distribuidas en 8 tratamientos, con 24 estaquillas por cada tratamiento. Los criterios de selección y exclusión considerados fueron la longitud aproximada de 15 cm., por diámetro 5mm., de diámetro.

3.3 Procedimiento de recolección de datos

Técnicas e instrumentos

La técnica empleada fue la recolección in situ de datos de un experimento controlado. Los instrumentos fueron las fichas de evaluación de campo, entre estas destaca la ficha N° 1 de evaluación de estaquillas, y la ficha N° 2 de mediciones de temperatura y humedad relativa. Además, se utilizaron otros instrumentos de mediciones numéricas como el pie de rey y la regla común.

Procedimiento

Se realizaron las siguientes actividades:

Establecimiento del huerto yemero

En el año 2021, se estableció un huerto yemero de *Copaifera paupera* en las áreas del Centro de Procedencias de Especies Agrícolas y Forestales de la Amazonia Peruana, ubicado en el CIEFOR Puerto Almendras. El huerto estuvo constituido por 90 plántulas sembradas en fajas con un distanciamiento de 50 cm entre plantas y fajas. Los sustratos que se utilizaron en la siembra fueron mantillo, gallinaza y roca fosfórica dispuestas en capas contiguas. Así mismo, se realizó el monitoreo continuo de las plantas para verificar su desarrollo hasta el año 2022, aquellas plantas con mejores características en número hojas, coloración y longitud se utilizaron para la inducción de brotes.

Inducción de brotes

Para obtener los brotes, se realizaron podas silviculturales en los fustes de cada planta, específicamente a una altura de 70 cm al ras del suelo. Para esto se tuvo en consideración que las plantas seleccionadas mantuvieran por debajo de la altura de corte algunas hojas para garantizar el desarrollo de la fotosíntesis.

Colecta del material vegetativo

La colecta del material vegetativo se realizó de 5:30am a 07:30 am de la mañana durante un día con el apoyo de los trabajadores del centro. El material vegetativo estuvo conformado por brotes juveniles de *Copaifera paupera*, que luego se colocó en 02 bandejas con agua fría para contener el estrés hídrico, debido a las altas temperaturas registradas en el centro experimental; posteriormente, el material fue trasladado a un ambiente contiguo para realizar el proceso de desinfección de estaquillas.

Desinfección de estaquillas

Las estaquillas se desinfectaron en una solución de Cupravit con agua (30gr/10 litros de agua), por un periodo de 15 a 20 minutos. Posteriormente las estaquillas pasaron por un proceso de oreado de 15 minutos.

Desinfección del sustrato

Los sustratos empleados fueron cascarilla de arroz calcinado y perlita agrícolas. El primero se desinfecto mediante hervido a presión por vapor de agua en un auto clave durante 40 minutos. El segundo se desinfecto con Cupravit en una proporción similar al de la desinfección de las estaquillas.

Acondicionamiento del sustrato en las bandejas porta tubetes

Las bandejas y los tubetas se lavaron y desinfectaron con hipoclorito de sodio a una concentración de 7.5%, luego se colocaron en un ambiente

soleado para facilitar el secado. Seguidamente se llenaron los tubetas hasta la mitad, con el sustrato correspondiente.

Aplicación del ácido indol butírico

Todas las estaquillas fueron sumergidas mediante inmersión rápida (de 0 a 5 segundos) en una solución preparada con ácido indol butírico y alcohol de 96°. Esta sutil combinación permitió la generación de tres dosis 2000 ppm, 4000 ppm y 6000 ppm. Las dosis fueron elegidas para contrastar las dos únicas investigaciones similares con la especie (estas investigaciones se detallan en los antecedentes). Aunque estos estudios hayan considerado dosis superiores a las nuestras, no se han reportado respuestas positivas de enraizamiento. De ahí que, nuestro estudio haya considerado la disminución de las dosis.

Siembra de las estaquillas en las bandejas porta tubetes

La siembra en las bandejas porta tubetes se realizó teniendo en cuenta los tratamientos establecidos. Cada estaquilla se sumergió por la base en su dosis correspondiente y luego se dispuso en el interior de cada tubete, tal y como se describe en el acondicionamiento del sustrato en las bandejas.

Riego constante

Se realizó el riego constante de las estaquillas con un aspersor manual dos veces por día en horarios de 7.00 a.m, y 12.30 m. Sin embargo, en los

días de mayor temperatura ($>33^{\circ}\text{C}$) el riego se realizó hasta cuatro veces por día.

Registro de temperatura y humedad

Se registraron los valores de temperatura y humedad del ambiente diariamente entre las 7.30 am, 13.00 pm. Para tal efecto, se utilizó un termohigrómetro digital.

3.4 Procesamiento y análisis de los datos

Número de brotes (%)

Se contabilizó la cantidad de brotes producidas por las yemas de las estaquillas, las mismas que fueron debidamente registrados en el formulario correspondiente, respecto a la cantidad total de estaquillas empeladas por tratamiento (Huinga, 2022, p. 46).

Enraizamiento (%)

Se contabilizó la cantidad de estaquillas con presencia de raíces, se consideró como estaquilla enraizada a todas aquellas que presentaron al menos una raíz de 2 mm de largo (Huinga, 2022, p. 45).

Numero de raíces (N)

Se contabilizó el número de raíces por cada estaquilla y se promedió los valores para compararlos entre los tratamientos.

Longitud de raíces (mm)

Se midió la longitud de raíces por cada estaquilla y se promedió los valores para compararlos entre los tratamientos

Supervivencia (%)

Se contabilizó la cantidad final de estaquillas sobrevivientes con respecto a la cantidad inicial de estaquillas utilizadas en cada tratamiento. Toda estaquilla que no presentó síntomas de necrosis al finalizar el experimento, fue considerada sobreviviente (Huinga, 2022, p. 45).

Análisis estadístico

Los datos fueron digitalizados en una hoja de cálculo de Microsoft Excel. Para posteriormente realizar la construcción de la base y limpieza de datos para los cálculos previos y análisis estadístico. Además, se utilizó el Software InfoStat para la realización de los gráficos y figuras, así como para el análisis de la varianza – ANOVA, con el que se contrastó las hipótesis del estudio.

Previo la realización del ANOVA, previamente se realizaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas que permitieron el desarrollo de esta prueba paramétrica. La normalidad de los datos se verificó a través de la prueba de Shapiro-Wilks (modificado), ya que se trabajó con los datos promedio cuya cantidad total fueron 24. La homogeneidad de las varianzas se verificó a través de la prueba de LEVENE. Para el contraste

de significancia entre tratamientos se empleó la prueba de rangos múltiples Tukey.

3.5 Aspectos éticos

La investigación se realizó cumpliendo con las normas éticas del buen investigador, respetando la veracidad y transparencia de los resultados, manejo correcto de los instrumentos de medición para obtener datos exactos y confiables, teniendo en cuenta el respeto al ambiente, a la propiedad intelectual, a la responsabilidad social y a la honestidad.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

EFFECTO DE LAS DOSIS DE ÁCIDO INDOL BUTÍRICO Y TIPOS DE SUSTRATOS EN LA FORMACIÓN DE CALLO EN LAS ESTAQUILLAS.

a) Por tratamientos

En la tabla 10 se observa que las estaquillas sembradas en el tratamiento T5 (Perlita agrícola + 0 ppm) obtuvieron el mayor porcentaje en la formación de callos (66.67 %). Mientras que, el menor porcentaje (4.17 %) se registró en el tratamiento T3 (Cascarilla de arroz calcinado + 4000 ppm)

Tabla 10. Porcentaje de formación de callos por tratamientos

Tratamientos	Descripción	Total	%
T5	Perlita - 0 ppm AIB	16	66.67
T7	Perlita - 4000 ppm AIB	11	45.83
T1	cascarilla - 0 ppm AIB	8	33.33
T6	Perlita - 2000 ppm AIB	8	33.33
T8	Perlita - 6000 ppm AIB	8	33.33
T2	cascarilla - 2000 ppm AIB	7	29.17
T4	cascarilla - 6000 ppm AIB	4	16.67
T3	cascarilla - 4000 ppm AIB	1	4.17

b) Por sustrato

En la tabla 11 se observa que el sustrato Perlita agrícola obtuvo el mayor porcentaje (44.79 %) de formación de callo en las estaquillas.

Tabla 11. Porcentaje de formación de callos por sustratos

Tipo de sustrato	Total	%
Perlita agrícola	43	44.79
Cascarillas de arroz	20	20.83

c) Por dosis de ácido indol butírico

En la tabla 12 se observa que las estaquillas del grupo de control o testigo obtuvieron el mayor porcentaje (25 %) de estaquillas con formación de callos. Mientras que, los menores porcentajes (12,50 %) se obtuvieron con las dosis 4000 y 6000 ppm respectivamente.

Tabla 12. Porcentaje de formación de callos por Dosis de AIB

Dosis de AIB	Total	%
0 ppm	24	25.00
2000 ppm	15	15.63
4000 ppm	12	12.50
6000 ppm	12	12.50

d) Análisis de la varianza

En la tabla 13 se observa que para la formación de callos en las estaquillas no se obtuvieron efectos significativos del factor dosis, ni de la interacción sustrato-dosis. Sin embargo, para el factor sustrato si se encontraron diferencias significativas ($p = 0.0166 < 0.05$).

Tabla 13. Análisis de la varianza para la formación de callos

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	46.29	7	6.61	2.14	0.0978
Sustrato	22.04	1	22.04	7.15	0.0166
Dosis	16.13	3	5.38	1.74	0.1985
Sustrato*Dosis	8.12	3	2.71	0.88	0.4730
Error	49.33	16	3.08		
Total	95.63	23			

Nota, el nivel de significancia = 0.05

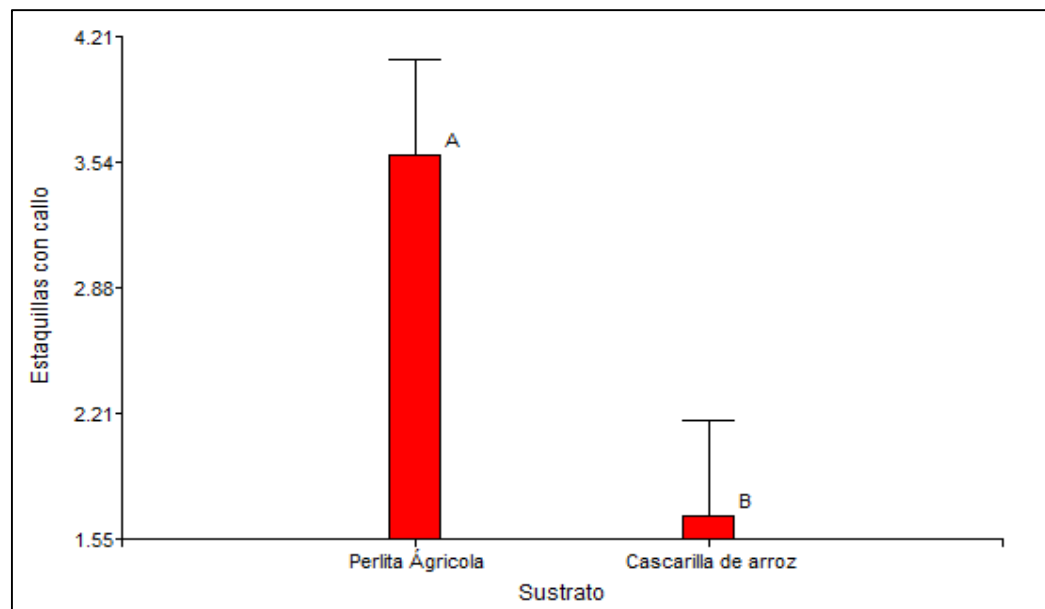


Figura 8. Test de Tukey para la formación de callos por sustrato.

Por otra parte, la prueba de comparación de medias a través del test de Tukey para el factor sustrato indica que se encontraron diferencias significativas entre todos los grupos de sustratos, como puede verse en la figura 8.

EFFECTO DE LAS DOSIS DE ÁCIDO INDOL BUTÍRICO Y TIPOS DE SUSTRATOS EN LA SUPERVIVENCIA DE LAS ESTAQUILLAS.

a) Por tratamientos

En la tabla 14 se observa que las estaquillas sembradas en el tratamiento T5 (Perlita agrícola + 0 ppm) obtuvieron el mayor porcentaje supervivencia (70.83 %). Mientras que, el menor porcentaje (4.17 %) se obtuvo con el tratamiento T3 (Cascarilla de arroz calcinado + 4000 ppm)

Tabla 14. Porcentaje de supervivencia por tratamientos

Tratamientos	Descripción	Total	%
T5	Perlita - 0 ppm AIB	17	70.83
T7	Perlita - 4000 ppm AIB	11	45.83
T1	cascarilla - 0 ppm AIB	8	33.33
T6	Perlita - 2000 ppm AIB	8	33.33
T8	Perlita - 6000 ppm AIB	8	33.33
T2	cascarilla - 2000 ppm AIB	7	29.17
T4	cascarilla - 6000 ppm AIB	6	25.00
T3	cascarilla - 4000 ppm AIB	1	4.17

b) Por sustrato

En la tabla 15 se observa que el sustrato Perlita agrícola obtuvo el mayor porcentaje (45.83 %) de supervivencia de las estaquillas.

Tabla 15. Porcentaje de supervivencia por sustratos

Tipo de sustrato	Total	%
Perlita agrícola	44	45.83
Cascarillas de arroz	22	22.92

c) Por dosis de ácido indol butírico

En la tabla 16 se observa que las estaquillas del grupo de control obtuvieron el mayor porcentaje (25 %) de supervivencia de estaquillas. Mientras que, el menor porcentaje (12.50 %) se registró en la de dosis 4000 ppm.

Tabla 16. Porcentaje de supervivencia por Dosis de AIB

Dosis de AIB	Total	%
0 ppm	25	26.04
2000 ppm	15	15.63
6000 ppm	14	14.58
4000 ppm	12	12.50

d) Análisis de la varianza

En la tabla 17 se observa que para la variable supervivencia de las estaquillas no se obtuvieron efectos significativos del factor dosis, ni de la interacción sustrato-dosis. No obstante, para el factor sustrato si se encontraron diferencias significativas ($p = 0.0204 < 0.05$).

Tabla 17. Análisis de la varianza para la supervivencia

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	47.83	7	6.83	2.25	0.0853
Sustrato	20.17	1	20.17	6.63	0.0204
Dosis	16.83	3	5.61	1.84	0.1797
Sustrato*Dosis	10.83	3	3.61	1.19	0.3460
Error	48.67	16	3.04		
Total	96.50	23			

Nota, el nivel de significancia = 0.05

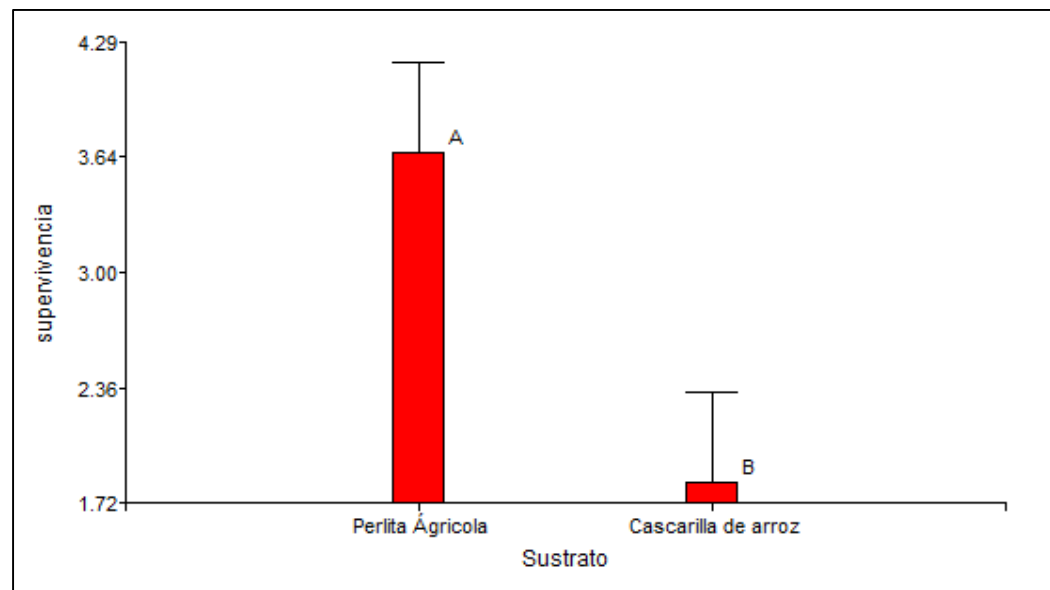


Figura 9. Test de Tukey para la supervivencia por sustrato.

Por otro lado, la prueba de comparación de medias a través del test de Tukey para el factor sustrato indica que se encontraron diferencias significativas entre todos los grupos de sustratos, como puede observarse en la figura 9.

EFFECTO DE LAS DOSIS DE ÁCIDO INDOL BUTÍRICO Y TIPOS DE SUSTRATOS EN EL ENRAIZAMIENTO DE LAS ESTAQUILLAS.

Para las variables enraizamiento, numero de raíces y longitud promedio de raíces, no pudo realizar el análisis de la varianza que permita determinar el grado de significancia de los resultados, debido al bajo número de estaquillas que respondieron positivamente al estudio de estas variables. Sin embargo, el enfoque de los resultados está dirigido al análisis de los datos obtenidos presentados en la tabla 18.

Tabla 18. Numero de estaquillas enraizadas, raíces y longitud promedio de raíces

Sustrato	Dosis AIB	Estaquillas con Raíz	Numero de Raíces	Long. de raíces (mm)
Cascarilla de arroz	6000 ppm	2	1	73.5
Perlita agrícola	0 ppm	1	2	22.5

En la tabla 18 se observa que el estudio obtuvo un bajo número de estaquillas enraizadas (2 y 1) número de raíces promedio (1 y 2) y longitud

promedio de raíces (73.5, 22.5) de cual se destaca el tratamiento T4 (cascarillas de arroz + 6000 ppm).

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

EFFECTO DE LAS DOSIS DE ÁCIDO INDOL BUTÍRICO Y TIPOS DE SUSTRATOS EN LA FORMACIÓN DE CALLO EN LAS ESTAQUILLAS.

Para la variable formación de callo, nuestros resultados revelan que el tratamiento T5 compuesto por Perlita agrícola + 0 ppm de AIB, muestran el mayor porcentaje con 66.67 %, contrastando con el tratamiento T3 compuesto por cascarilla de arroz calcinado + 4000 ppm de AIB que registra el menor porcentaje con 4.17 %. Además, el sustrato perlita agrícola desataca con un 44.79 % de formación de callos. Aunque el análisis de la varianza no muestra efectos significativos para la dosis, ni la interacción sustrato*dosis, que no influye en la formación de callos, el sustrato si presenta diferencias significativas ($p= 0,0166$), de la cual perlita agrícola tiene una mejor respuesta a la formación de callos, si se compara con cascarilla de arroz calcinado.

En comparación el estudio de Morales (2016) destacan la mayor presencia de callos con el tratamiento T2 compuesto por arena fina + 3000 ppm de AIB. Mientras que el tratamiento T11 compuesto por cascarilla de arroz calcinado registra los valores más bajos. Sin embargo, al igual que en nuestro estudio, Morales no reporta diferencias significativas para la dosis de AIB, ni para la interacción sustratos*dosis, pero si para el sustrato, donde destacan la arena media y la arena fina con una mejor respuesta a la callosidad, a comparación con cascarilla de arroz.

Por lo tanto, es posible que el factor sustrato por encima de las dosis evaluadas en ambos estudios, tenga una mayor significancia para la formación de callos, aunque no concuerde con el tipo de sustrato., por lo que abre la puerta para estudios posteriores.

EFFECTO DE LAS DOSIS DE ÁCIDO INDOL BUTÍRICO Y TIPOS DE SUSTRATOS EN LA SUPERVIVENCIA DE LAS ESTAQUILLAS.

Para la variable supervivencia, nuestro estudio reporta que el tratamiento T5 compuesto por Perlita agrícola + 0 ppm, obtuvo el mayor porcentaje de supervivencia (70.83%). Esto contrasta con el tratamiento T3 compuesto por Cascarilla de arroz calcinado + 4000 ppm, que registró el menor porcentaje (4.17%). La perlita agrícola se destacó como el sustrato más propicio, alcanzando un 45.83% de supervivencia, mientras que el análisis de varianza reveló diferencias significativas en los sustratos ($p = 0.0204 < 0.05$).

Por otro lado, los estudios de Morales (2016) resaltan el tratamiento T2 compuesto por Arena fina + 3000 ppm, con el que exhibieron el mayor porcentaje de sobrevivencia (80%). Aunque no se encontraron diferencias estadísticas significativas en el análisis de varianza, la arena fina superó numéricamente a otros sustratos. Además, las estacas con 3000 ppm de AIB mostraron una superioridad numérica frente a las otras dosis.

En cambio, los estudios de Manihuari (2022) destacan el uso del sustrato cascarilla de arroz carbonizada sin AIB con el que alcanzaron el porcentaje más

alto de supervivencia (37.5%). Sin embargo, en su conjunto, las concentraciones de 8000 ppm en cascarilla de arroz presentaron buenos resultados. Lo cual, se alinea con nuestros hallazgos, donde la cascarilla de arroz, en ciertas condiciones, demostró ser propicia para la supervivencia de las estaquillas.

Ahora bien, nuestro estudio subraya la eficacia de la perlita agrícola, mientras Morales (2016) destaca la arena fina, y Manihuari (2022) encuentra éxito en la cascarilla de arroz. Por lo tanto, aunque las condiciones específicas difieren, la elección del sustrato y la dosis de AIB juegan un papel crucial en la supervivencia de las estaquillas. De ahí que surge la importancia de considerar estos factores en futuras investigaciones.

EFFECTO DE LAS DOSIS DE ÁCIDO INDOL BUTÍRICO Y TIPOS DE SUSTRATOS EN EL ENRAIZAMIENTO, NÚMEROS DE RAÍCES Y LONGITUD DE RAÍCES.

Nuestros resultados revelan un bajo enraizamiento, número promedio de raíces y longitud promedio de raíces en general. Sin embargo, se destaca el tratamiento T4 compuesto por cascarilla de arroz calcinada + 6000 ppm, con la longitud promedio de 73.5 mm. Aunque no se realizó un análisis de varianza, estos resultados contrastan con los hallazgos de Morales (2016), donde se observaron mayores porcentajes de enraizamiento, especialmente en la arena media (23%) y un mayor número de raíces en el tratamiento T9 compuesto por cascarilla de arroz carbonizada + 0 ppm, con 2.20 raíces por estaca.

Así mismo, es preciso hacer mención que, aunque numéricamente la cascarilla de arroz carbonizada mostró el mayor número de raíces adventicias en los estudios de Morales (2016), esto no se vio reflejado en nuestro estudio. Además, en los estudios de Morales (2016) la interacción de arena fina con 0 ppm y cascarilla de arroz con 5000 ppm no resultaron eficaces en el enraizamiento, coincidiendo de alguna manera con nuestros resultados.

Por otro lado, los estudios de Manihuari (2022) aportan datos adicionales, mostrando que la cascarilla de arroz carbonizada presenta un alto porcentaje de enraizamiento (56.3%) sin AIB, superando a otros sustratos. Sin embargo, las diferencias estadísticas en el número y longitud de raíces entre sustratos y dosis de AIB no fueron significativas, alineándose con nuestros resultados.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIÓN

- El tratamiento T5 compuesto por Perlita agrícola más 0 ppm de AIB registró el mayor porcentaje de formación de callos (66.67%) y supervivencia (70.83%).
- El tratamiento T3 compuesto por cascarilla de arroz calcinado más 4000 ppm AIB registró el menor porcentaje formación de callos (4.17%) y supervivencia (4.17%).
- El tratamiento T4 compuesto por cascarilla de arroz más 6000 ppm AIB registro un bajo número de estaquillas enraizadas (3), y longitud promedio de raíces (73.5).
- El factor sustrato revelo diferencias significativas para las variables formación de callos ($p=0.0166$) supervivencia ($p=0.0204$)
- No se realizó análisis de varianza para la variable enraizamiento por el bajo número de estaquillas enraizadas (3).
- Se acepta la hipótesis nula aseverando que el ácido indolbutírico y tipos de sustrato no tuvieron un efecto significativo en el enraizamiento de estaquillas de *Copaifera paupera* en bandejas portatubetas.

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIÓN

Se recomienda el uso del sustrato Perlita agrícola debido al impacto positivo en la formación de callos y la supervivencia de las estaquillas de *Capaifera paupera*. Asu ves, se recomienda a la Facultad de Ciencias Forestales ampliar otros estudios de propagación con la utilización de este sustrato en otras especies.

Se recomienda probar con otras dosificaciones de AIB para determinar si hay alguna dosis más óptima que pueda mejorar los resultados encontrados en términos de enraizamiento de estaquillas. Así mismo, ampliar la base del número de estaquillas en futuros experimentos con la especie.

Se recomienda realizar otros estudios que permitan ampliar los resultados obtenidos, considerando variaciones estacionales o condiciones ambientales.

CAPÍTULO VII: FUENTES DE INFORMACIÓN

Arango, L. 2020. Recomendaciones para la producción de plantas injertadas de clones de Marañon en Tubete.

<https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/179/166/1182-1?inline=1?inline=1>

Araujo, V. 2018. Estudio Taxonomico y Morfologico de 20 Especies Forestales en el Bosque CIFOR – Macuya, Pucallpa – Perú.

<https://revistas.unu.edu.pe/index.php/iu/article/view/5>

Arcos, C. Macíaz, D. Rodríguez, J. 2007. La cascarilla de arroz como fuente de SiO₂. <https://www.redalyc.org/pdf/430/43004102.pdf>

Báez-Pérez, A. Gonzáles-Molina, L. Solís, E. Bautista-Cruz, A. Bernal-Alarcón, M. 2015. Efecto de la Aplicación del Ácido Indol-3-butírico en la Producción y Calidad de Trigo (*Triticum estivum* L.).

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?scrip=sci_arttext&pid=S2007-09342015000300007

Barbat, T. 2006. La multiplicación de Plantas.

https://www.horticom.com/revistasonline/revistas/vivero06/a_barbat.pdf

Borjas-Ventura, R. Julca-Otiniano, A. Alvarado-Huamán, L. 2020. Las Fitohormonas un Pieza Clave Importante en el Desarrollo de la Agricultura.

https://www.scielo.org.bo/pdf/jsab/v8n2/v8n2_a07.pdf

Castro, I., De Assis, F., Alves, O., Wendling, I. 2015. Enraizamiento de estacas juveniles de *Bertholletia excelsa* con diferentes concentraciones de ácido indol-butírico. Agrociencia 50: 227-238. 2016

Castro, C. A. Castro, C. R. Lovato, Z. 2017. Uso de subproductos agroindustriales en la formulación de sustrato para la producción de plantines de tomate, en el Municipio de San Vicente.

<https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/15041/1/Usode%20subproductos%20agroindustriales.pdf>

Espinoza, E. 2012. Efecto de diferentes dosis de Gaicashi, en el crecimiento inicial de plantas de Pino Chunchu (*Schizolobium amazonicum* Huber Ex Ducke) producidas en tubetes. <https://hdl.handle.net/20.500.14292/545>

FAO. 2013. Material de propagación de calidad declarada. Protocolos y normas para cultivos propagados vegetativamente.

Flores, I. 2010. Fichas para la Identificación de 08 especies forestales de la Región Ucayali. <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/50>

Gárate, M. 2010. Técnicas de Propagación por estacas.

https://iiap.org.pe/Archivos/publicaciones/Publicaciones_1679.pdf

Gómez, P., Baeza, C. Hahn, E. 2016. Reproducción vegetativa y número cromosómico de *Adesmia bijuga* Phil. (Fabaceae), una especie endémica en peligro crítico de la Región del Maule, Chile. *Gayana Bot.* 73(1): 152-155, 2016

Guerra, H. Arévalo, L. Vásquez, A. Guerra, W. Del Castillo, D. 2018. Propagación vegetativa de Bolaina blanca (*Guazuma crinita* Mart.) en ambientes controlados. https://repositorio.iiap.gob.pe/bitstream/20.500.12921/378/1/Guerra_documentotecnico_2018.pdf

Hartmann, T. y Kester, D. 1997. Propagación de Plantas. Principios y Practicas. https://aulavirtual.agro.unpl.edu.ar/pluginfile.php/45969/mod_resource/content/1/Propagacionn%20de%plantas.pdf

Henríquez, E. 2004. Evaluación de tres factores de enraizamiento en estacas de Morera (*Morus alba*). <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/101738>

Hernández, J. Aramendiz, H. Cardona, C. 2005. Influencia del Ácido Indolbutírico y Ácido Naftalenoacetico Sobre el Enraizamiento de Esquejes de Caña Flecha (*Gynerium satittatum* Aubl.).

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5002400>

Hernández-Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). Metodología de la Investigación (Sexta). McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. 600 p.

Hernández, A., Salgado, R., Ambriz, E. 2016. Propagación de *Dalbergia congestiflora* Pittier (Fabaceae) por estaca: efecto de la concentración de AIB y el tejido de la estaca. Revista Electrónica Nova Scientia N° 17, 8 (2), 2016, pp: 87-96

Huinga, J. 2022. Propagación vegetativa de canelón (*Aniba canelilla* (Kunth) Mez) mediante el método de enraizamiento de estaquillas utilizando cámara de subirrigación, Tambopata-Madre de Dios.

López, D. 2019. Efecto de los sustratos de cascarilla de arroz quemado al 50 y 75 % en el rendimiento de tres variedades de alhelí (*Matthiola incana* b.) en invernadero. <https://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/14125>

Lucero, D. 2013. Enraizamiento de Esquejes para la Producción de Plantas de Café Variedad Robusta *Coffea canephora*.

<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/4736/1/Tesis-50%20%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20168.pdf>

Manihuari, A. 2022. 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

Martínez, F. y Águila, J. 1989. El enraizado de esquejes de plantas ornamentales. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2601595>

Mejía, K. y Rengifo, E. 2000. Plantas Medicinales de Uso Popular en la Amazonía Peruana. <https://www.iiap.org.pe/upload/publicacion/I017.pdf>

MINAGRI. 2020. Copaiba.pdf.

<https://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/sectoragrario/agricola/lineasdecultivosemergentes/COPAIBA.pdf>

Montserrat, C. 2021. Propagación vegetativa a través de mini-estacas de *Pinus ayacahuite* Ehren. <https://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/4929>

Morales, E. 2016. Propagación Vegetativa de Copaiba (*Copaifera paupera* (Herzog) Dwyne) Mediante Enraizamiento de Estaquillas Juveniles en Cámaras de Subirrigación, en Jenaro Herrera, Loreto, Perú.

Oliva, M., y Rimachi, S. 2018. Enraizamiento de estaquillas de aliso *Alnus acuminata* H.B.K. a partir de árboles plus en el distrito de Molinopampa (Amazonas). Revista de investigación agroproducción sustentable 2(1): 14-20, 2018. DOI:10.25127/aps.20181.379.

Ozuna, H. Ozuna, A. Fierro, A. 2017. Manual de Propagación de Plantas Superiores.

PEDAMAALC. 2016. Elaboración de estudios a nivel de perfil: Recuperación de suelos degradados con especies forestales en las comunidades nativas ubicadas en las cuencas del río Morona, Distrito de Morona, Provincia del Datén de Marañon, Region Loreto

Ramos, M, Carrion, F. 2013. Recuperación y Mejoramiento de la Cobertura Forestal Para Ampliar Servicios Ambientales en las Microcuencas Antabamba Alto, Jajimlla y Mollebamba de la Provincia de Antabamba – Región Apurímac. https://sinia.minan.gob.pe/sites/default/files/siar-apurimac/archivos/public/docs/0_expediente_tecnico_py_forestal_antabamba_alta.pdf

Reynel, C. Pennington, R. T. Pennington, T. D. Flores, C. Daza, A. 2003. Árboles útiles de la Amazonía Peruana. Un manual con apuntes de identificación, ecología y propagación de las especies.

<https://es.slideshare.net/educador23013/arboles-utiles-de-laamazonia-peruana>

Rivera, F. Jiménez, M. Ramírez, C. Martínez, A. 2021. Enraizamiento de Estacas de *Pinus hartwegii* de Tres Poblaciones Naturales en Ecosistemas de Alta Montaña del Estado de México y Veracruz.

https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002021000300323

Rojas, S. García, J. y Alarcón, M. 2004. Propagación Asexual de Plantas. Conceptos Básicos y Experiencias con Especies Amazónicas.

<https://ecojardines.files.wordpress.com/2013/12/propagacionasexualdeplantas.pdf>

Soudre, M. 2010. Desarrollo Tecnológico Apropriado para la Propagación Vegetativa de Especies Maderables Valiosas en las regiones Loreto y Ucayali (PROVEFOR). Resultados. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP) y Fondo para la Innovación Ciencia y Tecnología (FINCYT). Proyecto N°: 013-2007.PIBAP-IIAP-FINCYT. Pucallpa.

<https://hdl.handle.net/20.500.12921/191>

Terés, V. 2001. Relaciones aire-agua en sustratos de cultivo como base para el control del riego. Metodología de laboratorio y modelización.

<https://oa.upm.es/869/>

Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. 26 Nov 2023.

<https://www.tropicos.org/Name/13008410>

Urtecho, E. (2009). Efecto del ácido indolbutírico y diámetro de estacas en el enraizamiento de *Caryodendron orinocense*, "metohuayo". 134 pp

Valenzuela, L. Calatayud, G. Huamantupa, I. Suclli, E. Farfán, J. Carazas, A. 2004. Plantas Útiles de la Reserva Amazónica Madre de Dios -Puerto Maldonado.

<https://www.inkaterra.com/inkaterra-asociacion-org/wp-content/uploads/2013/12/PLANTAS-UTILES-PARA-LA-RESERVA-AMAZONICA.pdf>

Vega-Celedón, P. Canchiginia, H. González, M. Seeger, M. 2016. Biosíntesis de Ácido Indol-3-Acético y promoción del crecimiento de plantas por Bacterias.

<https://www.redalyc.org/pdf/1932/193246189005.pdf>

Veiga, V. y Pinto, A. 2002. EL Genero Copaifera.

<https://www.scielo.br/j/gn/a/byypYMqDJj4CnCqkWbx5Qj/>

Viana, M. 2022. Análisis de costos de un vivero tecnificado de clones de eucaliptos para el Departamento Concordia, Provincia de Entre Ríos.

https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/14209/INTA_CREn treRios_EEAConcordia_Viana_ML_Analisis_de_costos_de_un_vivero_tecnificado_trabajo_final.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ANEXOS

ANEXO 1

SUPUESTOS DEL ANOVA PARA LA FORMACIÓN DE CALLOS EN LAS ESTAQUILLAS

a) Análisis estadístico para la formación de callos en las estaquillas

Se observa un p-valor igual a 0,0166, con un nivel de aceptación $p < 0,05$. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, ya que al menos uno de los sustratos tuvo efecto significativo sobre la formación de callos en las estaquillas. La prueba de comparación de medias de Tukey con un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ determinó que las diferencias se mantuvieron entre los dos grupos de sustratos.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Formación de callos en estaquillas	24	0.48	0.26	66.89

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	46.29	7	6.61	2.14	0.0978
Sustrato	22.04	1	22.04	7.15	0.0166
Dosis	16.13	3	5.38	1.74	0.1985
Sustrato*Dosis	8.12	3	2.71	0.88	0.4730
Error	49.33	16	3.08		
Total	95.63	23			

Prueba de rangos múltiples de Tukey Alfa = 0.05 DMS = 1.51968

Error: 3.0833 gl:16

Sustrato	Medias	n	E.E.	
Perlita Agrícola	3.58	12	0.51	A
Cascarillas de Arroz	1.67	12	0.51	B

b) Validación de supuestos de los residuos del modelo

Los residuos del modelo presentaron una distribución normal y varianzas homogéneas.

Normalidad

Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk (modificado), el histograma y el Q-Q plot. Se comparó los residuos obtenidos con una prueba de hipótesis:

H0: los residuos tienen distribución normal.

H1: los residuos no tienen distribución normal.

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	N	Media	D.E.	W*	p(unilateral D)
RDUO Formación de callos	24	0.00	1.50	0.97	0.8050

Con un p-valor de 0,8050, mayor al p-valor nominal (0,05), se puede afirmar que no existe suficiente evidencia para rechazar el supuesto de distribución normal.

Esto puede observarse en la figura 10, histogramas y QQ plot.

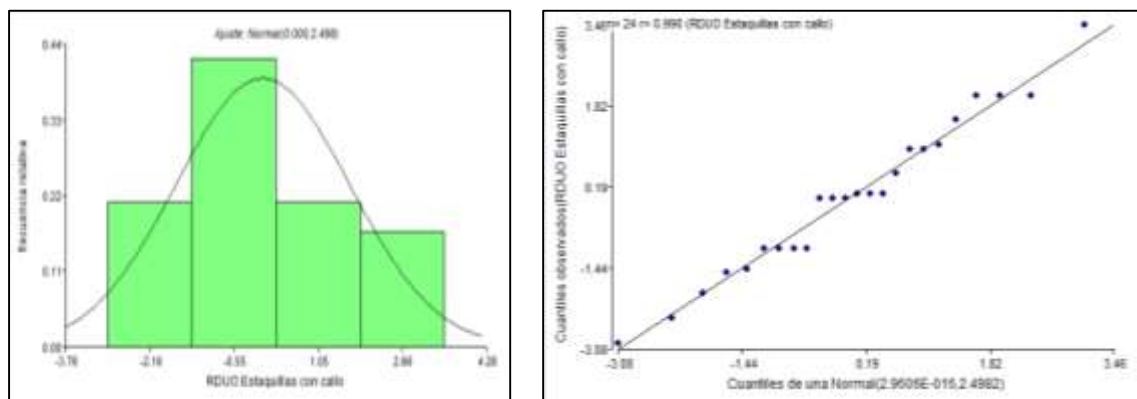


Figura 10. Normalidad por pruebas no formales. A. Histogramas. B. QQ plot.

Homogeneidad de varianzas

Se verificó el cumplimiento de la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene. Los resultados se contrastaron a través de una prueba de hipótesis

Ho: Las varianzas de los grupos son homogéneos

H1: Las varianzas de los grupos no son homogéneos

Prueba de Levene mediante el ANOVA para la variable F. de callos

F.V.	SC	gl	CM	F	p-Valor
Modelo	5.69	4	1.42	1.70	0.1922
Error	1.50	1	1.50	1.79	0.1967
Sustrato	4.19	3	1.40	1.67	0.2080
Dosis	15.92	19	0.84		
Total	21.61	23			

La prueba de Levene indica que, el p-valor calculado es mayor que el valor de significación nominal ($p < 0,05$). Por tal motivo, se puede afirmar que no existen suficiente evidencia para no aceptar el supuesto de igualdad de las varianzas.

Tal y como se observa en la nube de puntos sin ningún patrón en la figura 11.

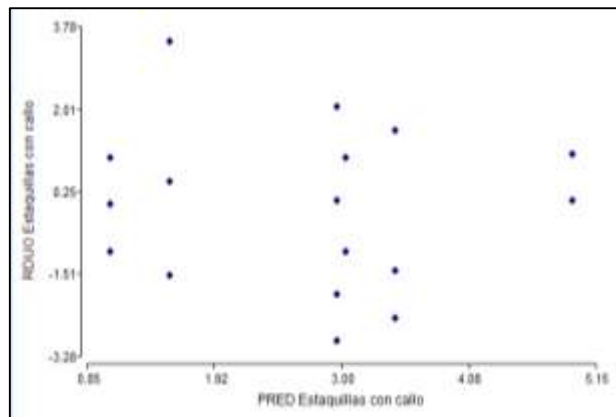


Figura 11. Dispersión de puntos de los predichos y errores homocedásticos.

ANEXO 2

SUPUESTOS DEL ANOVA PARA LA SUPERVIVENCIA DE LAS ESTAQUILLAS

a) Análisis estadístico para la supervivencia de las estaquillas

Se observa un p-valor igual a 0,0204, con un nivel de aceptación $p < 0,05$. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, ya que al menos uno de los sustratos tuvo efecto significativo en la supervivencia de las estaquillas. La prueba de comparación de medias de Tukey con un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ determinó que las diferencias se mantuvieron entre los dos grupos de sustratos.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Supervivencia de las estaquillas	24	0.50	0.28	63.42

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	47.83	7	6.83	2.25	0.0853
Sustrato	20.17	1	20.17	6.63	0.0204
Dosis	16.83	3	5.61	1.84	0.1797
Sustrato*Dosis	10.83	3	3.61	1.19	0.3460
Error	48.67	16	3.04		
Total	96.50	23			

Prueba de rangos múltiples de Tukey Alfa = 0.05 DMS = 1.50937

Error: 3.0417 gl:16

Sustrato	Medias	n	E.E.	
Perlita Agrícola	3.67	12	0.50	A
Cascarillas de Arroz	1.83	12	0.50	B

b) Validación de supuestos de los residuos del modelo

Los residuos del modelo presentaron una distribución normal y varianzas homogéneas.

Normalidad

Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk (modificado), el histograma y el Q-Q plot. Se comparó los residuos obtenidos con una prueba de hipótesis:

H0: los residuos tienen distribución normal.

H1: los residuos no tienen distribución normal.

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	N	Media	D.E.	W*	p(unilateral D)
RDUO Formación de callos	24	0.00	1.61	0.97	0.8970

Con un p-valor de 0,8970, mayor al p-valor nominal (0,05), se puede afirmar que no existe suficiente evidencia para rechazar el supuesto de distribución normal.

Esto puede observarse en la figura 12, histogramas y QQ plot.

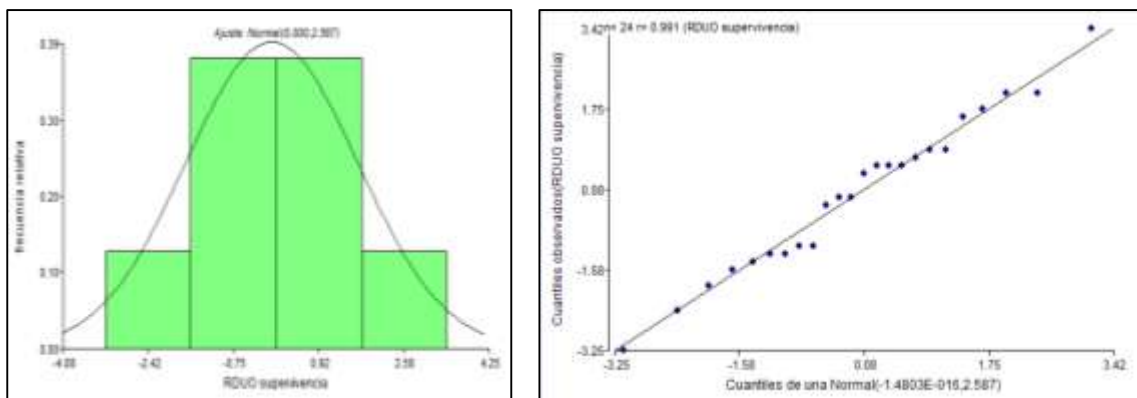


Figura 12. normalidad por pruebas no formales. **A.** Histogramas. **B.** QQ plot.

Homogeneidad de varianzas

Se verificó el cumplimiento de la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene. Los resultados se contrastaron a través de una prueba de hipótesis

Ho: Las varianzas de los grupos son homogéneos

H1: Las varianzas de los grupos no son homogéneos

Prueba de Levene mediante el ANOVA para la variable supervivencia

F.V.	SC	gl	CM	F	p-Valor
Modelo	4.34	4	1.09	1.45	0.2572
Error	1.50	1	1.50	2.00	0.1735
Sustrato	2.84	3	0.95	1.26	0.3152
Dosis	14.25	19	0.75		
Total	18.59	23			

La prueba de Levene indica que, el p-valor calculado es mayor que el valor de significación nominal ($p < 0,05$). Por tal motivo, se puede afirmar que no existen suficiente evidencia para no aceptar el supuesto de igualdad de las varianzas.

Tal y como se observa en la nube de puntos sin ningún patrón en la figura 13.

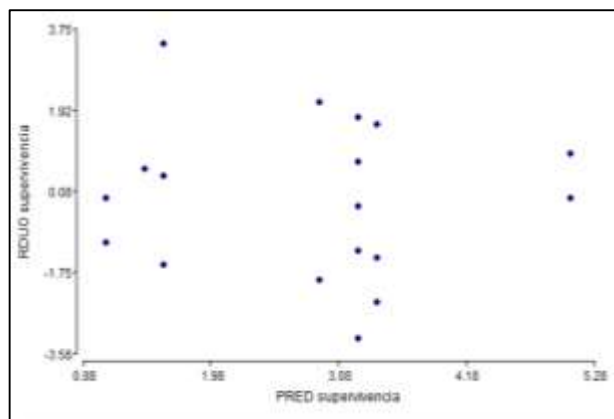


Figura 13. Dispersión de puntos de los predichos y errores homocedásticos.

Anexo 3. Matriz de Consistencia

Título de la Investigación	Pregunta de Investigación	Objetivos de la Investigación	Hipótesis	Tipo y diseño de estudio	Población de estudio y procesamiento de datos	Instrumento de recolección
Dosis de ácido indolbutírico y tipos de sustratos en el enraizamiento de estaquillas de <i>Copaifera paupera</i> (Herzog) Dwyer “copaiba” en bandeja portatubeta Puerto Almendra, Loreto-Perú.2023.	¿Como influyen las dosis de ácido indolbutírico y tipos de sustratos en el enraizamiento de estaquillas de <i>Copaifera paupera</i> (Herzog) Dwyer “copaiba” en Bandeja Porta tubetes en Puerto Almendra - río Nanay, Loreto - Perú?	<p>Objetivo General</p> <p>Determinar el efecto de las dosis de ácido indolbutírico y tipos de sustratos en el enraizamiento de estaquillas de <i>Copaifera paupera</i> (Herzog) Dwyer “copaiba”: en bandeja portatubeta en Puerto Almendra - río Nanay, Loreto, Perú.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Determinar el efecto de la dosis de ácido indolbutírico en el enraizamiento de estaquillas <i>Copaifera paupera</i> en bandeja portatubetes. ▪ Determinar el efecto de los tipos de sustratos en el enraizamiento de estaquillas de <i>Copaifera paupera</i> en bandeja portatubetes. ▪ Analizar las interacciones de las dosis de ácido indolbutírico y tipo de sustratos en el enraizamiento de estaquillas <i>Copaifera paupera</i> copaiba en bandeja portatubetes. 	<p>Hipótesis general</p> <p>La aplicación de Ácido Indol Butírico y tipos de sustratos podría influir en el enraizamiento de estaquillas de <i>Copaifera paupera</i> (Herzog).</p> <p>Hipótesis nula</p> <p>La dosis de Ácido Indol butírico y tipos de sustratos no tienen un efecto significativo en el enraizamiento de estaquillas de <i>Copaifera paupera</i> (Herzog) en bandejas porta tubetes.</p> <p>Hipótesis alterna</p> <p>Al menos una dosis de Ácido Indol butírico o tipos de sustratos tienen un efecto significativo en el enraizamiento de estaquillas de <i>Copaifera paupera</i> (Herzog) en bandejas porta tubetes.</p>	El estudio será de tipo analítico, nivel explicativo, enfoque cuantitativo, y diseño experimental completamente al azar (DCA) con dos factores de estudio.	<p>Población</p> <p>La población estará constituida por todas las estaquillas juveniles de <i>Copaifera paupera</i> procedentes de un huerto yemero ubicado en el CPEAFAP en el año 2022.</p> <p>Muestra</p> <p>La obtención de la muestra se realizará a través del método de selección no probabilístico, por conveniencia (Hernandez-Sampieri <i>et al.</i>, 2014, p. 176). Así, se dispondrá de 192 estaquillas en total.</p>	Formato de registro de toma de datos de evaluación

Anexo 4. Ficha de evaluación de estaquillas de *Copaifera paupera* (Herzog) Dwyer “copaiba”

Especie: *Copaifera paupera* (Herzog) Dwyer “copaiba”

Propietario: UNAP

Fecha de evaluación:

Tesista:

Dosis (AIB)	Estaquillas #	Raíz %	Callo %	Brote %	Sobrevivencia %	Observaciones (describir)
0	1					
	2					
	3					
	4-16					
10000 ppm	1					
	2					
	3					
	4-16					
12000 ppm	1					
	2					
	3					
	4-16					
14000 ppm	1					
	2					
	3					
	4-16					

Nota:

EM = estaquilla muerta

EV = estaquilla viva

Anexo 5. Ficha de Registro de Temperatura y Humedad Relativa

Especie: *Copaifera paupera* (Herzog) Dwyer "copaiba"

Propietario: UNAP

Fecha de evaluación:

Tesista:

FECHA	TIPO DE CLIMA	HORA (24H)	T °C		% HUMEDAD		T °C MIN		% HUMEDAD MIN		T°C MAX		% HUMEDAD MAX	
			IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT



Anexo 6. Cosecha de brotes del huerto yemero



Anexo 7. Desinfección de las estaquillas



Anexo 8. Preparación de cascarilla calcinada



Anexo 9. Preparación del AIB



Anexo 10. Siembra de estaquillas



UNAP

Centro de Investigación de
Recursos Naturales
Herbarium Amazonense — AMAZ

INSTITUCIÓN CIENTÍFICA NACIONAL DEPOSITARIA DE MATERIAL BIOLÓGICO
CÓDIGO DE AUTORIZACIÓN AUT-ICND-2017-005

CONSTANCIA DE DETERMINACIÓN BOTÁNICA n.º 019-2024 AMAZ-UNAP

El Coordinador del Herbarium Amazonense (AMAZ) del Centro de Investigación de Recursos Naturales (CIRNA), de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.

HACE CONSTAR:

Que, la muestra botánica presentada por **FRANCISCO MARTÍN TOMÁS PIZARRO GÓNGORA**, bachiller de la **Escuela Profesional de Ingeniería en Ecología de Bosques Tropicales** de la **Facultad de Ciencias Forestales** de la **Universidad Nacional de la Amazonía Peruana** pertenece al proyecto de tesis de pre grado titulado **"DOSIS DE ACIDO INDOLBUTIRICO Y TIPOS DE SUSTRATOS EN EL ENRAIZAMIENTO DE ESTAQUILLAS DE *Copaifera paupera* (Herzog) Dwyer "copaiba" EN BANDEJAS PORTA TUBETAS PUERTO ALMENDRA, LORETO-PERU 2022"**; ha sido **DETERMINADA** en este centro de investigación y enseñanza **Herbarium Amazonense-AMAZ-CIRNA-UNAP**, como se indica a continuación:

Nº	FAMILIA	ESPECIE	AUTOR	NOMBRE COMÚN
01	FABACEAE	<i>Copaifera paupera</i>	(Herzog) Dwyer	"copaiba"

Determinador: Ing. Juan Celidonio Ruiz Macedo

A los once días del mes de marzo del año dos mil veinticuatro, se expide la presente constancia a los interesados para los fines que se estime conveniente.

Atentamente,


 Richard J. Huaranca Acostupa
 Coordinador Herbarium Amazonense
 CIRNA - UNAP

