



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Vea una copia de esta licencia en <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>





FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

Tesis

Influencia de longitud de estacas y niveles de área foliar en el enraizamiento de *Plukenetia brachybotrya* (Mûller. Arg., 1865) en cámaras de sub irrigación en Tarapoto

Para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo

Autor:

Warren Freitas Chisquipama
<https://orcid.org/0000-0003-4417-6166>

Asesor:

Ing. M.Sc. Guillermo Vásquez Ramírez
<https://orcid.org/0000-0002-3336-2396>

Co asesor:

Ing. Danter Cachique Huansi
<https://orcid.org/0000-0002-2696-2596>

Tarapoto – Perú

2014



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

Tesis

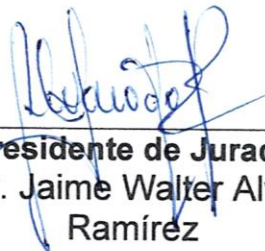
Influencia de longitud de estacas y niveles de área foliar en el enraizamiento de *Plukenetia brachybotrya* (Müller. Arg., 1865) en cámaras de sub irrigación en Tarapoto

Para optar el título de ingeniero agrónomo

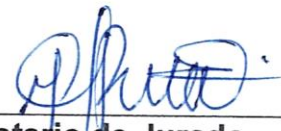
Presentado por

Warren Freitas Chisquipama

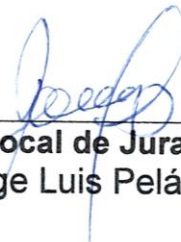
Sustentado y aprobado el 23 de diciembre del 2014, por los siguientes jurados



Presidente de Jurado
Ing. Dr. Jaime Walter Alvarado
Ramírez




Secretario de Jurado
Ing. María Emilia Ruiz Sánchez



Vocal de Jurado
Ing. Jorge Luis Peláez Rivera



Asesor
Ing. MSc. Guillermo Vásquez
Ramírez



Co asesor
Ing. Danter Cachique Huansi

Tarapoto, Perú

2014



ACTA DE SUSTENTACIÓN
Para optar el Título de Ingeniero Agrónomo
Modalidad Tesis

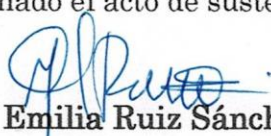
En la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, Auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias – Ciudad Universitaria, a horas...11:17...del día23..... del mes...Diciembre..... del año dos mil catorce, se reunió el Comité de Tesis, integrado por:

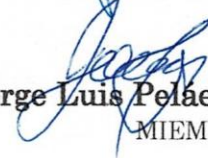
PRESIDENTE : **ING. DR. JAIME WALTER ALVARADO RAMÍREZ**
SECRETARIO : **ING. MARÍA EMILIA RUIZ SÁNCHEZ**
MIEMBRO : **ING. JORGE LUIS PELÁEZ RIVERA**
ASESOR : **ING. M. SC. GUILLERMO VÁSQUEZ RAMÍREZ**

Para evaluar el Informe de Tesis intitulado: “INFLUENCIA DE LONGITUD DE ESTACAS JUVENILES Y NIVELES DE ÁREA FOLIAR EN EL ENRAIZAMIENTO DE *Plukenetia brachybotrya* (Müller. Arg., 1865) EN CÁMARAS DE SUB IRRIGACIÓN EN TARAPOTO”, presentado por el bachiller en Ciencias Agrarias: **WARREN FREITAS CHISQUIPAMA**.

Los señores Miembros del Comité de Tesis, después de haber observado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas y terminada la réplica, luego de debatir entre sí, reservada y libremente lo declaran...Aprobado.....con el calificativo de...Bueno....., en fe de lo cual se firmó la presente acta, siendo las...12:20.....horas del mismo día, en lo que se dio por terminado el acto de sustentación.


Ing. Dr. Jaime Walter Alvarado Ramirez
PRESIDENTE


Ing. María Emilia Ruiz Sánchez
SECRETARIO


Ing. Jorge Luis Peláez Rivera
MIEMBRO


Ing. M. Sc. Guillermo Vásquez Ramírez
ASESOR


WARREN FREITAS CHISQUIPAMA
SUSTENTANTE

RECIBIDO POR:.....
DNI N°.....FECHA:.....

Declaratoria de autenticidad

Warren Freitas Chisquipama, con DNI N° 45200486, egresado de la Escuela Profesional de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Martín, autor de la tesis titulada: “Influencia de longitud de estacas y niveles de área foliar en el enraizamiento de *Plukenetia brachybotrya* (Müller. Arg., 1985) en cámaras de sub irrigación en Tarapoto”.

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue redactada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda información que contiene la tesis no ha sido plagiada.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Tarapoto, 23 de diciembre del 2014



Warren Freitas Chisquipama

DNI N° 45200486

Ficha de identificación

<p>Título del proyecto Influencia de longitud de estacas juveniles y niveles de área foliar en el enraizamiento de Plukenetia brachybotrya (Müll.Arg., 1865) en cámaras de sub irrigación en Tarapoto</p>	<p>Área de investigación: Línea de investigación: Sistemas de producción Sublínea de investigación: Propagación clonal Grupo de investigación: (indicar Resolución) Tipo de investigación: Básica <input type="checkbox"/>, Aplicada <input checked="" type="checkbox"/>, Desarrollo experimental <input type="checkbox"/></p>
<p>Autor: Warren Freitas Chisquipama</p>	<p>Facultad de Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Agronomía https://orcid.org/0000-0003-4417-6166</p>
<p>Asesor: Guillermo Vásquez Ramírez</p>	<p>Dependencia local de soporte: Facultad de Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Agronomía Unidad o Laboratorio Agronomía https://orcid.org/0000-0002-3336-2396</p>
<p>Co asesor: Danter Cachique Huansi</p>	<p>Contraparte científica: Facultad o Institución: IIAP Unidad o Laboratorio: PROBOSQUE País: Perú https://orcid.org/0000-0002-2696-2596</p>

Dedicatoria

Deseo expresar mi gratitud a nuestro creador por haberme brindado las condiciones de alcanzar un momento significativo en mi existencia, tanto en los triunfos como en los desafíos que me han enseñado a apreciar aún más cada día lo que poseo.

Asimismo, deseo expresar mi reconocimiento a mi madre, Pilar Chisquipama Chujutalli, quien ha estado a mi lado a lo largo de mi trayectoria académica y personal. Ella me ha brindado valiosas lecciones sobre la combinación de una fortaleza dulce para aceptar las derrotas y un coraje sutil para enfrentar los temores en el camino hacia la consecución de nuestras metas.

Mi gratitud también se extiende a mi padre, Jorge Washington Freitas Rengifo, por sus sabios consejos y su guía en mi desarrollo profesional. Sus enseñanzas han sido invaluable en mi camino y me han brindado dirección y orientación en mi trayectoria.

Por último, deseo expresar mi agradecimiento a mi familia, a mis amigos de toda la vida y a aquellos que se han sumado recientemente a mi vida. Todos ellos han contribuido a mi felicidad con sus sonrisas y su apoyo incondicional. Valoro profundamente la conexión y el afecto que comparto con ellos, y su presencia en mi vida ha sido invaluable para mi bienestar.

Agradecimientos

Deseo manifestar mi gratitud a la Universidad Nacional de San Martín, en particular a los docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias, por su invaluable contribución a mi formación profesional. Su dedicación y conocimientos han sido fundamentales en mi desarrollo académico, brindándome las herramientas y los recursos necesarios para crecer como profesional en el campo de las ciencias agrarias.

Asimismo, expreso mi agradecimiento al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), sede San Martín, por su inestimable respaldo y por brindarme las instalaciones necesarias para llevar a cabo mi trabajo de tesis. Su respaldo y colaboración han sido fundamentales para el desarrollo exitoso de mi investigación, permitiéndome acceder a recursos y facilidades que han enriquecido mi experiencia académica.

También quiero expresar mi profundo agradecimiento al Ing. Danter Cachique Huansi, co-asesor y coordinador general del proyecto con INNOVATE PERÚ, y Agradezco profundamente al Ing. Doc. Guillermo Vásquez Ramírez por la orientación y supervisión invaluable brindada por mi asesor, su experiencia ha sido vitales para el éxito de mi investigación.

Por último, pero no menos importante, agradezco al Instituto Peruano del Sacha Inchi y Oleaginosas Promisorias - IPSI por su inquebrantable respaldo estadístico en mi estudio. Su colaboración ha enriquecido significativamente los resultados y la calidad de mi trabajo, y estoy agradecido por su respaldo en esta etapa de mi investigación.

Asimismo, quiero expresar mi agradecimiento al Programa Nacional de Innovación para la Competitividad y Productividad (INNOVATE PERÚ), por su soporte económico en la cofinanciación de mi investigación, de acuerdo con el Contrato N°121-FINCyT-IB-2013. El apoyo económico brindado ha sido esencial para el exitoso desarrollo de mi proyecto de investigación y ha contribuido de manera significativa a la generación de conocimiento y progreso en mi área de estudio.

Índice general

Ficha de identificación	6
Dedicatoria	7
Agradecimientos	8
Índice general	9
RESUMEN.....	14
ABSTRACT	15
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN	16
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. Antecedentes de la investigación.....	18
2.2. Fundamentos teóricos	20
2.2.1. <i>Plukenetia</i> L.....	20
2.2.2. Propagación vegetativa	21
2.2.3. Extensión de estacas y área foliar en el desarrollo radicular.....	24
2.2.4. Subirrigación como método de propagación	26
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS	28
3.1. Ámbito de la investigación	28
3.1.1. Contexto de la investigación	28
3.1.2. Periodo de ejecución	28
3.1.3. Autorizaciones y permisos	28
3.1.4. Control ambiental y protocolos de bioseguridad	29
3.1.5. Aplicación de principios éticos internacionales	29
3.2. Sistema de variables	29
3.2.1. Variables principales.....	29
3.2.2. Variables secundarias	30
3.3. Procedimientos de la investigación	32
3.3.1. Objetivo específico 1	32
3.3.2. Objetivo específico 2	32
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37

4.1. Resultado específico 1	37
4.1.1. Porcentaje de enraizamiento	37
4.1.2. Número de raíces	40
4.1.3. Porcentaje de brotación	43
4.2. Longitud de raíz mayor	46
CONCLUSIONES	56
RECOMENDACIONES.....	57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58

Índice de tablas

Tabla 1.	Descripción de los tratamientos en estudio.	30
Tabla 2.	Esquema del análisis de varianza.	31
Tabla 3.	Comparación del porcentaje de enraizamiento a los 30 días: Análisis de varianza con datos transformados al arcoseno.	37
Tabla 4.	Evaluación del porcentaje de brotación a los 30 días mediante análisis de varianza, con transformación de datos utilizando la función de $\sqrt{x+1}$	40
Tabla 5.	Análisis de varianza para el porcentaje de brotación evaluado después de 30 días.	43
Tabla 6.	Evaluación del efecto de la longitud de la raíz principal en la longitud de la raíz mayor a los 30 días: análisis de varianza.	46

Índice de figuras

Figura 1.	Prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) para la diferencia de medias de los niveles del factor A (Longitud de estacas) en relación al enraizamiento.	37
Figura 2.	Prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) para la diferencia de medias de los niveles del factor B (Niveles de área foliar) en relación al enraizamiento.....	38
Figura 3.	Análisis de la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) para la comparación de los Tratamientos A y B en el porcentaje de enraizamiento.....	38
Figura 4.	Análisis de la interacción entre la longitud de estacas (Factor A) y los niveles de área foliar (Factor B) en el porcentaje de enraizamiento.....	39
Figura 5.	Evaluación del efecto conjunto de la longitud de estacas (Factor A) en los promedios de los niveles del factor B (Área foliar) en el porcentaje de enraizamiento	39
Figura 6.	Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para determinar diferencias en el número de raíces entre los niveles del Factor A (Longitud de estacas).	40
Figura 7.	Evaluación de la diferencia entre los promedios de los niveles del Factor B (Niveles de área foliar) mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) en términos del número de raíces.....	41
Figura 8.	Comparación de los efectos de los factores A y B en el número de raíces mediante la Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) en diferentes tratamientos raíces.	41
Figura 9.	Evaluación del efecto de la interacción entre la longitud de las estacas (Factor A) y los niveles de área foliar (Factor B) en el número de raíces.	42
Figura 10.	Evaluación del efecto de la interacción del factor B (Área foliar) en los promedios de los niveles del factor A (Longitud de estacas) sobre el número de raíces.....	42
Figura 11.	Análisis de Tukey ($\alpha=0.05$) para la evaluación de los promedios de los niveles del Factor A (Longitud de estacas) en relación con el porcentaje de brotación a los 30 días.	43
Figura 12.	Análisis de la Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los promedios de los niveles del Factor B (Niveles de área foliar) en función del porcentaje de brotación.....	44
Figura 13.	Análisis de la diferencia en el porcentaje de brotación entre los Tratamientos A y B mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).	44

Figura 14. Evaluación del efecto de la interacción entre la longitud de estacas (Factor A) y los niveles de área foliar (Factor B) en el porcentaje de brotación.....	45
Figura 15. Análisis del efecto de la interacción del factor B (Niveles de área foliar) en los promedios de los niveles del factor A (Longitud de estacas) en el porcentaje de brotación.....	45
Figura 16. Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para la comparación de medias de los niveles del Factor A (Longitud de estacas) en relación con la longitud de la raíz primaria.	46
Figura 17. Prueba de Tukey para los promedios de los niveles del Factor B (Nivel de área foliar) respecto a la longitud de la raíz mayor.....	47
Figura 18. Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para determinar la significancia estadística de la longitud de la raíz principal en los Tratamientos A y B.	47
Figura 19. Análisis de la interacción entre la longitud de estacas (factor A) y los niveles de área foliar (factor B) en relación con la longitud de la raíz mayor.	48
Figura 20. Análisis del efecto de la interacción entre el factor B (Nivel de área foliar) y el factor A (Longitud de estacas) en la longitud de la raíz mayor.	48

RESUMEN

Influencia de longitud de estacas juveniles y niveles de área foliar en el enraizamiento de *Plukenetia brachybotrya* (Müll. Arg., 1865) en cámaras de sub irrigación en Tarapoto

Las semillas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*), conocido comúnmente como 'maní de los incas', poseen altos niveles de proteínas y ácidos grasos insaturados por lo que su demanda en el mercado mundial es cada vez mayor. En ese sentido se viene impulsando los trabajos de mejoramiento genético y parte de los trabajos son el estudio de sus parientes silvestres como es el caso de *Plukenetia brachybotrya* como parte del proceso de domesticación. El presente estudio, se determinó un protocolo de propagación vegetativa para *Plukenetia brachybotrya* empleando un diseño bloques completos al azar con arreglo factorial de 3A x 4B evaluando tres longitudes de estacas juveniles (4, 8 y 12 cm) y cuatro áreas foliares (0, 25, 50 y 100 cm²), empleando una concentración de 2000 ppm de ácido indol butírico para todos los tratamientos. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y las medias fueron comparadas mediante la prueba de Tukey (P < 0.05). Los resultados mostraron que el uso de cámaras de sub irrigación, empleando estacas de 12 cm de longitud con 50 cm² de área foliar, y 2000 ppm de AIB inducen altos porcentajes de enraizamiento (93.3 %) ocasionando un mayor desarrollo radicular en la propagación vegetativa de este pariente silvestre.

Palabras clave: *Plukenetia brachybotrya*, enraizamiento, estacas, área foliar.

ABSTRACT

Influence of length of juvenile cuttings and levels of leaf área on the rooting of de *Plukenetia brachybotrya* (Müll. Arg., 1865) in sub irrigated chambers in Tarapoto

The seeds of sachá inchi (*Plukenetia volubilis*), commonly known as peanut of the incas, have high levels of protein and unsaturated fatty acids, which is why their demand in the world market is increasing. In this sense, genetic improvement work has been promoted and part of the work is the study of its wild relatives, such as *Plukenetia brachybotrya* as part of the domestication process. In the present study, a vegetative propagation protocol for *Plukenetia brachybotrya* was determined using a randomized complete block design with a 3A x 4B factorial arrangement, evaluating three lengths of juvenile cuttings (4, 8 and 12 cm) and four leaf areas (0, 25, 50 and 100 cm²), using a concentration of 2000 ppm of indole butyric acid for all treatments. The data were subjected to analysis of variance and the means were compared using Tukey's test ($P < 0.05$). The results showed that the use of sub-irrigation chambers, using 12 cm long stakes with 50 cm² leaf area, and 2000 ppm of AIB induce high rooting percentages (93.3%), causing greater root development in the vegetative propagation of wild relative.

Keywords: *Plukenetia brachybotrya*, rooting, cuttings, leaf area



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

Los ancestros silvestres de la planta sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), una especie originaria de la selva peruana, son reconocidos por su riqueza en ácidos grasos omega 3, 6 y 9 y vitamina E (Ushiñahua, 2019), los cuales se encuentran en concentraciones excepcionales en comparación con otras plantas oleaginosas conocidas.

En la región de San Martín, el cultivo de sachá inchi ha experimentado un aumento en popularidad entre los productores. Se ha notado una gran diversidad genética, física y química en esta planta, lo que incluye distintas cantidades de ácidos grasos esenciales. (Alarcón Rivera et al., 2019). Posiblemente, la razón de esta situación se deba a la dificultad en diferenciar ciertas especies del género *Plukenetia* durante el proceso de cultivo y expansión. Estas especies tienen una relación cercana entre sí, lo que puede llevar a confusiones durante el proceso. (Cardinal & Gillespie, 2020). En la Amazonía peruana, se han identificado cuatro tipos diferentes de esta clase de organismos, las cuales se han categorizado en base a sus características físicas únicas. (Cardinal & Gillespie, 2020). Durante el análisis morfológico de diversas muestras biológicas guardadas en el Herbario Amazonense, se ha observado que algunas especies presentan una superposición en ciertos caracteres diagnósticos. (Aranda et al., 2019). Esta superposición puede dificultar la identificación precisa de dichas especies, lo que puede ser problemático (IIAP, 2014).

En la coyuntura actual, se reconocen dos tipos de sachá inchi, que son miembros del género *Plukenetia*: *Plukenetia volubilis* L. y *Plukenetia huayllabambana* B. Ambas especies son altamente valoradas en el mercado internacional de nutraceuticos. Además de estas especies, existen otras variedades de *Plukenetia* en la Amazonía peruana, incluyendo *Plukenetia brachybotrya*. (Cardinal & Gillespie, 2020).

Considerando la ausencia de información acerca de la propagación por estacas de *Plukenetia brachybotrya* (Müller. Arg., 1865), se ha realizado una investigación con el propósito de establecer la longitud ideal de las estacas y la cantidad de área foliar necesaria para lograr una propagación exitosa a través del enraizamiento.

El objetivo de este proyecto es realizar mejoras genéticas en el sachá Inchi, mediante la incorporación de genes de parientes silvestres, en particular *Plukenetia brachybotrya* (Müller. Arg., 1865), con el fin de conservar su diversidad genética y promover su preservación. Se está utilizando una técnica simple, las cámaras de sub irrigación, que es parte del sub proyecto "Identificación y caracterización de nuevas especies del género

Plukenetia (Euphorbiaceae) con potencial nutracéutico en la Amazonía peruana", para contribuir al conocimiento de esta especie.

Hipótesis de la investigación:

La longitud de estacas y la lámina de área foliar tienen efecto positivo en el enraizamiento de *Plukenetia brachybotrya* (Müller. Arg., 1865), utilizando propagadores de sub irrigación".

La longitud de estacas tiene efecto positivo en el enraizamiento de *Plukenetia brachybotrya* (Müller. Arg., 1865), utilizando propagadores de sub irrigación.

La lamina de área foliar tienen efecto positivo en el enraizamiento de *Plukenetia brachybotrya* (Müller. Arg., 1865), utilizando propagadores de sub irrigación.

Objetivo general:

Determinar un protocolo de enraizamiento en *Plukenetia brachybotrya* (Müller. Arg., 1865), utilizando propagadores de sub irrigación.

Objetivos específicos:

- Determinar el efecto de tres longitudes de estacas sobre el enraizamiento de *Plukenetia brachybotrya* (Müller. Arg., 1865), utilizando propagadores de sub irrigación.
- Determinar el efecto de cuatro niveles de área foliar sobre el enraizamiento de *Plukenetia brachybotrya* (Müller. Arg., 1865), utilizando propagadores de sub irrigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Solis et al. (2019), investigación que lleva como título “Enraizamiento de estacas juveniles de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) en micro túneles”, en este estudio se examinaron diversos métodos para propagar estacas jóvenes de *Plukenetia volubilis*, comúnmente denominada sachá inchi. El objetivo principal de este estudio radicó en obtener plantas que presenten una mejora en sus características genéticas, a su vez, disminuyendo los tiempos de producción. Con la finalidad de alcanzar esta meta, se realizaron dos pruebas utilizando estacas jóvenes de 8 cm de longitud y una solución que tenía una concentración de 2000 ppm de ácido indol butírico. En el primer experimento, se evaluaron distintos sustratos y frecuencias de riego, mientras que en el segundo se analizaron diversos niveles de área foliar y concentraciones de AIB. Después de realizar el análisis estadístico de los datos recolectados, se evidenció que la utilización de pellets Jiffy en combinación con riego nebulizado diario, estacas de 8 cm de longitud y un área foliar de 75 cm², junto con la aplicación de 2000 ppm de AIB, dio como resultado un enraizamiento exitoso con un elevado porcentaje de éxito del 93,3% y un óptimo desarrollo del sistema radicular. Estos resultados sugieren que esta combinación de factores puede ser una estrategia efectiva para la propagación vegetativa de sachá inchi.

Franco et al. (2022), en la investigación “Germinación y propagación vegetativa in vitro a través del desarrollo de yemas de Sachá Inchi (*Plukenetia volubilis*)”, este estudio se centró en la propagación in vitro y la micro propagación de *Plukenetia*. Se realizaron experimentos para propagar in vitro utilizando diferentes medios de cultivo, temperaturas y la presencia/ausencia de testa, logrando una alta tasa de germinación del 91.6% en medio MS a 28°C al retirar la testa. Para la micro propagación, se optimizó el proceso utilizando un medio MS modificado con ciertas concentraciones de CaCl₂ y MgSO₄, obteniendo una alta formación de brotes adventicios. La aclimatación de las plantas fue exitosa, lo que indica que la producción comercial de plantas a través de la germinación y propagación vegetativa es una opción viable. En resumen, este estudio proporciona información valiosa para la propagación eficiente de *Plukenetia* in vitro y para su uso en la producción a gran escala.

García Orbe (2022), en su estudio “Eficiencia del tiempo de inmersión de dos tipos de fitorreguladores en el enraizamiento de estaquillas de mandarina (*Citrus reticulada* var. Tango), en cámara de sub irrigación”, En la Universidad Nacional de Ucayali (UNU) se realizó un estudio para evaluar la eficacia de dos reguladores del crecimiento vegetal en la

propagación asexual de esquejes de mandarina en una cámara de sub irrigación. Se utilizaron diferentes concentraciones de Ácido Indo butírico (AIB) y Ácido Naftalenacético (ANA) con distintos tiempos de inmersión. Se evaluaron múltiples variables, incluyendo la tasa de enraizamiento, formación de callos, longitud y cantidad de raíces, brotación, número de brotes aéreos y mortalidad. Los resultados indican que los tratamientos T5 (AIB a 200 ppm con 9 minutos de inmersión) y T9 (ANA a 200 ppm con 9 minutos de inmersión) mostraron los mejores resultados en todas las variables evaluadas. Por lo tanto, se concluye que estos tratamientos son altamente efectivos para la propagación vegetativa de la mandarina mediante enraizamiento de esquejes en cámara de sub irrigación.

Vallejos et al. (2021), en su investigación "Efectos de folíolos y ácido indol-3-butírico en la propagación vegetativa por micro túneles de caucho (*Hevea brasilienses*)" Se investigaron los efectos de distintas concentraciones de ácido indol-3-butírico (IBA) y la cantidad de folíolos en el enraizamiento de tallos con hojas de *Hevea brasilienses*. Se tomaron fragmentos de tallos progenitores de 6-7 cm, se eliminaron las hojas en exceso y se dejaron 2 o 5 folíolos. Estos fragmentos se trataron con diferentes concentraciones de IBA (0-5000 ppm) y se plantaron en bandejas con sustrato arenoso. Después de 29 días, se encontró que los cortes con 5 folíolos y 2000 ppm de IBA mostraron los mejores resultados en supervivencia (100%), enraizamiento (79%), longitud de raíces (2.9 cm) y número de raíces (4.1). Esta técnica podría ser una estrategia sencilla y eficaz para la conservación y propagación comercial de genotipos específicos de árboles de caucho.

Cachique et al. (2018), en el estudio "Enraizamiento de esquejes juveniles de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) en micro túneles", Se realizaron pruebas en *P. volubilis* en un vivero ubicado en la región de San Martín, Perú, utilizando tres métodos de injerto diferentes combinados con tres sistemas de protección distintos, con el propósito de evaluar el crecimiento de los injertos posterior al proceso. Se evidenció que todas las plantas que fueron protegidas con una bolsa de plástico después del injerto presentaron una tasa de supervivencia del 100%, sin importar la técnica de injerto utilizada. Estos descubrimientos pueden resultar valiosos en el proceso de domesticación de *P. volubilis* en el futuro, ya que brindan a los agricultores la oportunidad de acceder a material vegetal de alta calidad y uniformidad. Esto, a su vez, les permitirá seleccionar injertos resistentes a plagas y, al mismo tiempo, de alto rendimiento para su cultivo. (Cachique et al., 2018).

Roncal (2022), en su investigación "Efecto del ácido indol butírico y ácido &-naftalenacético en el enraizamiento de estacas de *Smallanthus glabratus* (DC.) H. Rob. "shita negra", en invernadero", Se determinó el efecto del AIB y ANA en la formación de raíces de *Smallanthus glabratus*, también conocido como "shita negra". Las estacas se trataron con

diferentes concentraciones (2000, 4000 y 8000 ppm) y realizó en un invernadero utilizando un DCA. Los resultados evidenciaron que solamente el AIB presentó un efecto significativo en el número y longitud de las raíces adventicias, así como en el número y longitud de los brotes regenerados. La concentración óptima identificada fue de 4000 ppm, la cual resultó en la mayor cantidad de raíces adventicias (9), longitud de raíces (11,57 cm) y brotes regenerados (2). La concentración de 2000 ppm tuvo la mayor tasa de enraizamiento (43,33%) y la de 8000 ppm tuvo la mayor tasa de mortalidad (96,67%).

2.2. Fundamentos teóricos

2.2.1. *Plukenetia* L.

El género *Plukenetia*, que forma parte de la familia Euphorbiaceae, es un conjunto de plantas oleaginosas que se distribuyen en América del Sur y Central (Álvarez & Rios, 2009 citado por Bojorge & Solarte, 2019). Aunque tienen una gran importancia económica, la clasificación taxonómica de este grupo ha sido motivo de debate debido a la falta de consenso en la delimitación de especies y secciones dentro del género (Cardinal & Gillespie, 2020).

Antecedentes

El género *Plukenetia* fue descrito por Carlos Linneo en 1753 (Alayón & Echeverri J., 2016) y consta actualmente de alrededor de 20 especies (Cardinal & Gillespie, 2020). La gran parte de las especies son originarias de América del Sur, aunque algunas se encuentran en América Central y el Caribe (Cachique et al., 2018). Las semillas oleaginosas producidas por estas plantas tienen un alto valor comercial debido a su contenido en ácidos grasos insaturados (Henaó Ramírez et al., 2022).

Clasificación taxonómica

Recientes investigaciones (Cardinal & Gillespie, 2020), han propuesto una revisión taxonómica basada en análisis filogenéticos y morfológicos. Se propone una clasificación para el género *Plukenetia*, dividiéndolo en cuatro secciones: *Plukenetia*, *Oligandria*, *Sphærostylis* y *Trilobata*. Cada sección se describe en detalle y se proporcionan claves de identificación para las especies dentro de cada sección.

(Integrated Taxonomic Information System., 2011) menciona la taxonomía:

Reino	Plantae
Subreino	Viridiplantae
Infrarreino	Streptophyta

Super división	Embryophyta
División	Tracheophyta
Subdivisión	Spermatophytina
Clase	Magnoliopsida
Superorden	Rosanae
Orden	Malpighiales
Familia	Euphorbiaceae
Género	<i>Plukenetia</i> L.

(Cardinal & Gillespie, 2020) se propone una clasificación para el género *Plukenetia*, dividiéndolo en cuatro secciones: *Plukenetia*, *Oligandria*, *Sphærostylis* y *Trilobata*. Cada sección se describe en detalle y se proporcionan claves de identificación para las especies dentro de cada sección.

Morfología

Manco, et al. (2006) citado por Bojorge & Solarte (2019), señala que el Sacha Inchi es una planta perenne y hermafrodita que tiene hojas verdes y ovaladas con nervaduras. Las flores se presentan en racimos, con flores pequeñas y blancas para los machos y flores femeninas en la base del racimo. Los frutos son cápsulas de 3 a 5 cm de diámetro que se abren cuando maduran, y las semillas son ovales y marrones con cotiledones similares a almendras que se utilizan para extraer aceite. La planta crece en presencia de luz y es propensa a la polinización cruzada.

Nuevas especies:

(Cardinal & Gillespie, 2020) Además, se han descrito cuatro nuevas especies de *Plukenetia*: *P. huayllabambana*, *P. pichincha*, *P. tumbesina* y *P. zamorana*. Se proporcionan descripciones detalladas de cada especie, incluyendo información sobre su distribución geográfica, hábitat, morfología y características distintivas.

2.2.2. Propagación vegetativa

La propagación vegetativa es un método de propagación asexual en el cual una planta genera nuevos individuos a partir de una parte de sí misma, sin la necesidad de la fusión de gametos (Bautista et al., 2022). Este proceso se lleva a cabo mediante el crecimiento

radicular y/o brotes en base a una sección de la planta originaria, como una hoja, un tallo, una raíz o un fragmento de la corona (Chavez, 2022).

Métodos de propagación vegetativa y sus ventajas y desventajas

Existen varios métodos de propagación vegetativa, cada uno con sus ventajas y desventajas. Algunos de los métodos más comunes son:

Propagación por estacas: Como menciona Chavez (2022), este método implica tomar una porción de una planta madre que contiene yemas caulinares y colocarla en un medio de cultivo adecuado para que emita raíces y brote en la parte aérea. Las ventajas de este método son su facilidad y bajo costo, así como la producción de plantas idénticas a la madre. Sin embargo, el éxito de la propagación es influenciado de muchos elementos, como la posición de la estaca en la rama, las circunstancias fisiológicas de la planta progenitora y el ambiente.

Propagación por esquejes: Este método es similar a la propagación por estacas, pero implica la eliminación de las hojas de la porción de la planta y la inclusión de la yema en el medio de cultivo. Las ventajas son similares a las de la propagación por estacas, pero la eliminación de las hojas puede ser un desafío y puede disminuir la tasa de éxito (Arteaga, 2022).

Propagación por acodo: Este método implica la estimulación de la formación de raíces en una rama de la planta madre y la posterior separación de la planta hija. Las ventajas de este método son que la planta hija se beneficia de las reservas de la planta madre y puede tener una mayor tasa de éxito. Sin embargo, es un método más complicado y puede tomar más tiempo (Palomino et al., 2022).

Propagación por injertos: Este método implica unir un pedazo de la planta madre (porta injerto) con una porción de otra planta (injerto) con el fin de que este último pueda beneficiarse del sistema de raíces del porta injerto (Romero et al., 2020). Las ventajas de este método son la posibilidad de combinar diferentes variedades o especies y el control del tamaño de la planta resultante. Sin embargo, el injerto puede ser más susceptible a enfermedades y el proceso puede ser más complicado y costoso (Idol et al., 2019).

Propagación vegetativa mediante estacas

La propagación vegetativa mediante estacas es un método comúnmente utilizado para multiplicar plantas con características deseables de una planta madre (Ríos et al., 2022). La técnica en cuestión implica la extracción de esquejes de la planta madre, que incluyen yemas del tallo, las ramas o las raíces. Después, estos esquejes se colocan en un medio

de cultivo adecuado para estimular la elongación radicular y los brotes en la parte superior de la planta. (Fasabi, 2017). La propagación por estacas presenta la ventaja de una fácil multiplicación y se recomienda seleccionar estacas de entre 20 y 30 cm de longitud de las mejores plantas (VILLALBA, 2018). Existen diversos factores que pueden afectar la manera en que se propaga una planta, tales como la posición de las estacas en la rama, la cantidad de energía reservada y la diferencia en las paredes celulares, la composición química del sustrato utilizado, las circunstancias fisiológicas de la planta original y los diferentes ecosistemas en el cual se encuentra (Chavez, 2022). De acuerdo con la investigación de Cachique et al., (2018), es posible lograr el enraizamiento exitoso de estacas mediante condiciones ambientales favorables y tratamientos químicos apropiados.

Fisiología del enraizamiento y factores que influyen en el proceso

El enraizamiento es un proceso fundamental en la propagación vegetativa, ya que permite a las plantas formar raíces adventicias que les permiten sobrevivir y crecer en condiciones adversas (Roncal, 2022) . La formación y crecimiento de las raíces está influenciado por varios factores fisiológicos, como la presencia de hormonas como la auxina, las citoquininas, el ácido abscísico y el etileno. Estos elementos juegan un papel clave en el desarrollo de las raíces de las plantas (Solano et al., 2023). Además, otros elementos climáticos como la temperatura, la humedad, la luz y la calidad del sustrato, también pueden afectar la formación de raíces y su posterior crecimiento (Sifuentes, 2019).

La auxina es una fitohormona que promueve la promoción de las raíces, siendo producida de forma endógena en la base de los tallos y en las hojas jóvenes (Tarnowski, 2021). La utilización de auxinas sintéticas, como el ácido indolbutírico (AIB), puede estimular la brotación de raíces en distintas especies. (Cachique et al., 2018). Las citoquininas, por otro lado, son hormonas que promueven la división celular y la formación de brotes, pero en altas concentraciones pueden inhibir la formación de raíces (Gordillo, 2019).

La temperatura es un factor ambiental clave que puede influir en el proceso de enraizamiento (Solano et al., 2023). Las plantas tienen una temperatura óptima para el crecimiento de las raíces, y por encima o por debajo de esta temperatura pueden verse afectadas negativamente. La humedad y la calidad del sustrato también son importantes, ya que la falta de agua o una mala aireación del suelo pueden inhibir la formación de raíces (Chavez, 2022).

Aplicación del ácido indol butírico (AIB) en la promoción del enraizamiento de plantas

El AIB es hormona vegetal artificial ampliamente utilizada en la propagación de plantas, específicamente en el enraizamiento de material vegetativo (Cachique et al., 2018). El AIB es un compuesto orgánico que pertenece al grupo de las auxinas, que son hormonas vegetales responsables de regular una variedad de procesos de crecimiento y desarrollo en las plantas (Ríos et al., 2022).

La aplicación de AIB en el enraizamiento de estacas se realiza mediante la inmersión de las mismas en una solución concentrada de AIB (Ancasi et al., 2023). Una vez que las estacas han sido tratadas con AIB, se plantan en un medio de cultivo adecuado y se colocan en condiciones ambientales apropiadas para inducir el crecimiento de raíces (Pinedo, 2022).

El uso del AIB en el enraizamiento de estacas tiene varias ventajas. En primer lugar, el AIB mejora la eficiencia del enraizamiento de las estacas, lo que resulta en una mayor tasa de éxito en la propagación vegetativa (Pinedo, 2022). En segundo lugar, el AIB permite enraizar estacas de plantas que de otro modo serían difíciles de propagar, como plantas leñosas y plantas que producen raíces de forma natural con dificultad (Solano et al., 2023).

Sin embargo, también hay algunas desventajas asociadas con el uso de AIB. En primer lugar, la dosificación adecuada del AIB puede ser difícil de determinar y puede variar según la especie de la planta (Arteaga, 2022). Además, la exposición prolongada al AIB puede causar efectos secundarios no deseados en la planta, como el crecimiento anormal de las raíces y la supresión del crecimiento de la parte aérea (García Orbe, 2022).

2.2.3. Extensión de estacas y área foliar en el desarrollo radicular

Factores que influyen en el enraizamiento

El enraizamiento de brotes está influenciado por diversos factores, que pueden variar dependiendo de la especie vegetal y las condiciones de propagación (Ríos et al., 2022). Entre los factores que influyen en el enraizamiento se encuentran:

- **Edad y estado fisiológico del brote:** Los brotes jóvenes y en buen estado fisiológico suelen tener una mayor capacidad de enraizamiento que los brotes más viejos o debilitados (Padilla & Parentini, 2020).
- **Calidad del sustrato:** La elección del sustrato adecuado es crucial para el enraizamiento exitoso de brotes (Cedeño et al., 2022). Un sustrato con buena estructura, aireación y retención de humedad puede favorecer el desarrollo de raíces (Vences, 2019).

- **Humedad:** Un adecuado nivel de humedad en el sustrato es esencial para el enraizamiento de brotes. La presencia de humedad en el sustrato beneficia la absorción de agua, así como de nutrientes, a través del sistema radicular, lo cual estimula el desarrollo de nuevas raíces. (Haygert et al., 2017).
- **Temperatura:** La temperatura del medio de propagación también juega un papel importante en el enraizamiento de brotes. Temperaturas óptimas pueden acelerar el proceso de enraizamiento, mientras que temperaturas extremas pueden inhibirlo (Haygert et al., 2017).
- **Disponibilidad de nutrientes:** La presencia de nutrientes esenciales en el sustrato, como nitrógeno, fósforo y potasio, es fundamental para el enraizamiento de brotes (Recto, 2018 citado por Moposita, 2020). Estos nutrientes son vitales para el incremento y desarrollo de las raíces y su deficiencia puede limitar el enraizamiento exitoso.
- **Hormonas de crecimiento:** Las hormonas de crecimiento, como las auxinas, juegan un papel crucial en el enraizamiento de brotes. Las auxinas son responsables de la inducción y promoción del enraizamiento, estimulando la elongación del sistema radicular adventicio en la base del brote (Garay, 2014 citado por Alcantara et al., 2019).

Influencia de la extensión de las estacas

La extensión de las estacas es un factor crítico en la propagación vegetativa por estacas, ya que influye en la capacidad de la estaca para enraizar y generar nuevos brotes. Según diversos estudios (Castillo et al., 2021; Morales, 2019; Vásquez Castañeda et al., 2019), las estacas de mayor longitud tienen una mayor capacidad de enraizamiento y generación de nuevos brotes en comparación con las estacas más cortas.

No obstante, la longitud óptima de las estacas puede depender de la especie y de las características ambientales en las que se encuentran (Salomon, 2020).

Influencia del área foliar

El área foliar también es un factor importante en la propagación vegetativa por estacas (Araújo et al., 2019). Las hojas de las estacas son las principales fuentes de asimilados que se utilizan para la formación de raíces y brotes (Solano et al., 2023). En general, se ha observado que las estacas con mayor área foliar tienen una mayor capacidad de enraizamiento y generación de brotes (Vallejos et al., 2021).

Sin embargo, también se ha demostrado que el exceso de área foliar puede tener efectos negativos en la propagación vegetativa por estacas (Gronerth, 2009).

2.2.4. Sub irrigación como método de propagación

Definición y características de la sub irrigación

El sistema de sub irrigación que se empleará en el estudio está basado en un diseño creado por Howland en 1975. Posteriormente, fue modificado por Leakey y Longman en 1988, y se han realizado algunas adaptaciones con base en la experiencia obtenida en el CATIE (Costa Rica), así como ajustes para su implementación en la zona de trabajo. Esta tecnología es fácil de implementar y ha demostrado su eficacia en ensayos realizados en Centroamérica y África (Leakey, 1990 citado por Sifuentes, 2019). Según Souza, (1993) citado por Sifuentes, (2019), esta tecnología es económica y de fácil adopción, ya que se basa en materiales disponibles localmente y se puede utilizar en una amplia variedad de escalas, desde pequeñas a grandes.

Según lo indicado por Mesén (1998) citado en el estudio de (Chavez, 2022), la capacidad de la técnica de irrigación subterránea para reducir el estrés hídrico puede deberse a su capacidad para proteger el material vegetativo de las fluctuaciones ambientales extremas que son comunes en las condiciones tropicales. Esto se considera clave en su funcionamiento, ya que ayuda a minimizar el estrés hídrico en las estacas y mantener un ambiente más estable para su desarrollo.

Ventajas y desventajas de la sub irrigación

(García et al., 2018) menciona que, la sub irrigación como método de propagación presenta varias ventajas, entre las que se encuentran:

- Mayor eficiencia en el uso del agua: al suministrar agua y nutrientes directamente al sistema radicular, se reduce la pérdida de agua por evaporación y escorrentía, lo que resulta en un uso más eficiente del recurso hídrico.
- Control preciso del riego: la sub irrigación permite un control preciso del suministro de agua y nutrientes, lo que permite ajustar las cantidades y frecuencias de riego según las necesidades de las plantas, evitando tanto el exceso como la deficiencia de agua.
- Menor riesgo de enfermedades: al no mojar la parte aérea de las plantas, se reduce el riesgo de propagación de enfermedades foliares y fúngicas, lo que puede contribuir a un mejor control fitosanitario.
- Mayor uniformidad en el crecimiento: la sub irrigación proporciona un suministro constante de agua además nutrientes al sistema radicular de las plantas, lo que puede favorecer un crecimiento más uniforme y homogéneo de las plántulas.

Sin embargo, también existen algunas desventajas asociadas al uso de la sub irrigación, tales como:

- Mayor costo inicial: la instalación de un sistema de sub irrigación puede requerir una inversión inicial más alta en comparación con otros métodos de propagación.
- Mayor complejidad en la gestión del riego: La técnica de sub irrigación demanda una gestión precisa del riego, una monitorización constante y ajuste de los niveles de agua, así como de los nutrientes presentes en el lecho de agua, lo que puede ser más complejo en comparación con otros métodos de propagación.
- Requerimientos técnicos específicos: la sub irrigación requiere de infraestructura y equipos específicos, como bandejas o contenedores adecuados, sistemas de lecho de agua o bandejas flotantes, y sistemas de control y monitoreo, lo que puede limitar su aplicación en ciertos contextos.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ámbito de la investigación

3.1.1. Contexto de la investigación

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el vivero del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP — San Martín), situado en una localidad geográfica y política identificada como:

Ubicación geográfica:

Latitud Sur : 06° 28 ' 43"

Longitud Oeste : 76 ° 22 ' 36

Altitud : 324 msnm

Ubicación política

Distrito : Morales

Provincia y Región : San Martín

3.1.2. Periodo de ejecución

El tiempo de cumplimiento del presente trabajo de investigación abarcó los meses de junio a agosto del 2014. Durante este lapso de tiempo, se llevaron a cabo todas las actividades planificadas y se recolectaron los datos necesarios para la consecución de los objetivos planteados.

3.1.3. Autorizaciones y permisos

Para la realización de este estudio se hizo uso de material genético perteneciente a la colección de material genético del IIAP. La utilización de este material fue autorizada por el IIAP — San Martín, entidad encargada de la conservación y registro del germoplasma en la región amazónica del Perú.

Cabe destacar que el IIAP cuenta con un banco de germoplasma debidamente registrado y saneado, cumpliendo así con las normas nacionales e internacionales para la conservación y uso responsable de recursos genéticos. La obtención y manejo del material genético utilizado en este estudio se realizó de acuerdo con las normas establecidas por el IIAP y con las disposiciones legales y éticas vigentes en el país.

3.1.4. Control ambiental y protocolos de bioseguridad

En caso de corresponder, indicar de manera general, sin detalles, el cumplimiento de lo mencionado en el acápite 3.6.

3.1.5. Aplicación de principios éticos internacionales

Con respecto al apartado 3.7, se menciona la necesidad de aplicar de manera breve los principios éticos fundamentales en la investigación. Estos principios incluyen la generalidad/moralidad, el respeto al hombre, el respeto al ambiente, la servicio y la justicia. Es importante considerar estos principios éticos en todas las etapas del proceso de investigación para garantizar que se realice de manera responsable y ética.

3.2. Sistema de variables

3.2.1. Variables principales

- **% de enraizamiento**

Al concluir la prueba, se realizó una evaluación contando la cantidad de estacas que lograron enraizar en cada tratamiento y repetición. Se definió que una estaca enraizada debe tener al menos una raíz de longitud igual o mayor a 2 mm.

- **Número de raíces por estaca**

Al concluir el experimento, se realizó una evaluación del número de raíces o estacas contabilizadas en cada tratamiento y repetición, tomando en cuenta el total de unidades experimentales.

- **% de brotamiento**

Se realizó una evaluación del porcentaje de estacas que presentaron brotes aéreos durante el experimento. Se consideró una estaca con brote aéreo aquella que presentara al menos un brote de longitud igual o superior a 3 mm. Este análisis se llevó a cabo para cada tratamiento y repetición, teniendo en cuenta el total de unidades experimentales utilizadas.

- **Longitud de raíz mayor**

Al concluir, se realizó la toma de datos a la extensión de la raíz más desarrollada utilizando un instrumento de medición llamado vernier milimetrado. Esto se llevó a cabo para cada tratamiento y repetición, y se utilizó como un indicador del resultado final del experimento.

3.2.2. Variables secundarias

Registro meteorológico

Se evaluó los datos meteorológicos de tres meses consecutivos con la finalidad de recopilar información necesaria que nos permita interpretar la interacción de los resultados obtenidos.

- **Material vegetativo**

Se emplearon estacas a partir de la variedad *Plukenetia brachybotrya* (Müller. Arg., 1865 L.) provenientes de plantas silvestres relacionadas con el Género *Plukenetia*. Dichas plantas fueron obtenidas del IIAP – San Martín situado en el fundo Pucayacu, Bello Horizonte.

- **Factores y niveles de estudio**

Los factores de experimento fueron:

Factor A: longitud de estacas juveniles con los siguientes niveles:

- $A_1 = 4 \text{ cm}$
- $A_2 = 8 \text{ cm}$
- $A_3 = 12 \text{ cm}$

Factor B: longitud de estacas juveniles con los siguientes niveles:

- $B_1 = 0 \text{ cm}^2$
- $B_2 = 25 \text{ cm}^2$
- $B_3 = 50 \text{ cm}^2$
- $B_4 = 100 \text{ cm}^2$

Tratamientos en estudio

Tabla 1

Descripción de los tratamientos en estudio.

Trat.	Clave	Longitud estacas	Niveles de área foliar
T ₁	a ₁ b ₁	4cm	0 cm ²
T ₂	a ₁ b ₂	4cm	25cm ²
T ₃	a ₁ b ₃	4cm	50 cm ²
T ₄	a ₁ b ₄	4cm	100cm ²
T ₅	a ₂ b ₁	8cm	0 cm ²
T ₆	a ₂ b ₂	8cm	25cm ²
T ₇	a ₂ b ₃	8cm	50 cm ²
T ₈	a ₂ b ₄	8cm	100cm ²
T ₉	a ₃ b ₁	12cm	0 cm ²
T ₁₀	a ₃ b ₂	12cm	25cm ²
T ₁₁	a ₃ b ₃	12cm	50 cm ²
T ₁₂	a ₃ b ₄	12cm	100cm ²

- **Diseño experimental**

Para este estudio de investigación se optó por utilizar el método de Diseño Completamente al Azar (DCA) con un arreglo factorial 3A x 4B. Esto permitió considerar la influencia de dos factores diferentes: la longitud de las estacas (A) y los niveles de área foliar (B). De esta manera, se pudo evaluar con mayor precisión los efectos de estos factores en el estudio.

En el experimento, se utilizaron estacas con tres longitudes diferentes: $a_1 = 4\text{cm}$, $a_2 = 8\text{cm}$ y $a_3 = 12\text{cm}$, y cuatro niveles de área foliar: $b_1 = 0\text{ cm}^2$, $b_2 = 25\text{ cm}^2$, $b_3 = 50\text{ cm}^2$ y $b_4 = 100\text{cm}^2$. En total, se llevaron a cabo 12 tratamientos con tres repeticiones cada uno, lo que dio como resultado 36 unidades experimentales, cada una compuesta por 12 estacas. Se midieron los siguientes parámetros: porcentaje de enraizamiento, número de raíces, longitud de la raíz más larga y porcentaje de brotación. Los datos obtenidos se procesaron mediante Microsoft Excel 2019 y se sometieron a un análisis de varianza y una prueba de rangos múltiples de Tukey ($p \leq 0.05$) utilizando el programa Infostat. Los datos de porcentaje se transformaron mediante la fórmula $\arcsen \sqrt{\%}$ y los datos de conteo se transformaron a $\sqrt{x + 1}$.

- **Análisis de varianza**

Tabla 2

Esquema del análisis de varianza.

Fuente de variabilidad	GL
Tratamiento	11
A (Longitud de estacas)	2
B (Niveles de área foliar)	3
A x B	6
Error experimental	24
Total	35

Características de las unidades experimentales

- **Cámara de propagación**

Largo total de cámara : 2.40 m

Largo neto de cámara : 2.35 m

Ancho total de cámara : 0.80 m

Ancho neto de cámara : 0.75 m
 Área total de cámara : 1.91 m²
 Área neta de cámara : 1.76 m²

- **Experimento**

Número total de repeticiones : 3
 Longitud de estacas : 3
 Área foliar : 4
 Total, de tratamientos : 12
 Distanciamiento entre estacas : 0.10 m

3.3 Procedimientos de la investigación

3.3.1 Objetivo específico 1

Determinar el efecto de tres longitudes de estacas sobre el enraizamiento de *Plukenetia brachybotrya* (Müller. Arg., 1865), utilizando propagadores de sub irrigación.

3.3.2 Objetivo específico 2

Determinar el efecto de cuatro niveles de área foliar sobre el enraizamiento de *Plukenetia brachybotrya* (Müller. Arg., 1865), utilizando propagadores de sub irrigación.

Procedimiento experimental

Construcción de la infraestructura del propagador

Se construyó una infraestructura para propagación vegetal mediante la colocación de postes de madera aserrada de 2.70 metros de longitud, a una profundidad de 0.70 metros y separados cada 4.0 metros. Se utilizó una malla negra de sombreado con un porcentaje de sombra del 80% como cobertura y protección lateral de los postes, con el propósito de brindar un ambiente adecuado de crecimiento a las plantas, protegiéndolas de las condiciones climáticas adversas y los rayos solares.

Construcción del propagador de sub irrigación

Para el enraizamiento de estacas, se empleó un sustrato conocido como "arena media". Este fue sometido previamente a un proceso de lavado, desinfección y solarización. Se

llevó a cabo la construcción de las cámaras de sub irrigación utilizando listones de madera que fueron revestidos con doble capa de plástico transparente, con el propósito de proteger y mantener la humedad de las plantas en su interior. Además, se colocó una tapa ajustada igualmente forrada de plástico para asegurar una adecuada estanqueidad en el sistema y evitar la fuga de líquidos. Se procedió a cubrir los primeros 25 cm de la superficie con capas secuenciales de piedras de gran tamaño, cuyo diámetro varió entre los 6.0 y 10.0 cm, seguidas de piedras de menor tamaño, con diámetros que oscilaron entre los 3.0 y 6.0 cm (Amasifuen, 2015). Por último, los últimos 5 cm de las cámaras de sub irrigación fueron cubiertos con sustrato enraizante compuesto por arena media. Para incluir y supervisar el agua presente en el sistema, se optó por utilizar un tubo de sección transversal con un diámetro de 4 pulgadas. Este se insertó verticalmente en las diversas capas del material con el objetivo de lograr dicha incorporación y monitoreo. De esta forma, se sobresalió 15 cm por encima de la superficie del propagador, lo que permitió llenar con agua los primeros 20 cm de la cámara de propagación. Esto aseguró que el sustrato se mantuviera siempre húmedo a través de la capilaridad.

Cosecha del material vegetativo

La recolección se realizó seleccionando los brotes principales de plántulas que mostraban vigor y salud. Esta actividad tuvo lugar en las primeras horas de la mañana, específicamente de 6:15 a 7:15 a.m.

Traslado y almacenamiento del material vegetativo

Una vez obtenido el material vegetal, se procedió a su traslado utilizando cajas de polietileno expandido. Para proteger adecuadamente las cajas, se envolvieron previamente con papel de periódico húmedo. Esta medida se tomó con el objetivo de prevenir la aparición de estrés fisiológico en las plantas durante el periodo que transcurre desde su recolección hasta su colocación en la cámara.

Preparación de estacas

Se utilizó un método de propagación mediante estacas basales e intermedias, el cual se llevó a cabo de manera eficiente en un solo día. Para preservar la calidad de la muestra, se aseguró que cada estaca retuviera una proporción específica de la hoja (0, 25, 50 y 100 cm²) de acuerdo al proyecto ejecutado. Adicionalmente, se procedió a preparar las estacas en condiciones estériles y adecuadas, con el objetivo de prevenir la contaminación y la deshidratación de las mismas, asegurando así la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos.

Tratamiento hormonal de estacas

Se llevó a cabo la aplicación de ácido indol butírico (AIB) a todos los tratamientos mediante una solución del 0.2% de AIB. Para preparar esta solución, se disolvieron 0.2 gramos de AIB en 100 ml de alcohol puro, siguiendo el método recomendado por Cachique et al. (2018). Para la aplicación de la solución auxínica, se utilizó una micro jeringa de 10 µl para inyectarla en la base de la estaca. El control preciso de la cantidad y concentración de Ácido Indol butírico (AIB) aplicado en las estacas se logró evaporando inmediatamente el alcohol con una corriente de aire puro, con el objetivo de evitar variaciones debido a factores como el diámetro, nivel de transpiración de las estacas. Esto garantizó una aplicación uniforme de la solución de AIB en todas las estacas, sin importar sus características individuales.

Instalación del material vegetativo en la cámara.

Para la instalación del material vegetativo en las cámaras y su posterior rotulado, se procedió a realizar agujeros con una profundidad aproximada de 2 cm en el sustrato. Luego, se instalaron el material vegetativo con precaución en estos agujeros, asegurándose de aplicar la presión adecuada en el sustrato en torno a cada estaca para lograr una extensión de contacto óptima.

El material vegetativo se distribuyó a una distancia uniforme de 10 x 10 cm entre sí. Para llevar un control de los diferentes factores que se estaban evaluando, se etiquetó cada estaca con la información correspondiente.

Es importante destacar que la distribución de las estacas en el propagador se realizó de acuerdo al diseño experimental previamente establecido. De esta manera, se garantizó que los resultados obtenidos fueran lo más precisos y confiables posible.

Instalación de equipos para mediciones ambientales

Durante cinco días consecutivos, se realizaron mediciones precisas para evaluar las condiciones climáticas en un ensayo en particular. Se realizó la medición de la exposición a la luz solar mediante el uso de un luxómetro digital de alta precisión, que contaba con diferentes rangos de medición, incluyendo 1, 10 y 100 lux. Los rangos máximos de medición de este equipo fueron de 2000, 20 000 y 50 000 lux respectivamente.

Además de evaluar la temperatura del aire, la radiación solar, se realizaron mediciones de humedad relativa y temperatura del suelo mediante el uso de dispositivos digitales como el termohigrómetro y el geotermómetro. Estos equipos permitieron realizar mediciones

precisas y detalladas de las condiciones ambientales en el área del ensayo.

Es importante destacar que estas mediciones se realizaron durante la segunda semana del experimento, en un horario comprendido entre las 6:00 a.m. y las 6:00 p.m. La evaluación de las condiciones climáticas en este periodo de tiempo permitió obtener información valiosa sobre los cambios en las condiciones ambientales a lo largo del día y su posible impacto en el ensayo.

Gestión de la cámara de sub irrigación

Luego de situar el material vegetativo en el propagador, se procedió a aplicar agua de forma homogénea sobre las hojas mediante un aspersor operado manualmente. Este procedimiento se realizó con el fin de mantener un nivel adecuado de humedad que permita un buen enraizamiento de las estacas. Además, se llevaron a cabo inspecciones interdiarias para detectar posibles problemas patológicos. Es importante destacar que, durante el proceso de propagación, se llevó a cabo una supervisión constante para identificar cualquier signo de enfermedad o necrosis en las hojas o estacas. En caso de detectar alguna anomalía, se tomaron medidas inmediatas para prevenir la propagación de la infección. Una de las prácticas llevadas a cabo fue la eliminación de hojas en el suelo y estacas que presentaban señales de necrosis. Este manejo adecuado de las plantas y la prevención de la propagación de enfermedades contribuyeron a mantener la salud y vigor de las estacas durante el proceso de propagación. Se realizó un monitoreo del nivel de agua en el propagador como un elemento clave lograr resultados exitosos en el proceso de enraizamiento, lo cual se considera fundamental. Un nivel inadecuado de agua podría tener un impacto negativo en el proceso de enraizamiento y, por lo tanto, es importante monitorear continuamente el nivel de agua para asegurar las condiciones óptimas de enraizamiento. Por lo tanto, se controló cuidadosamente el nivel del agua y se realizó el ajuste necesario para asegurar un ambiente propicio para el enraizamiento. Por último, se evaluó el progreso del enraizamiento de las estacas mediante inspecciones regulares.

Trasplante del material enraizado

Después de extraer la estaca del propagador, se procedió a trasplantar las plántulas en bolsas de germinación. Estas bolsas contenían un sustrato compuesto por tierra negra, arena y humus de lombriz en una relación técnica de 4:2:1 respectivamente. Es importante destacar que, durante este proceso, se tuvo especial cuidado debido a la fragilidad y delicadeza de las raíces recién formadas de las plántulas. De esta forma, se garantizó la correcta adaptación de las plántulas al nuevo sustrato y se favoreció su crecimiento y desarrollo futuro.

Aclimatación del medio

Luego de un mes de haber iniciado el experimento, las estacas obtenidas fueron trasladadas a un lugar resguardado de la luz solar directa y se les proporcionaron riegos regulares durante los primeros días. Durante todo el proceso de propagación, se mantuvo un monitoreo constante de las estacas, brindándoles los mismos cuidados que se ofrecen a las plantas en un vivero. Esto incluyó el mantenimiento de las condiciones ambientales adecuadas, como la sombra proporcionada por una malla que permitía un 80% de sombra. Además, se aseguró de mantener un nivel óptimo de humedad en el sustrato y se realizaron riegos regulares para evitar la deshidratación de las estacas. Cualquier necesidad nutricional adicional fue suplementada mediante la aplicación controlada de fertilizantes o nutrientes específicos, siguiendo las recomendaciones y dosificaciones adecuadas. Todo esto se hizo con el fin de garantizar el mejor desarrollo y enraizamiento de las estacas durante el mes de propagación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultado específico 1

4.1.1 Porcentaje de enraizamiento

Tabla 3

Comparación del porcentaje de enraizamiento a los 30 días: Análisis de varianza con datos transformados al arcoseno.

F. de V.	GL	SC	CM	FC	SIGNI
TRATAMIENTOS	11	0.73405	0.0667	20.268	**
A	3	0.28126	0.1406	42.712	**
B	2	0.40144	0.1338	40.642	**
inter AB	6	0.05135	0.0086	2.600	n.s
Error	24	0.07902	0.0033		
TOTAL	35	0.81307	0.0232		

**= Altamente significativo * = significativo

N.S = no significativo

CV=6.73

R² =90.28%

X=66.37%

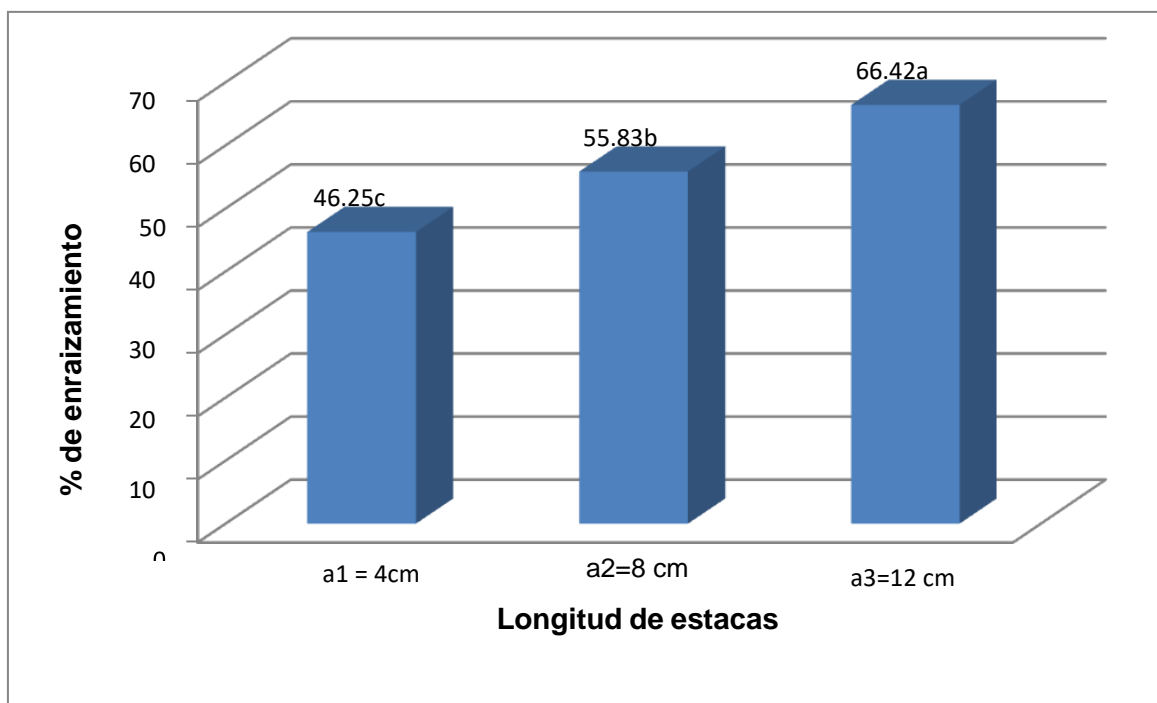


Figura 1. Prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) para la diferencia de medias de los niveles del factor A (Longitud de estacas) en relación al enraizamiento.

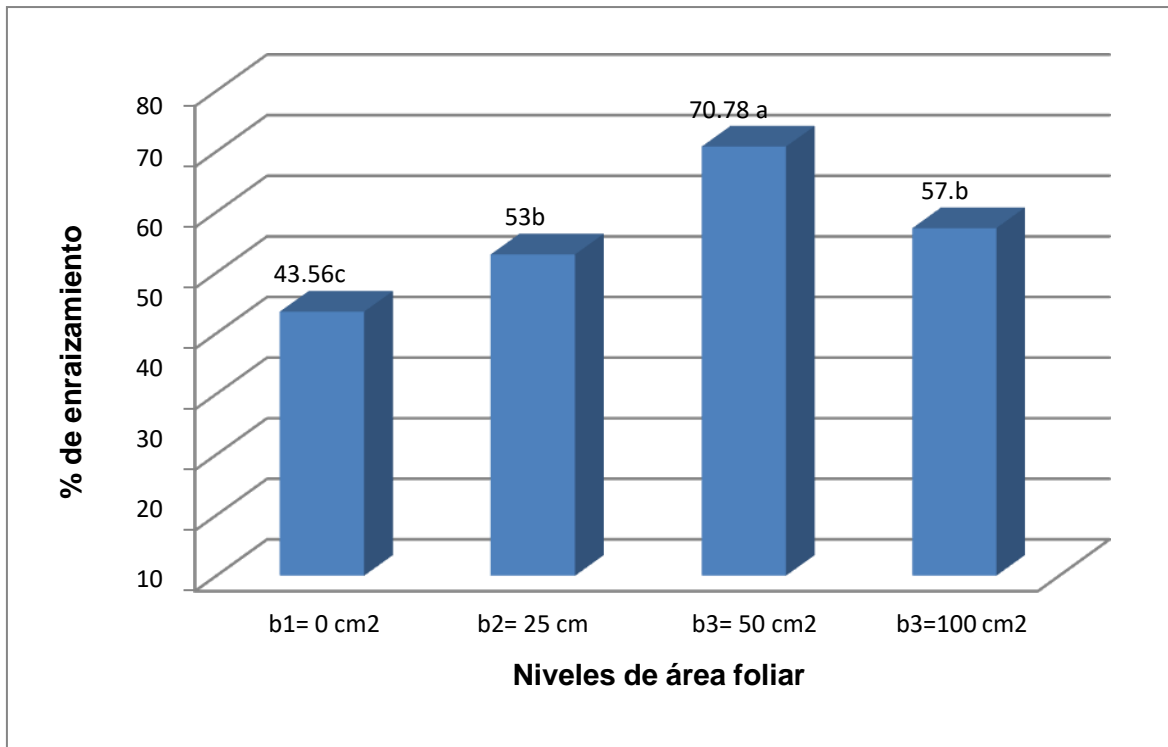


Figura 2. Prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) para la diferencia de medias de los niveles del factor B (Niveles de área foliar) en relación al enraizamiento.

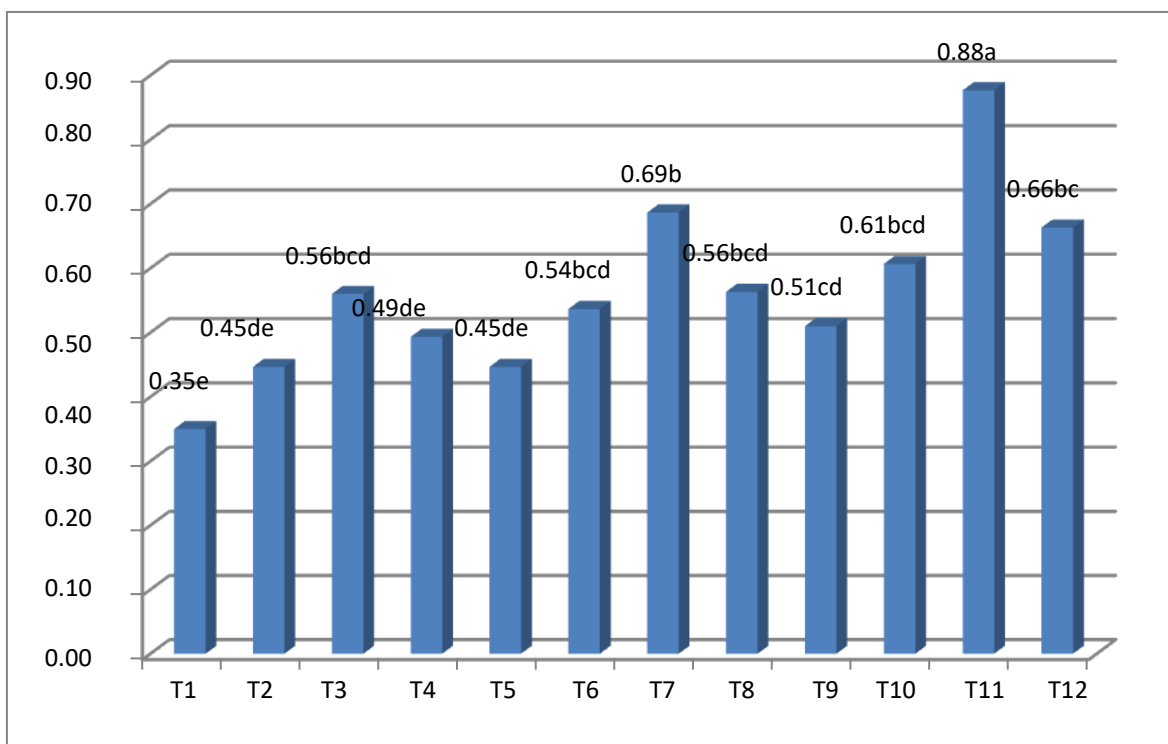


Figura 3. Análisis de la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) para la comparación de los Tratamientos A y B en el porcentaje de enraizamiento.

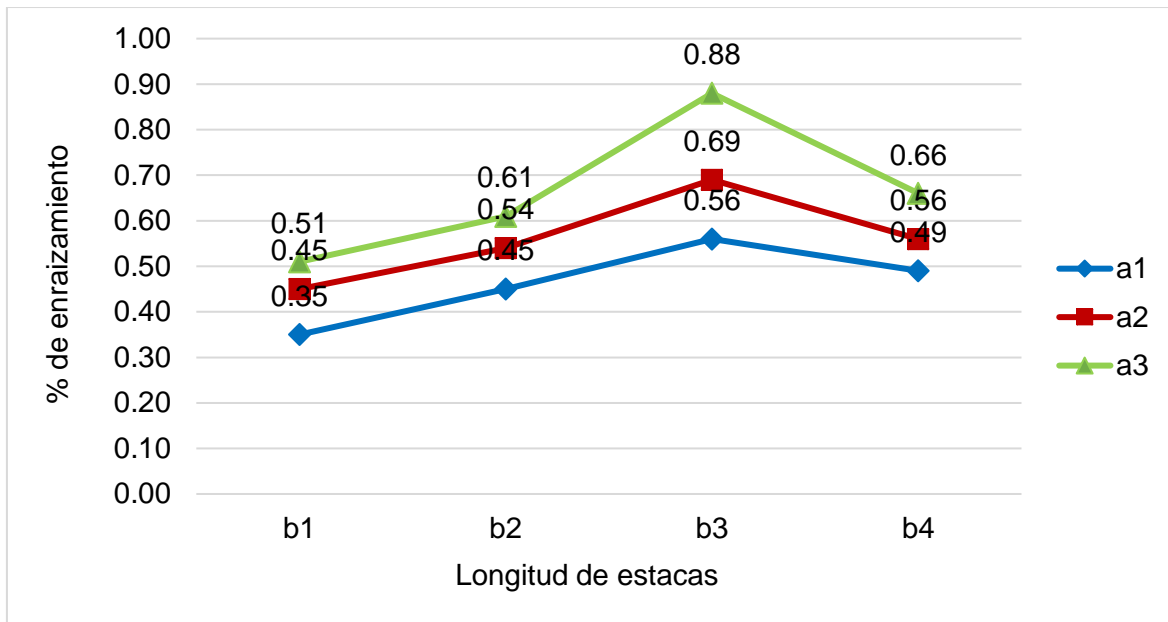


Figura 4. Análisis de la interacción entre la longitud de estacas (Factor A) y los niveles de área foliar (Factor B) en el porcentaje de enraizamiento.

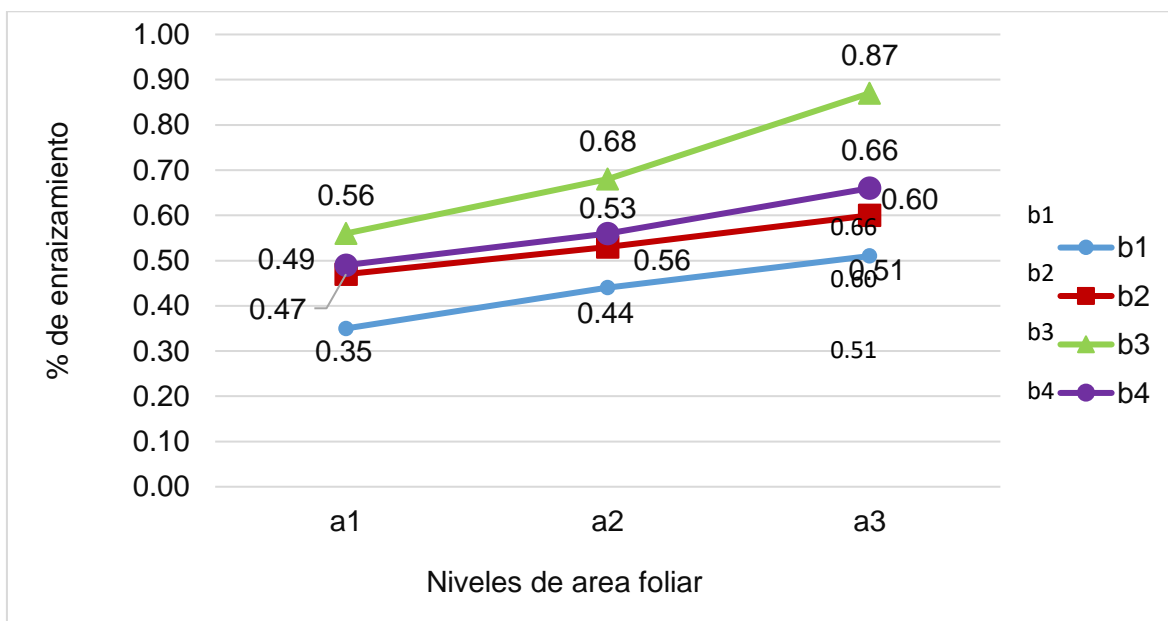


Figura 5. Evaluación del efecto conjunto de la longitud de estacas (Factor A) en los promedios de los niveles del factor B (Área foliar) en el porcentaje de enraizamiento

4.1.2. Número de raíces

Tabla 4.

Evaluación del porcentaje de brotación a los 30 días mediante análisis de varianza, con transformación de datos utilizando la función de $\sqrt{x+1}$.

F. de V.	GL	SC	CM	FC	SIGNI
TRATAMIENTOS	11	13.4643	1.2240	22.484	**
A	3	1.4964	0.7482	13.744	**
B	2	9.95682	3.3189	60.966	**
inter AB	6	2.01105	0.3352	6.157	**
Error	24	1.30653	0.0544		
TOTAL	35	14.7708	0.4220		

**= Altamente significativo * = significativo N.S = no significativo

$R^2 = 91.15\%$

C.V = 6.39 %

$X = 12.72$

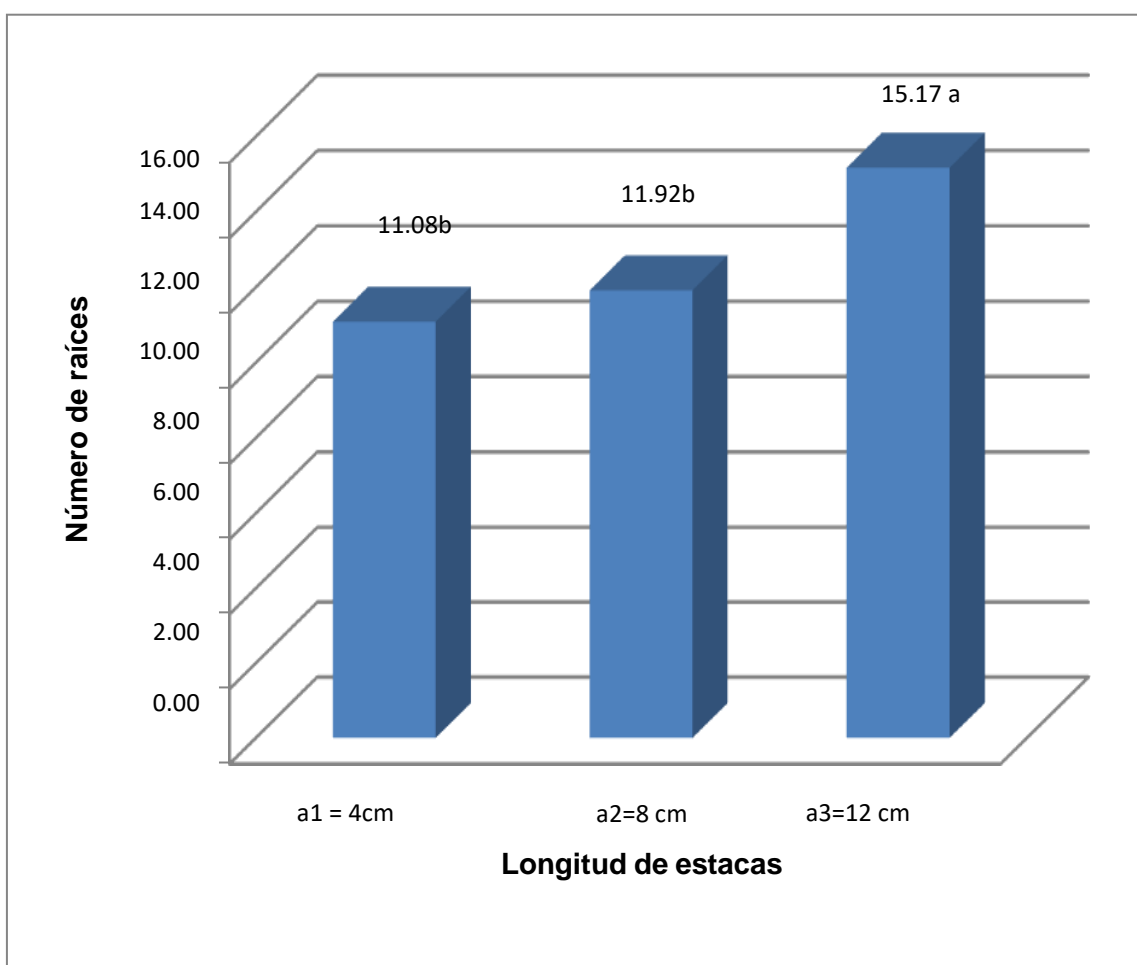


Figura 6. Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para determinar diferencias en el número de raíces entre los niveles del Factor A (Longitud de estacas).

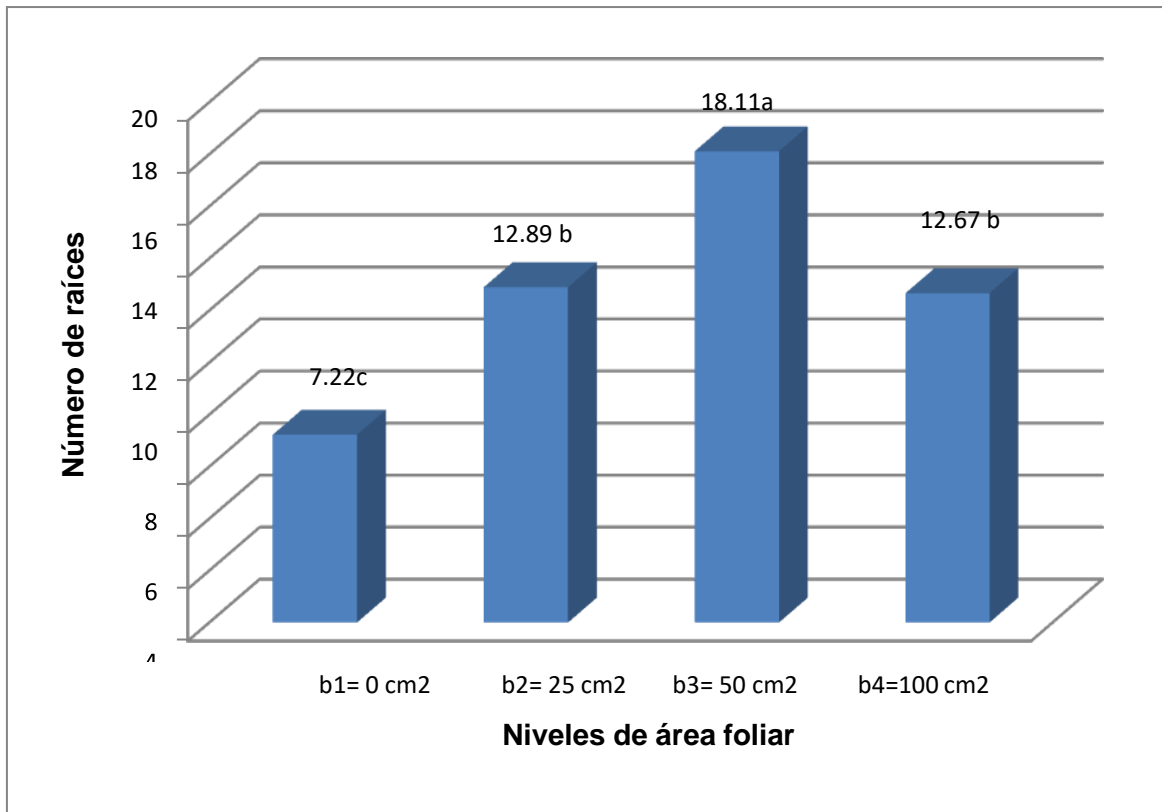


Figura 7. Evaluación de la diferencia entre los promedios de los niveles del Factor B (Niveles de área foliar) mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) en términos del número de raíces.

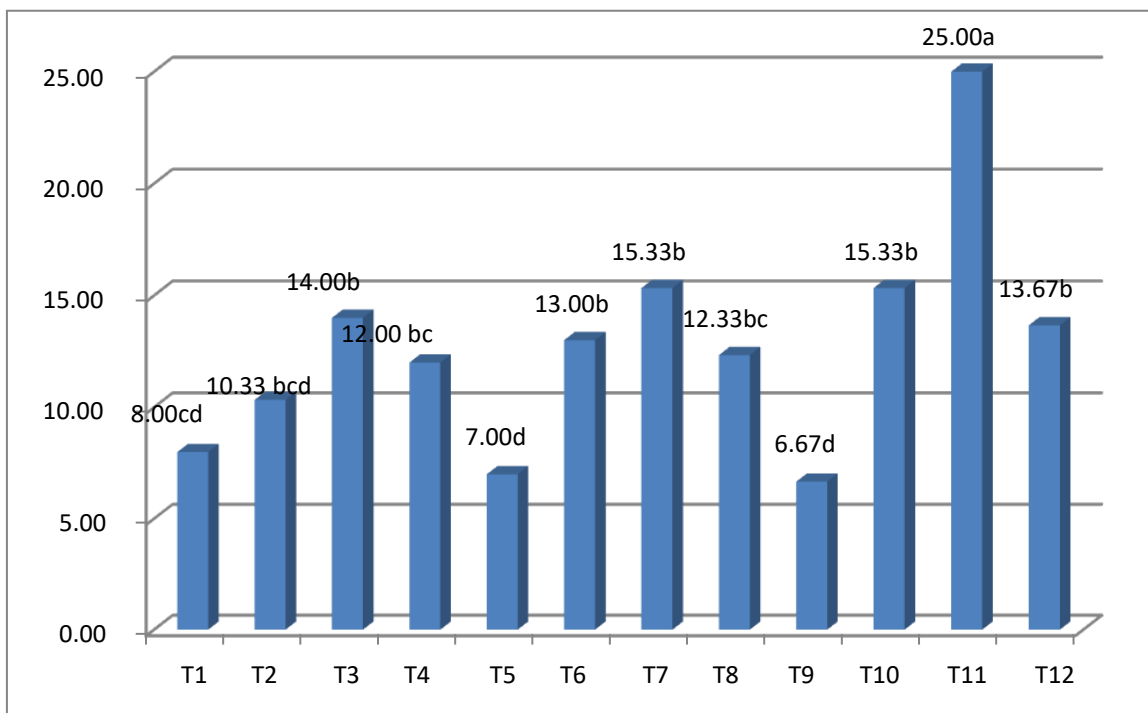


Figura 8. Comparación de los efectos de los factores A y B en el número de raíces mediante la Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) en diferentes tratamientos raíces.

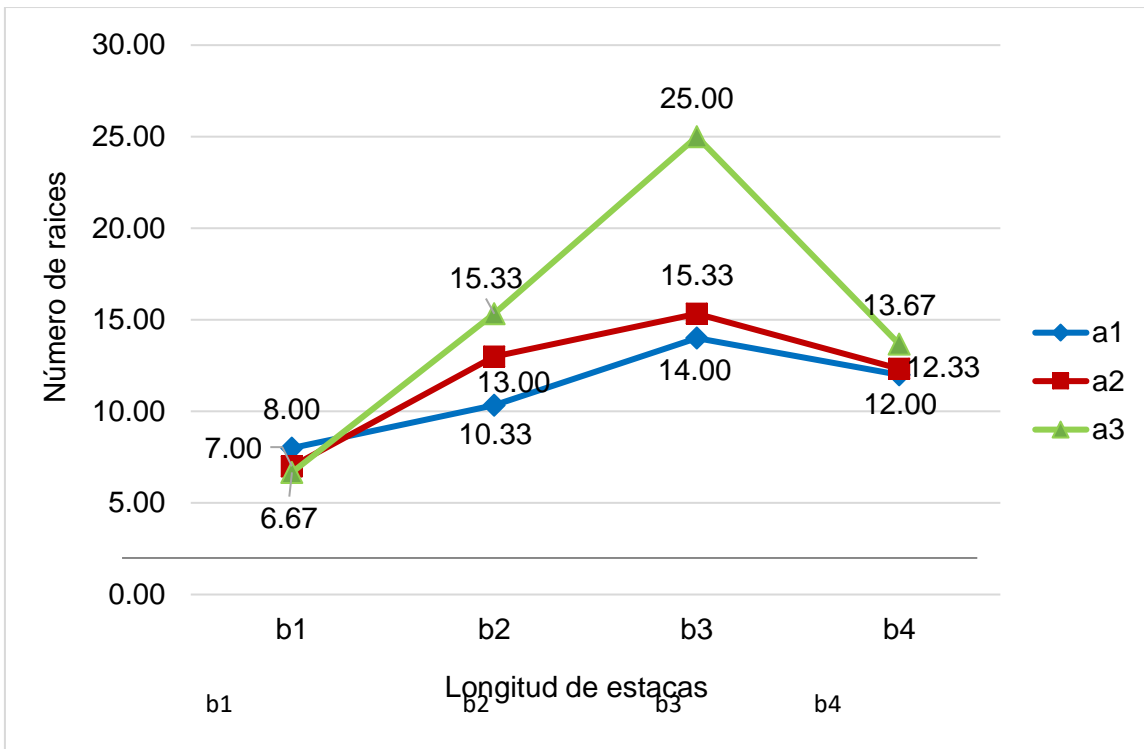


Figura 9. Evaluación del efecto de la interacción entre la longitud de las estacas (Factor A) y los niveles de área foliar (Factor B) en el número de raíces.

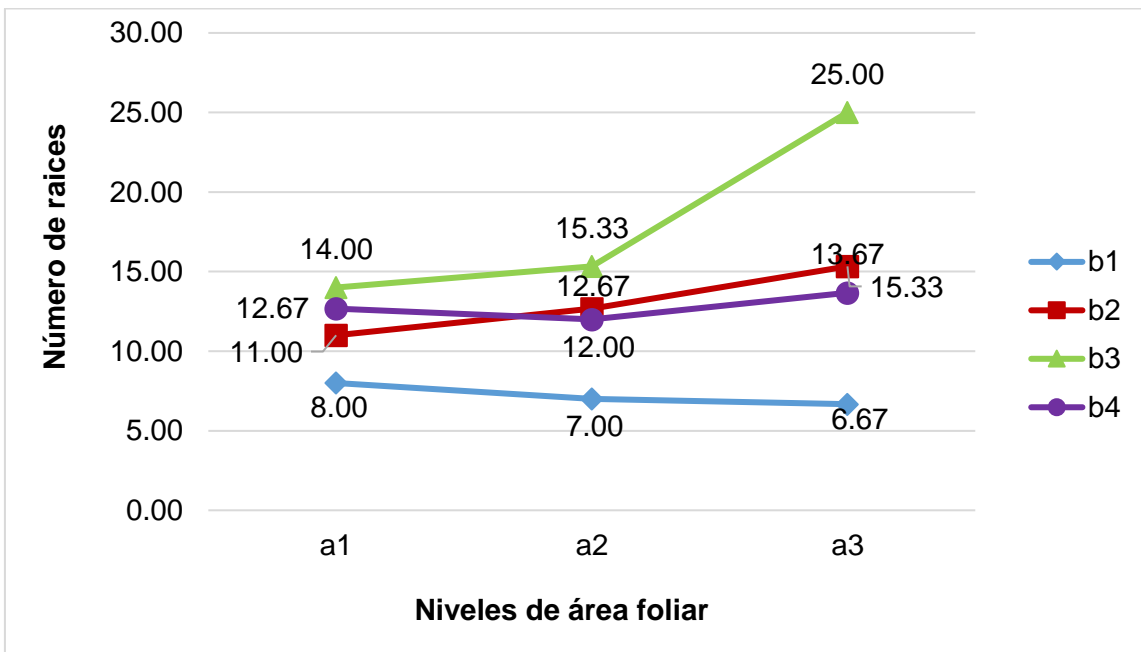


Figura 10. Evaluación del efecto de la interacción del factor B (Área foliar) en los promedios de los niveles del factor A (Longitud de estacas) sobre el número de raíces.

4.1.3. Porcentaje de brotación

Tabla 5.

Análisis de varianza para el porcentaje de brotación evaluado después de 30 días.

F. de V.	GL	SC	CM	FC	SIGNI
TRATAMIENTOS	11	0.75839	0.0689	51.932	**
A	3	0.45848	0.2292	172.673	**
B	2	0.2471	0.0824	62.041	**
inter AB	6	0.05281	0.0088	6.630	**
Error	24	0.03186	0.0013		
TOTAL	35	0.79025	0.0226		

**= Altamente significativo

* = significativo

N.S = no significativo

$R^2 = 95.97\%$

C.V = 5.21 %

X= 42%

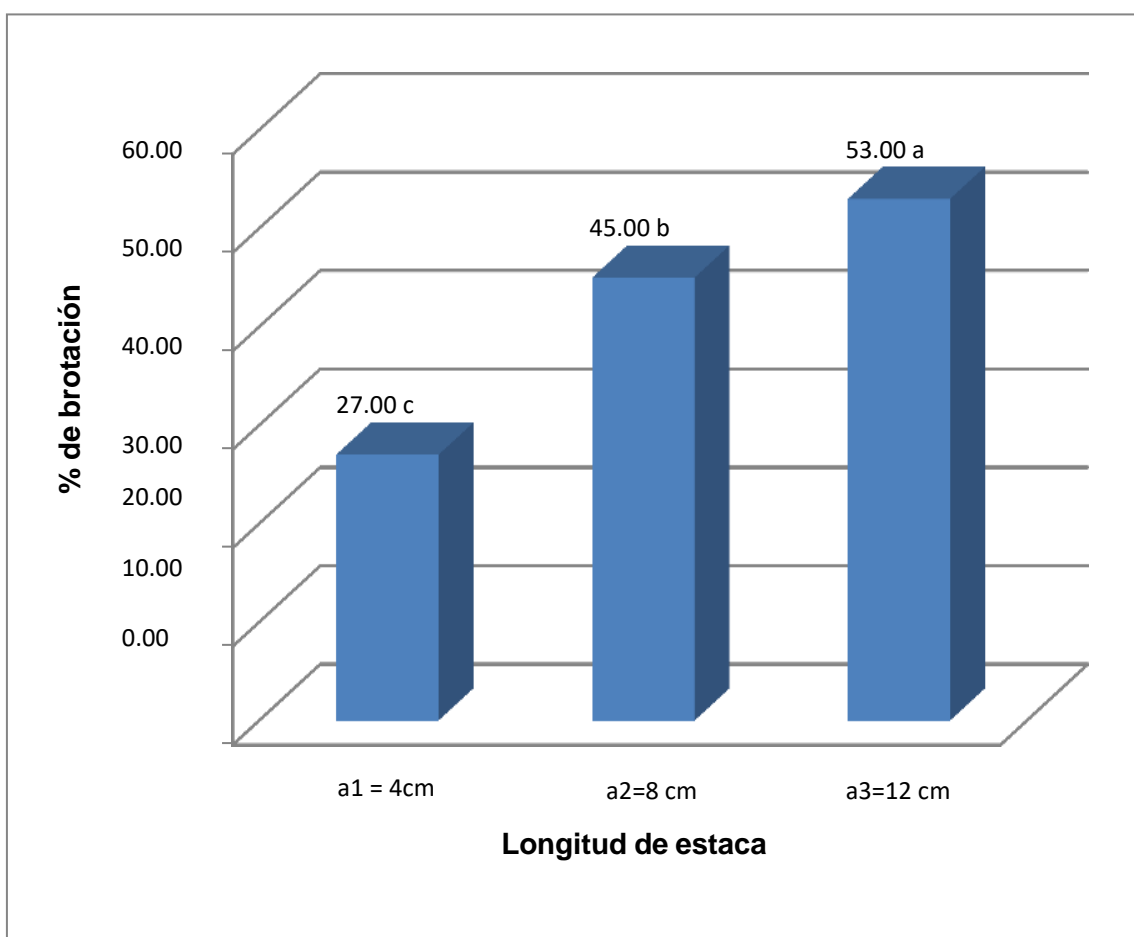


Figura 11. Análisis de Tukey ($\alpha=0.05$) para la evaluación de los promedios de los niveles del Factor A (Longitud de estacas) en relación con el porcentaje de brotación a los 30 días.

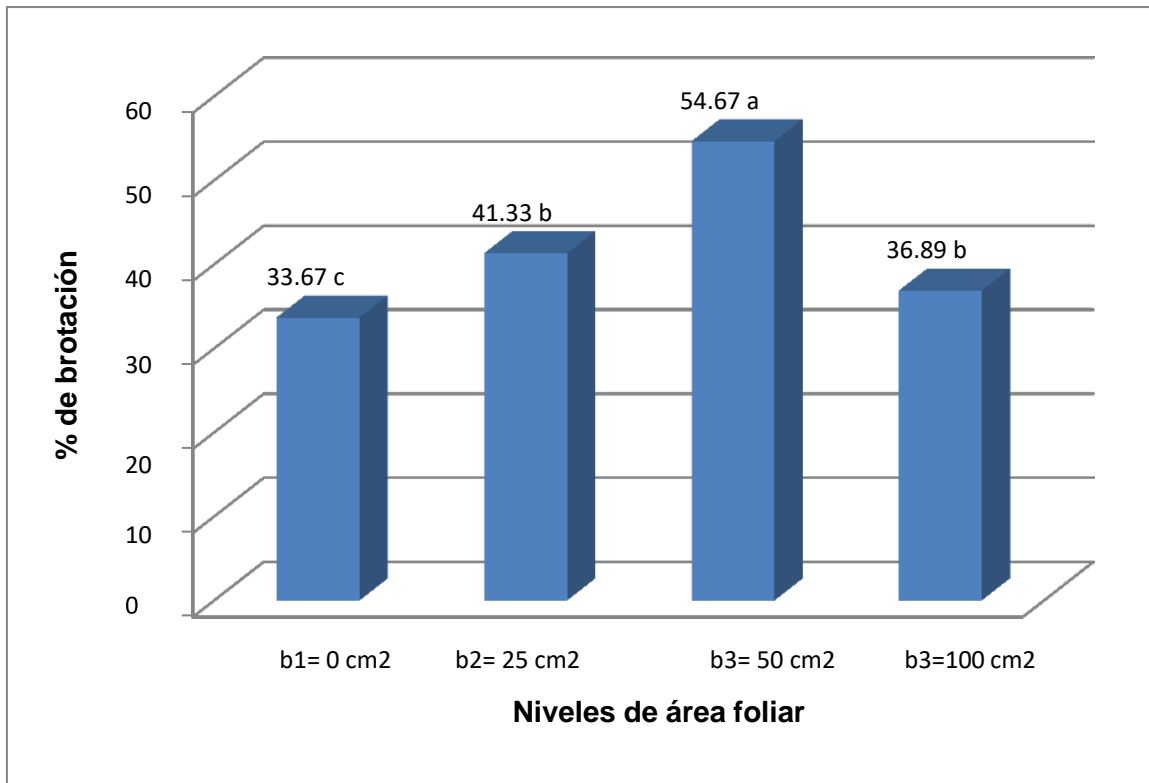


Figura 12. Análisis de la Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los promedios de los niveles del Factor B (Niveles de área foliar) en función del porcentaje de brotación.

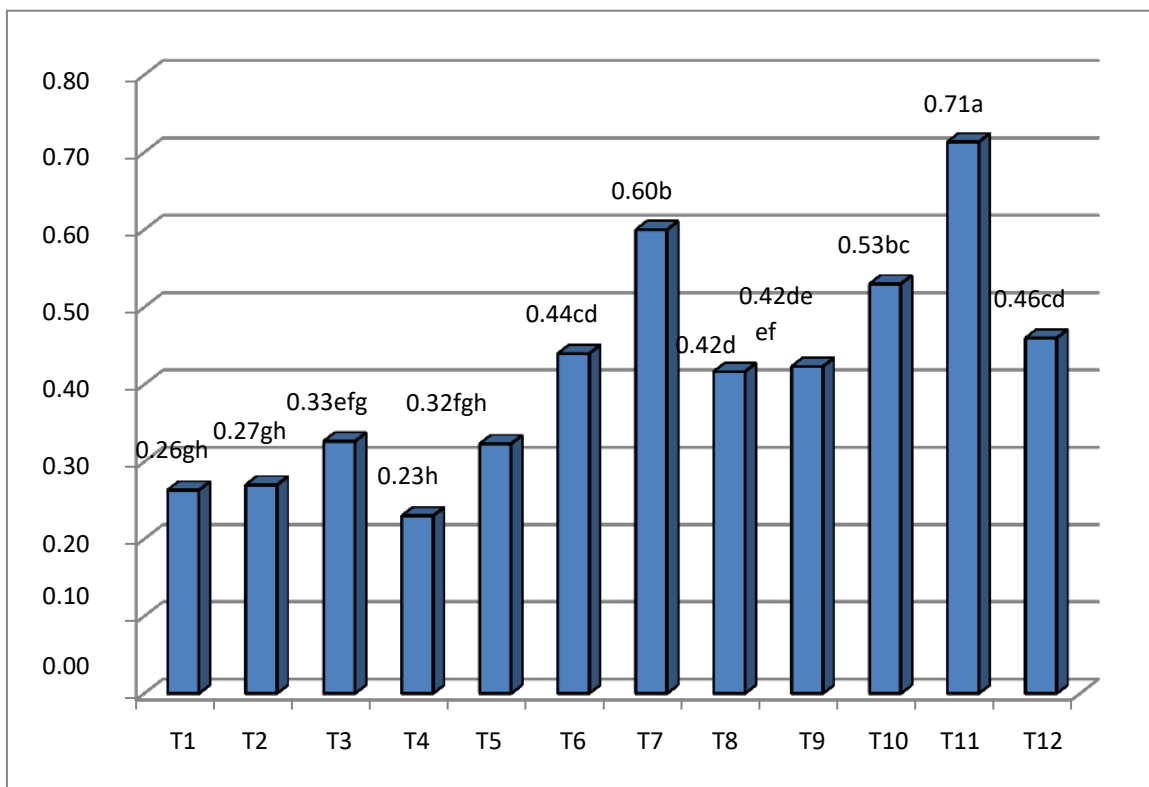


Figura 13. Análisis de la diferencia en el porcentaje de brotación entre los Tratamientos A y B mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

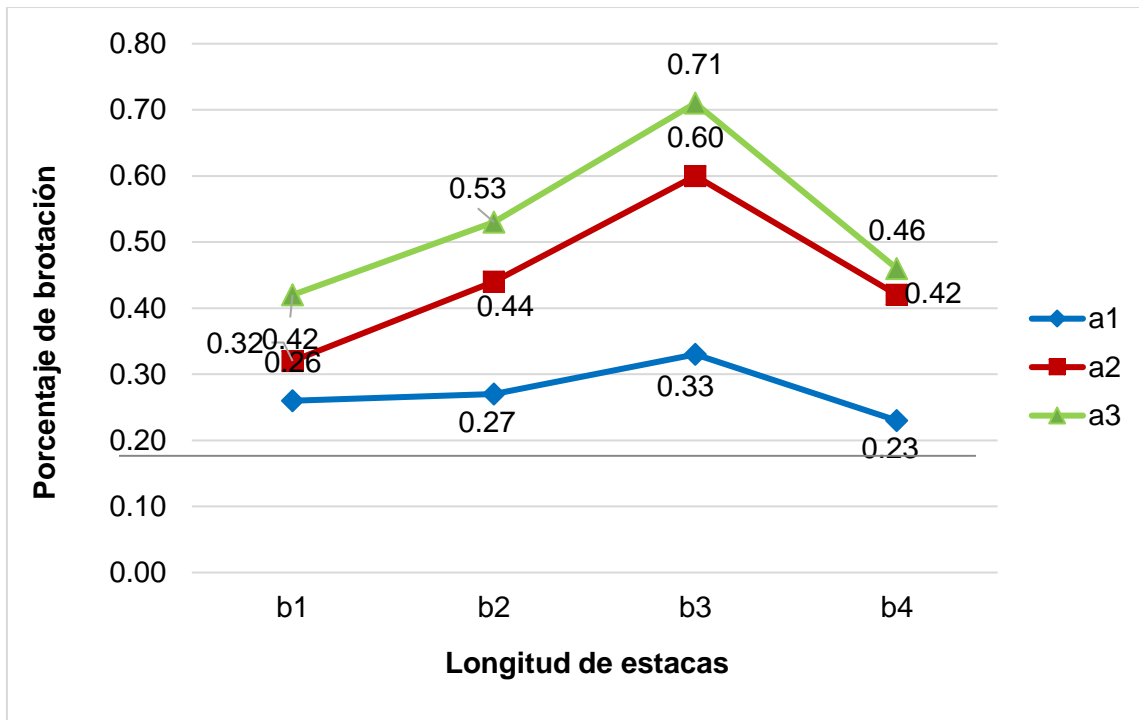


Figura 14. Evaluación del efecto de la interacción entre la longitud de estacas (Factor A) y los niveles de área foliar (Factor B) en el porcentaje de brotación.

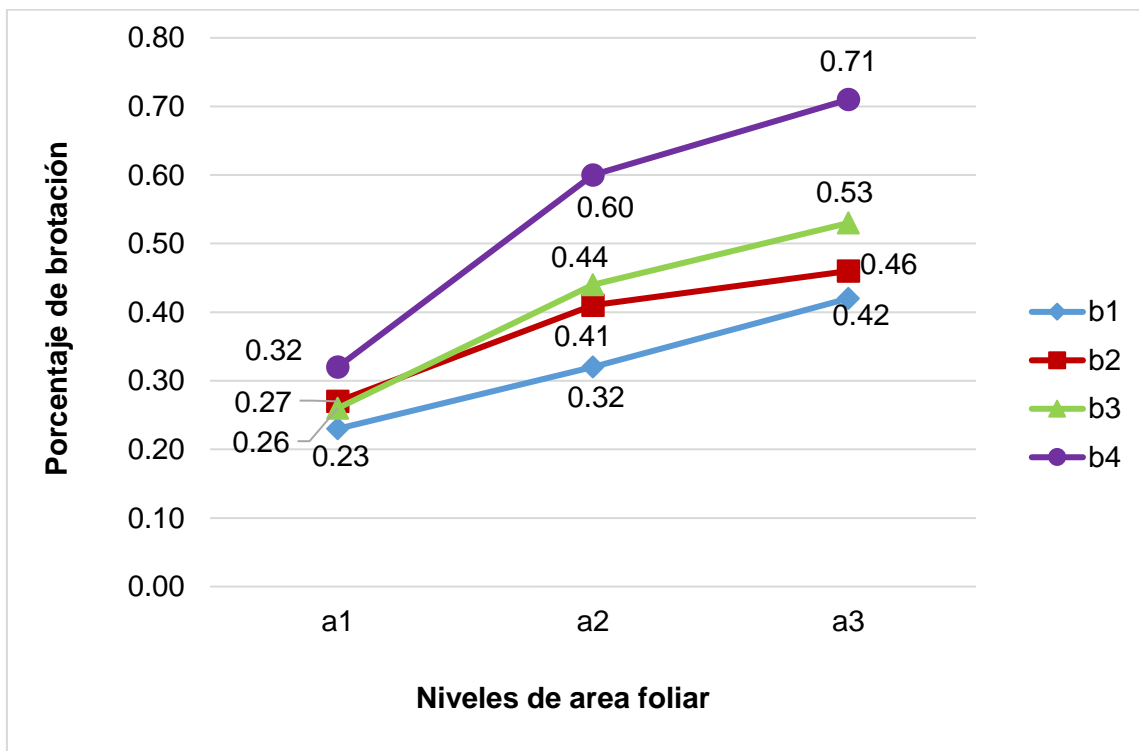


Figura 15. Análisis del efecto de la interacción del factor B (Niveles de área foliar) en los promedios de los niveles del factor A (Longitud de estacas) en el porcentaje de brotación.

4.2. Longitud de raíz mayor

Tabla 6.

Evaluación del efecto de la longitud de la raíz principal en la longitud de la raíz mayor a los 30 días: análisis de varianza.

F. de V.	GL	SC	CM	FC	SIGNI
TRATAMIENTOS	11	33.7948	3.0723	19.188	**
A	3	11.5302	5.7651	36.006	**
B	2	14.1577	4.7192	29.474	**
inter AB	6	8.10686	1.3511	8.439	**
Error	24	3.84273	0.1601		
TOTAL	35	37.6375	1.0754		

**= Altamente significativo * = significativo N.S = no significativo

$R^2 = 89.79\%$ C. V = 7.50 % $X = 5.34$ cm

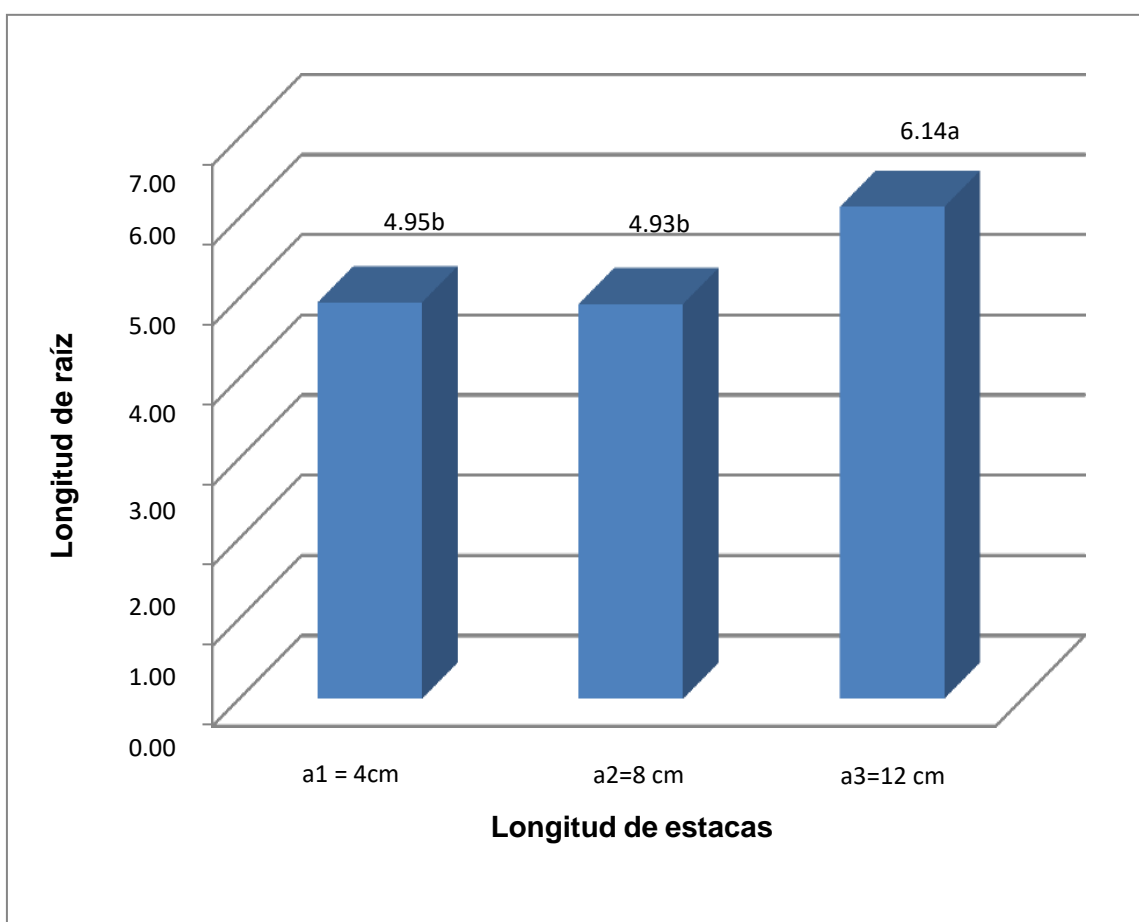


Figura 16. Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para la comparación de medias de los niveles del Factor A (Longitud de estacas) en relación con la longitud de la raíz primaria.

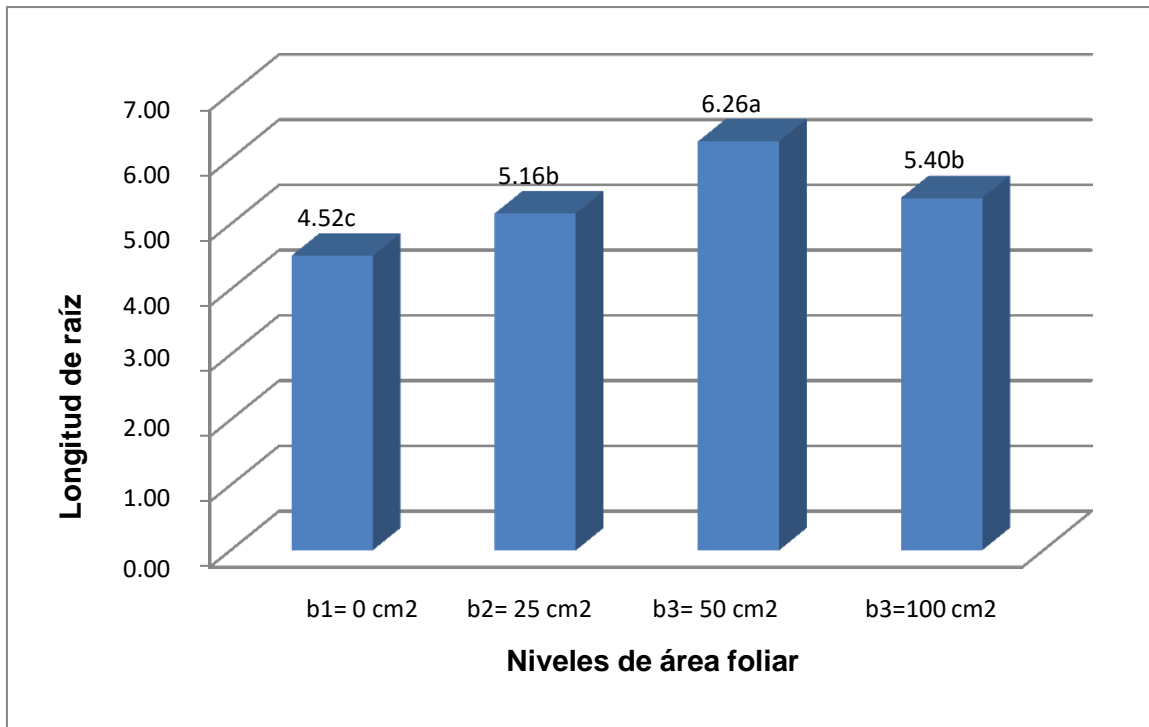


Figura 17. Prueba de Tukey para los promedios de los niveles del Factor B (Nivel de área foliar) respecto a la longitud de la raíz mayor.

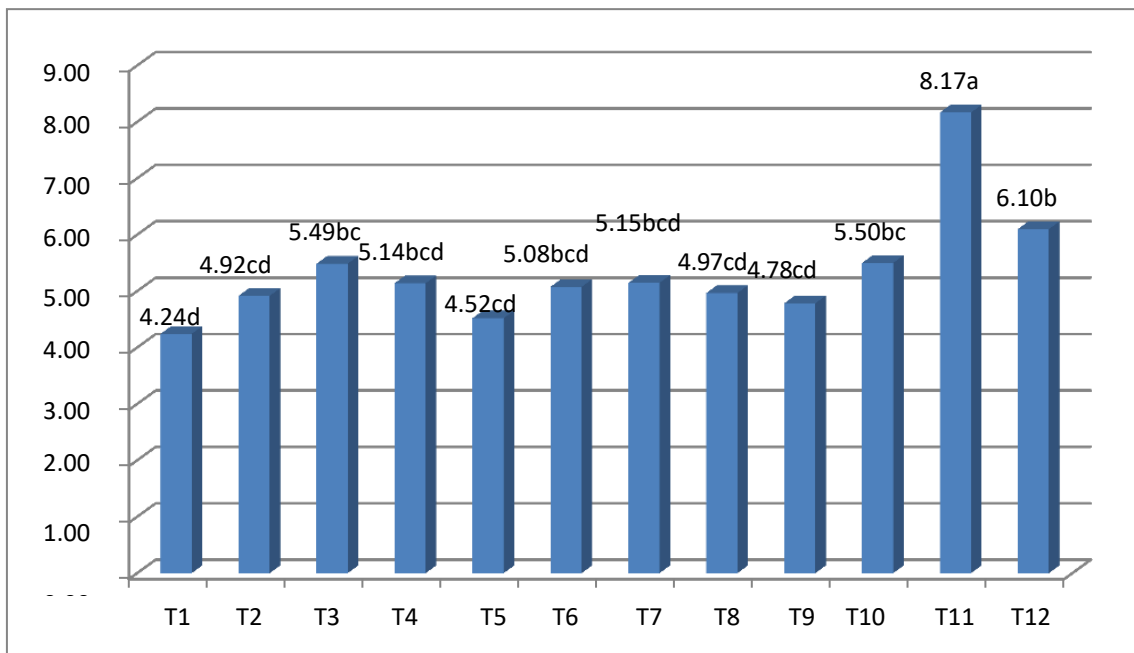


Figura 18. Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para determinar la significancia estadística de la longitud de la raíz principal en los Tratamientos A y B.

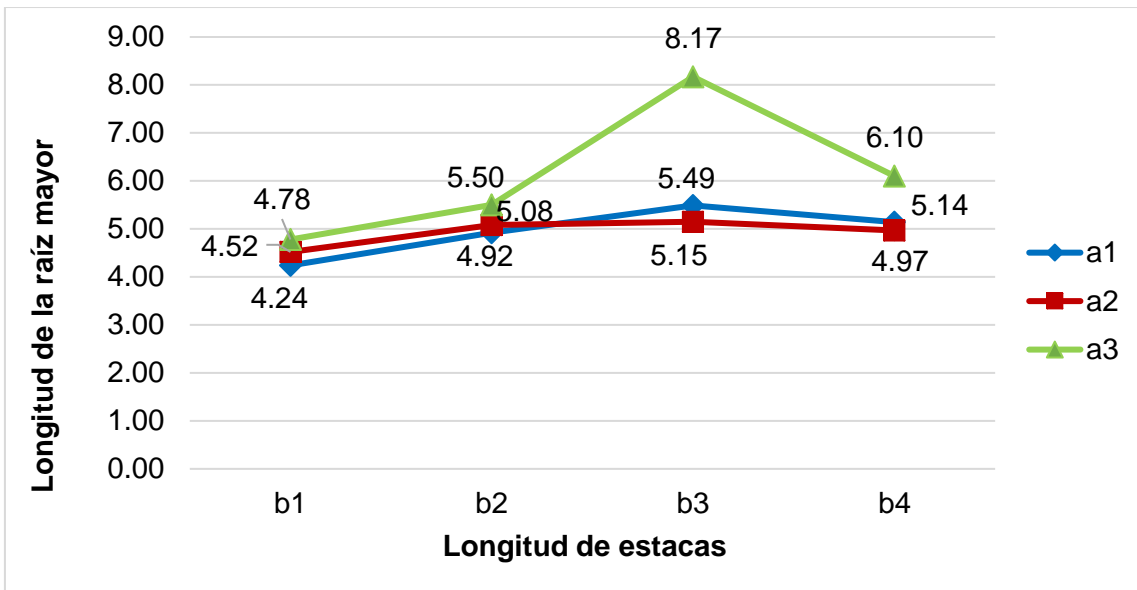


Figura 19. Análisis de la interacción entre la longitud de estacas (factor A) y los niveles de área foliar (factor B) en relación con la longitud de la raíz mayor.

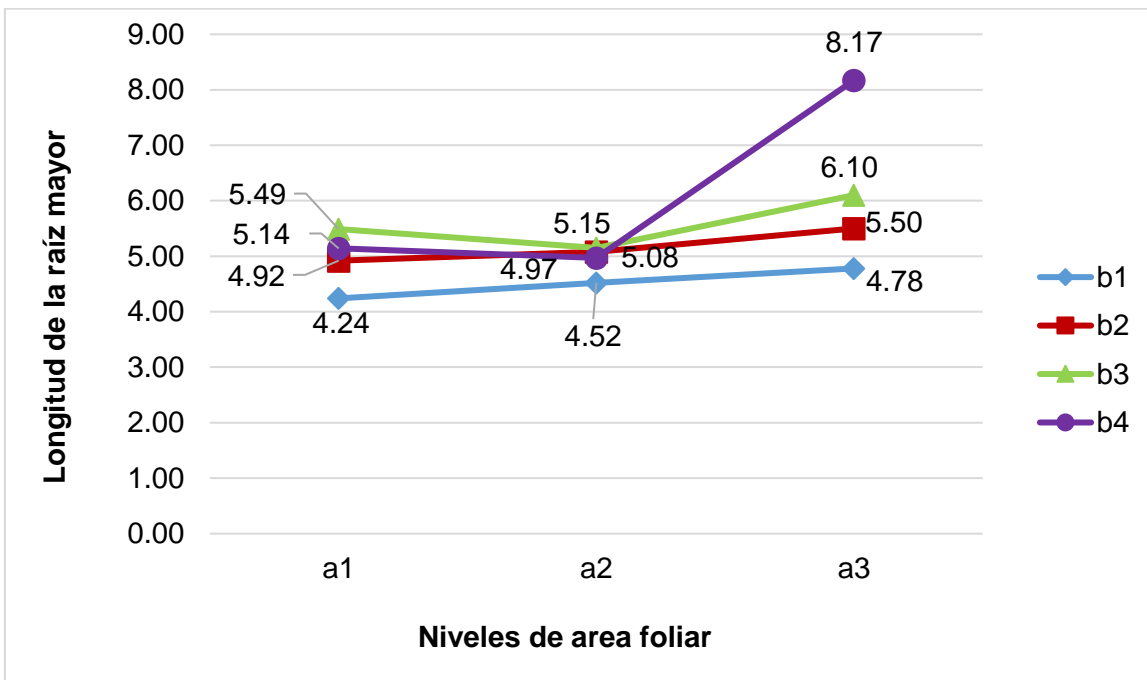


Figura 20. Análisis del efecto de la interacción entre el factor B (Nivel de área foliar) y el factor A (Longitud de estacas) en la longitud de la raíz mayor.

- **Porcentaje de enraizamiento**

Tras realizar un análisis exhaustivo de varianza (Tabla 4) para evaluar el porcentaje de enraizamiento en *P. brachybotrya*, se ha observado la presencia de diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes longitudes de estacas (Factor A) y niveles de área foliar (Factor B). No obstante, no se han identificado diferencias de relevancia estadística en las interacciones A y B. Estos hallazgos indican claramente que tanto la longitud de las estacas como el nivel de área foliar ejercen una influencia significativa en el porcentaje de enraizamiento de las estacas. De acuerdo con los resultados del estudio, se observó que el promedio de enraizamiento alcanzó el 66,37%, mientras que los coeficientes de determinación y variabilidad se registraron en 90,28% y 6,73%, respectivamente. Según la clasificación establecida por Calzada (1982), estos valores son considerados aceptables.

Con base en el análisis realizado mediante la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha=0,05$) y considerando los resultados presentados en la Figura 3, se puede concluir que los promedios de los niveles del factor A (Longitud de estacas) en relación al porcentaje de enraizamiento muestran diferencias altamente significativas. Específicamente, se observa que la longitud de estacas b3 (12 cm) presenta un valor de enraizamiento del 66.42%, el cual es estadísticamente superior a las longitudes de 4 cm y 8 cm. Estos resultados concuerdan con el estudio previo realizado por Vallejos, Ruiz., Solís y Cachique (2008), quienes señalaron que la propagación de enraizamiento de *Plukenetia volubilis* se da preferiblemente a partir de estacas con una longitud mayor a 8 cm.

Con base en el análisis realizado mediante la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha=0,05$) y los resultados presentados en la Figura 3, se puede concluir que existe una diferencia estadísticamente significativa en los niveles del factor B (Área foliar) en relación al porcentaje de enraizamiento. Específicamente, se observa que el nivel de 50 cm² presenta la mayor media de enraizamiento, con un valor de 70,78%, lo cual es significativamente superior a los niveles de 25 cm² y 100 cm². Aunque no se encontraron diferencias estadísticas entre los niveles de 25 cm² y 100 cm², se observan diferencias numéricas entre ellos. Por otro lado, el nivel de área foliar de 0 cm² obtuvo el menor valor de enraizamiento. Estos resultados concuerdan con el estudio previo realizado por Vallejos., Ruiz., Solís., y Cachique (2008), quienes encontraron que *Plukenetia volubilis* presenta un porcentaje de enraizamiento del 100% en los niveles de 100 y 50 cm².

A partir de los hallazgos revelados en el análisis de Tukey ($\alpha=0,05$) en relación con los efectos de las variables A (Longitud de estacas) y B (Niveles de área foliar), según lo ilustrado en la Figura 4, se concluye que el proceso de enraizamiento de las estacas es resultado de la influencia combinada de estos dos factores. En concreto, se observó que el tratamiento T11, que implica una combinación específica de longitud de estacas y nivel de área foliar, destacó por presentar una tasa media de enraizamiento del 96%, lo cual resultó significativamente diferente en comparación con los demás tratamientos evaluados en el estudio. Los hallazgos sugieren que tanto la longitud de las estacas como el nivel de área foliar influyen significativamente en el proceso de enraizamiento de *P. brachybotrya*, y que la combinación de estos factores en el tratamiento T11 conduce a una tasa de enraizamiento elevada.

Los niveles de enraizamiento observados en las áreas foliares pueden ser atribuidos a una mayor actividad fotosintética en las hojas, lo cual resulta en una mayor producción de carbohidratos y, a su vez, un aumento en el porcentaje de enraizamiento. Estos hallazgos son consistentes con estudios previos realizados por Díaz et al. (1991) con *Gmelina arborea*, en los que se encontró que el nivel óptimo de enraizamiento se alcanzó con un área foliar del 50%. Igualmente, en un estudio realizado por Vargas (1982) en estacas de *Eucalyptus deglupta*, se obtuvo resultados análogos, ya que se evidenció una asociación positiva entre el área foliar por estaca y el éxito del enraizamiento. Se sugiere que la relación entre el área foliar y el enraizamiento puede estar relacionada con la optimización de la fotosíntesis y la respiración, lo cual contribuye a un mayor porcentaje de enraizamiento exitoso en *P. brachybotrya*.

Investigaciones previas han demostrado que las hojas tienen un impacto dual en el proceso de propagación. Por un lado, se ha observado que las hojas pueden estimular el enraizamiento, lo cual se ha asociado con su actividad fotosintética. La fotosíntesis contribuye a la provisión de asimilados a las raíces en desarrollo (Leakey y Coutts, 1989), así como a la producción de auxinas y otras sustancias que promueven el enraizamiento (Hartmann y Kester, 1997; Haissig, 1974).

La relación entre la producción de carbohidratos derivados de la fotosíntesis y la capacidad de las hojas para estimular el enraizamiento ha sido documentada en estudios previos (Kamaluddin y Alt, 1996 citados por Núñez, 1997), así como la influencia de la producción de promotores de enraizamiento como auxinas, sinergistas o nutrientes (Hartmann y Kester, 1997, Haissig, 1974). Además, se ha observado que estos promotores pueden ser transportados hacia la base de la estaca, ya que las

hojas maduras exportan principalmente en una dirección basípeta (Wilson, 1994 citado por Núñez, 1997).

La mejora en el enraizamiento de las estacas con áreas foliares más grandes, como se ha observado en el presente estudio, puede atribuirse a una mayor producción fotosintética de las hojas, a un mayor suministro de sustancias promotoras del enraizamiento, o a una combinación de ambos factores. Las hojas también producen otros compuestos denominados cofactores foliares, los cuales experimentan un transporte basípeta en las estacas y estimulan la iniciación y desarrollo de los primordios radicales. La composición y cantidad de estos cofactores, tales como catecoles, fluoroglucinoles y terpenoides oxigenados, parecen tener un papel importante en la capacidad de las estacas para producir raíces. Además, el ácido abscísico se considera otro cofactor, ya que se ha demostrado que actúa en antagonismo con el ácido giberélico, el cual puede inhibir la formación de raíces en ciertas concentraciones (Mesén, 1993).

- **Número de raíces**

Se llevó a cabo un análisis de varianza (Tabla 5) con el fin de evaluar el efecto de dos factores y sus interacciones en el porcentaje de enraizamiento: la longitud de las estacas (Factor A) y los niveles de área foliar (Factor B). Los resultados obtenidos revelaron una diferencia altamente significativa entre los tratamientos evaluados, con una media de 12.72 y un coeficiente de determinación del 91.15%, así como un coeficiente de variabilidad del 6.39%, valores considerados aceptables según Calzada (1982).

Posteriormente, se realizó una prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha=0,05$) para comparar los promedios del número de raíces en función de las diferentes longitudes de estacas (Factor A). Los resultados obtenidos, como se muestra en la Figura 7, indican que existe una diferencia altamente significativa en las estacas de 12 cm, con un valor promedio de 15.17, superando estadísticamente a las estacas de 4 y 8 cm, las cuales no presentaron diferencias significativas entre sí, pero sí numéricamente con valores de 11.08 y 11.92, respectivamente.

- **Porcentaje de brotación**

Del análisis de varianza realizado (Tabla 5) para el porcentaje de brotación, se pudo observar que se encontraron diferencias altamente significativas en las fuentes de variación, tanto para el factor A (Longitud de estacas), el factor B (Niveles de área foliar), así como en la interacción entre A y B. Estos hallazgos contrastan con los

resultados previamente obtenidos por Díaz (1991) en las especies *Plukenetia volubilis* y *Gmelina arborea*, donde se obtuvieron mejores resultados en estacas de 8 y 6 cm de longitud, respectivamente. No obstante, Ruiz (2008) y Vallejos (2008) reportaron una media de 16.76 cm en *Plukenetia volubilis* para estacas de 8 cm de longitud.

En el análisis de los datos mediante la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha=0,05$), de acuerdo a la Figura 7, se evidenció una diferencia estadísticamente significativa en los promedios de los niveles del factor B (Niveles de área foliar) en relación al porcentaje de brotación. Específicamente, se observó que el nivel de 50 cm² presentó la media más alta con un valor de 18.1, siendo significativamente diferente de los niveles de 25 cm² y 100 cm², los cuales no presentaron diferencias significativas entre sí. Por otro lado, el nivel de área foliar de 0 cm² obtuvo la menor media con un valor de 7.22. Estos hallazgos respaldan los resultados previos obtenidos por Vallejos (2008), quien reportó una media de 17.94 cm² en áreas foliares de 50 cm².

Adicionalmente, se observó que los mejores resultados en términos de brotación se obtuvieron en los niveles de área foliar de 50 cm², lo cual podría estar relacionado con una mayor actividad fotosintética y, por ende, un mayor número de brotes. Estos resultados también concuerdan con estudios previos realizados por Díaz (1991) en *Gmelina arborea*, donde se obtuvo un mayor número de raíces en áreas foliares de 100 y 50 cm².

Se ha observado una relación directa entre el área foliar y el número de raíces, como se ha demostrado en estudios anteriores, como el de Leakey y Coutts (1989) en estacas de *Tryplochiton scleroxylon*. En dicho estudio, se observó que las estacas con un área foliar del 10% presentaron un menor número de raíces en comparación con las estacas con áreas foliares del 50% y 100%. Esto se atribuyó a una mayor producción de carbohidratos solubles en las áreas foliares más grandes. Además, Costa y Challa (2002, citado por Santelices, 2007) mencionan que la superficie foliar en las estacas puede ser un indicador de la cantidad de raíces producidas.

Al realizar la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) para los efectos de la interacción del factor B (niveles de área foliar) en los promedios de los niveles del factor A (longitud de estacas), se observó una interacción positiva en A2. Esto indica que el porcentaje de brotación de *Plukenetia brachybotrya* depende de las diferentes longitudes de estacas y niveles de área foliar. Se obtuvo una media del 42% con un coeficiente

de determinación del 95.97% y un coeficiente de variabilidad del 5.21%, lo que se considera aceptable.

La Figura 12 presenta los resultados de la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha=0,05$) para los promedios de los niveles del factor A (Longitud de estacas) en relación al porcentaje de brotación. Se observó una diferencia altamente significativa en la longitud de estacas de 12 cm, con un valor alcanzado del 53%, el cual fue estadísticamente superior a los demás niveles del factor A. Este hallazgo indica que la longitud de 12 cm de las estacas tuvo un efecto significativo en el porcentaje de brotación, como se evidencia en la Figura 12. La prueba de rango múltiple de Tukey aporta una fuerte evidencia de que la longitud de estacas de 12 cm es la más efectiva en términos de brotación, en comparación con los demás niveles del factor A

En la Figura 13, se evidencia una diferencia estadísticamente significativa en relación al nivel de área foliar en el porcentaje de brotación, con una media del 54%. Los niveles de 100 cm² y 25 cm² no presentaron diferencias estadísticas entre sí, sin embargo, el nivel de 0 cm² registró el valor más bajo con una media de brotación del 33%. Además, se observa que a medida que se incrementa el área foliar, el porcentaje de brotación disminuye debido a una menor transpiración, lo que conlleva a una menor pérdida de energía en la estaca y, por lo tanto, no interrumpe la producción de carbohidratos. En consecuencia, se espera una mayor brotación cuando la pérdida de energía de la estaca sea menor durante el proceso de fotosíntesis.

La prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) realizada para analizar los efectos de la longitud de estacas y los niveles de área foliar (Figura 16) revela que el porcentaje de brotación está influenciado por ambos factores. En particular, el tratamiento T11, con un 71% de brotación, mostró diferencias altamente significativas en comparación con los demás tratamientos en estudio. Estos resultados indican que tanto la longitud de las estacas como el nivel de área foliar desempeñan un papel importante en el proceso de brotación de las estacas de la especie en estudio, y que la combinación específica de longitud de estacas y nivel de área foliar en el tratamiento T11 resulta en un alto porcentaje de brotación.

- **Longitud de raíz mayor**

El análisis de la varianza realizado en la Tabla 7 revela que existen diferencias altamente significativas en la longitud de raíz mayor en función de los factores A (longitud de estacas) y B (niveles de área foliar), así como de sus interacciones. El

coeficiente de variabilidad obtenido fue del 7.5%, y el grado de determinación del 89.79%, dentro del rango aceptable de dispersión según Calzada (1982).

Asimismo, la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha=0,05$) aplicada a los promedios de los niveles del factor A (longitud de estacas) en relación a la longitud de raíz mayor, presentó una diferencia altamente significativa en la longitud de 12 cm. Este nivel obtuvo un valor promedio de 6.14 cm, superando estadísticamente a los niveles de 4 y 8 cm que no presentaron diferencias estadísticas significativas. Es importante destacar que, de acuerdo con Vallejos (2008), las longitudes de estacas de 4 y 8 cm no difieren estadísticamente en *Plukenetia volubilis* L.

En el análisis de datos realizado mediante la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha=0,05$), con referencia a la Figura 18, se examinaron los promedios de los niveles del factor B (Niveles de área foliar) en relación a la longitud de raíz en *Plukenetia brachybotrya*. Se observó una diferencia estadísticamente significativa en el nivel de 50 cm² de área foliar, el cual presentó una media de longitud de raíz de 6.26 cm, superando de manera significativa a los demás niveles. Los niveles de 25 cm² y 100 cm², con medias de longitud de raíz de 5.16 y 5.40 cm, respectivamente, no mostraron diferencias estadísticas significativas entre sí. Por otro lado, el nivel de 0 cm² de área foliar obtuvo el menor valor con una media de longitud de raíz de 4.52 cm. Estos hallazgos son consistentes en parte con los resultados reportados por Vallejos et al. (2008), quienes encontraron una media de longitud de raíz de 10.02 cm para el mismo factor en *Plukenetia volubilis* L.

Es relevante destacar que los resultados obtenidos en este estudio coinciden con lo reportado por Aminah et al. (1997) en *Shorea leprosul*, donde se menciona que un área foliar del 50% parece ser óptima, ya que se establece un equilibrio entre la fotosíntesis y la transpiración. Se observa que al aumentar el área foliar a 100 cm², la longitud de las raíces es menor, lo cual podría ser atribuido a un exceso de transpiración, ocasionando una pérdida de energía y, por ende, una disminución en la producción de carbohidratos a través de la fotosíntesis. Por otro lado, al reducir el área foliar a 0 y 25 cm², se evidencia una disminución en la longitud de las raíces, lo cual podría deberse a una menor tasa de fotosíntesis y, consecuentemente, una menor producción de carbohidratos.

Basado en los resultados de la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) para los efectos A y B (longitud de estacas y niveles de área foliar) en la Figura 19, se pudo observar que la longitud de la raíz mayor está influenciada tanto por la longitud de las estacas como por los niveles de área foliar. Específicamente, el tratamiento T11, con una

media de 8.17 cm para la longitud de la raíz mayor, mostró una diferencia altamente significativa en comparación con los demás tratamientos, lo cual indica que esta combinación específica de longitud de estacas y nivel de área foliar tiene un impacto significativo en el crecimiento de las raíces.

Además, se encontró una interacción positiva entre los niveles de 8 y 12 cm en el factor A (longitud de estacas) dentro de los promedios de los niveles del factor B (niveles de área foliar). Esto sugiere que la longitud de las estacas de 8 y 12 cm puede tener un efecto sinérgico en el crecimiento de las raíces, especialmente en combinación con ciertos niveles de área foliar.

También se observó una interacción positiva en el factor B (niveles de área foliar) dentro de los promedios de los niveles del factor A (longitud de estacas) para A1. Esto indica que ciertos niveles de área foliar pueden tener un impacto diferencial en el crecimiento de las raíces dependiendo de la longitud de las estacas utilizadas, en particular para el nivel de longitud de estacas A1.

CONCLUSIONES

- Los resultados del análisis de datos en la presente tesis revelaron que la utilización de estacas de 12 cm de longitud arrojó los mejores resultados en términos de porcentaje de enraizamiento, brotación, número y longitud de raíces en el proceso de propagación vegetativa de *Plukenetia brachybotrya*. Por lo tanto, se recomienda utilizar estacas de esta longitud para maximizar el éxito en la propagación de esta especie.
- También se determinó que una superficie foliar de 50 cm² favoreció significativamente el proceso de enraizamiento de *Plukenetia brachybotrya*. Esto sugiere que este nivel de superficie foliar mencionada es la más adecuada para obtener mejores resultados en términos de enraizamiento en esta especie.

RECOMENDACIONES

- Es recomendable continuar con los estudios de propagación vegetativa de la especie *P. brachybotrya*, con el objetivo de validar una longitud de estacas óptima en combinación con niveles de área foliar adecuados, con el fin de obtener mejores resultados. Esto permitirá establecer parámetros específicos para la propagación vegetativa de la especie y optimizar el proceso.
- Se sugiere realizar un análisis económico para evaluar la viabilidad de la propagación vegetativa de *Plukenetia brachybotrya*, basado en los tratamientos más prometedores identificados en la investigación. Este análisis proporcionará información valiosa sobre los costos y beneficios de la propagación vegetativa de la especie, lo cual es relevante para determinar la factibilidad de su aplicación en la producción a gran escala.
- Es importante realizar investigaciones sobre la adaptabilidad de las plantas propagadas vegetativamente de *Plukenetia brachybotrya* en condiciones de campo, con el propósito de evaluar su crecimiento y desempeño en su hábitat natural. Estas investigaciones proveerán información relevante sobre la capacidad de las plantas propagadas vegetativamente para sobrevivir y prosperar en condiciones reales de cultivo, lo cual es fundamental para su aplicación comercial y producción a gran escala.
- Se recomienda llevar a cabo trabajos experimentales en campo abierto, con el objetivo de evaluar la influencia de diferentes factores, como el tipo de sustrato, la frecuencia de riego, la edad y el grado de lignificación de las estacas, en el enraizamiento y crecimiento de la planta. Estos datos serán de gran utilidad para definir las mejores prácticas de propagación vegetativa en la especie *Plukenetia brachybotrya*, y permitirán optimizar el proceso de propagación en condiciones reales de campo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón Rivera, R., Chasquibol Silva, N., & Pérez Camino, M. del C. (2019). Evaluación de la vida útil de los aceites de sacha inchi (*Plukenetia huayllabambana* y *Plukenetia volubilis*) Microencapsulados. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 85(3), 327–337. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v85i3.243>
- Alayón, A. N., & Echeverri J., I. (2016). Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* linneo): ¿Una experiencia ancestral desaprovechada? Evidencias clínicas asociadas a su consumo. *Revista Chilena de Nutrición*, 43(2), 167–171. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182016000200009>
- Alcantara, J., Acero, G., Alcantara, J., & Sánchez, M. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *Nova*, 17(32), 109–129. <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v17n32/1794-2470-nova-17-32-109.pdf>
- Amasifuen, M. (2015). Dosis de ácido -3- indolbutirico y tipo de estaquilla en el enraizamiento de plukeneita brachybotrya (Muller. Arg., 1865) en la provincia de San Martín [Universidad Nacional de San Martín. Fondo Editorial]. En *Repositorio - UNSM*. <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/672>
- Ancasi, R. G., Alcázar, J. A., & Isrrael, M. (2023). Concentraciones de ácido indolbutirico para la formación de raíces en condiciones in vitro de castaña (*Bertholletia excelsa* bonpl., Lecythidaceae). *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria*. ISSN 2602-8166, 7(1), 17–22. <https://doi.org/10.47230/unsum-ciencias.v7.n1.2023.660>
- Aranda, J., Villacrés, J., & Rios, F. (2019). Composición química, características físico-químicas, trazas metálicas y evaluación genotóxica del aceite de *Plukenetia volubilis* L. (sacha inchi). *Revista Peruana de Medicina Integrativa*, 4(1), 4. <https://doi.org/https://doi.org/10.26722/rpmi.2019.v4i1.513>
- Araújo, E. F., Gibson, E. L., Dos Santos, A. R., Gonçalves, E. de O., Wendling, I., Alexandre, R. S., & Pola, L. A. V. (2019). Mini-cutting technique for vegetative propagation of paratecoma peroba. *Cerne*, 25(3), 314–325. <https://doi.org/10.1590/01047760201925032647>
- Arteaga, E. (2022). *Enraizamiento ex vitro de arándanos (Vaccinium corymbosum L.) utilizando diferentes dosis de ácido indol butirico (aib)* [UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/63656>
- Bautista, G. I., Vargas, J. J., Jiménez, M., & López, M. C. G. (2022). Plant management and IBA application in rooting of *Pinus patula* cuttings. *Madera y Bosques*, 28(1), 2–3.

<https://doi.org/10.21829/myb.2022.2812060>

- Bojorge, C. E., & Solarte, Y. M. (2019). *Evaluación del comportamiento agronómico y económico del cultivo de Sacha Inchi Plukenetia volubilis hasta la fase de precosecha, bajo las condiciones edafoclimáticas de la finca Los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán*. 1–62.
- Cachique, D. H., Solsol, H. R., Sanchez, M. A. G., López, L. A. A., & Kodahl, N. (2018). Vegetative propagation of the underutilized oilseed crop sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.). *Genetic Resources and Crop Evolution*, 65(7), 2027–2036. <https://doi.org/10.1007/s10722-018-0659-9>
- Cardinal, W. M., & Gillespie, L. J. (2020). A Revised Sectional Classification of *Plukenetia* L. (Euphorbiaceae, Acalyphoideae) with Four New Species from South America. *Systematic Botany*, 45(3), 507–536. <https://doi.org/10.1600/036364420X15935294613572>
- Castillo, B., Gervacio, H., & Vences, J. A. (2021). Propagación vegetativa del mangle (*Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn.) bajo condiciones de vivero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 12(67), 168–184. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i67.1082>
- Cedeño, G. A., Vera, L. R., Velásquez, S. del R., López, G. A., Cargua, J. E., & Cedeño, G. A. (2022). Macropropagación y calidad de plántulas de plátano (*Musa AAB Simmonds*) en función de sustratos y tamaño de brotes. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 9(2), 108–118. <https://doi.org/10.23850/24220582.4975>
- Chavez, M. (2022). “Factores que inciden en la propagación vegetativa de *Guadua weberbaueri* Pilg., *Guadua lynncarkiae* Londoño y *Guadua superba* Huber” [Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/5533>
- Fasabi, F. (2017). Propagación de estaquillas de chuchuhuasi (*maytenus ebenifolia*), en cama de sub irrigación, usando extracto de Sapohuasca (*Cissus verticilata*) [Universidad Nacional de Ucayali]. En *Universidad Nacional de Ucayali*. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/3381>
- Franco, G., Bernal Estrada, J. A., Ortiz Paz, R. A., Díaz Diez, C. A., Rubiano Rodríguez, J. A., Henao Rojas, J. C., Quintero Vásquez, L. M., Tamayo Vélez, Á. de J., Ortiz Muñoz, C., Zuluaga Mejía, C., Castro Tabares, L. E., Ballestas Álvarez, K. L., Isaza C., E., Jaramillo H., G. J., Cano Gallego, L. E., & Madroñero Solarte, I. A. (2022). Guía para

- el establecimiento y manejo de la hierbabuena (*Mentha spicata* L.) en el Suroeste antioqueño. En *Guía para el establecimiento y manejo de la hierbabuena (Mentha spicata L.) en el Suroeste antioqueño*. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.nbook.7405743>
- García, J. C., Valdez, L. A., Robledo, V., Mendoza, R., & Hernández, A. (2018). La subirrigación como sistema de producción de pimiento (*Capsicum annum* L.) en cultivo sin suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12, 2313–2330. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i12.764>
- García Orbe, R. (2022). *Eficiencia del tiempo de inmersión de dos tipos de fitoreguladores en el enraizamiento de estaquillas de mandarina (citrus reticulata var. Tango), en cámara de subirrigación*. [Universidad Nacional de Ucayali]. http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/5650/B8_2022_UNU_MAESTRIA_2022_TM_viviana_ramos_V2.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Gordillo, L. (2019). *Análisis histológico de la acción de las auxinas y citoquininas en la elongación de la raíz. Discusión de la influencia de la mejora de la composición y calidad de los productos derivados*. 57.
- Gronerth, C. (2009). *Efecto de niveles de área foliar y dosis de ácido indolbutírico en el enraizamiento de caoba (Swietenia macrophylla G. King.) en cámaras de subirrigación* [Universidad Nacional de San Martín]. <http://hdl.handle.net/11458/1180>
- Haygert, K., Antonio, D., Kielse, P., & Pimentel, N. (2017). Enraizamiento y aclimatación de plantas de *Apuleia leiocarpa* Kelen. *Agrociencia*, 51(8), 909–920. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952017000800909&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Heno Ramírez, A. M., Urrea Trujillo, A. I., & Atehortúa Garcés, L. (2022). In Vitro Germination and vegetative propagation through bud development of sachá inchi (*Plukenetia volubilis*). *Acta Biologica Colombiana*, 27(1), 70–78. <https://doi.org/10.15446/abc.v27n1.88727>
- Idol, T., Youkhana, A., & Santiago, R. P. (2019). Vegetative and micropropagation of leucaena. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, 7(2), 87–95. [https://doi.org/10.17138/TGFT\(7\)87-95](https://doi.org/10.17138/TGFT(7)87-95)
- IIAP. (2014). *Memoria Institucional 2014*. http://www.iiap.org.pe/Archivos/publicaciones/Publicacion_1477.pdf?cv=1
- Integrated Taxonomic Information System. (2011). *Report: Plukenetia*.

https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=845447#null

- Moposita, E. (2020). *Efecto de dos dosis de micorrizas y dos tipos de sustratos en la aclimatación de plántulas in vitro de mortiño (Vaccinium floribundum Kunth)* [Universidad de las Fuerzas Armadas]. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/24808/1/T-IASA I-005610.pdf>
- Morales, J. S. (2019). “*Propagación vegetativa del aguacate (Persea americana miller) variedad hass, mediante el uso de hormonas enraizantes en la zona de Quevedo*” [Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3832>
- Padilla, C., & Parentini, C. (2020). *Evaluación del tratamiento de remoción de brotes epicórmicos excedentarios (“Ladrones”) en Eucalyptus globulus ssp. Globulus* [Universidad de la República (Uruguay)]. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/31404>
- Palomino, J. R., Esquivel, R., Huamancusi, J. L., Alarcón, S. M., & Blásquez, C. G. (2022). Azospirillum brasilense y ácido indol-3-butírico en el enraizamiento de tallos de palto (Persea americana Mill.). *Bioagro*, 35(1), 69–74. <https://doi.org/10.51372/bioagro351.8>
- Pinedo, S. (2022). Propagación de estacas juveniles de Mansoa alliacea (Lam.) A.H. Gentry (Ajo Sacha), por efecto de concentraciones de Ácido Indolbutírico y tipos de sustratos en cámara de sub irrigación, Atalaya – Ucayali – Perú. [Universidad Nacional de Ucayali]. En *Universidad Nacional de Ucayali*. <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3296/000001326T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ríos, M. R., Rocha, S. P., Niella, F., Keller, H. A., & Duarte, E. R. (2022). Factores que afectan el enraizamiento adventicio y brotación en estacas de Hyptis australis (Lamiaceae). *Revista Peruana de Biología*, 29(1). <https://doi.org/10.15381/rpb.v29i1.20809>
- Romero, G., Cuba, N., Nova, M., & Mamani, B. (2020). Influencia de las fases lunares en el injerto de mandarina criolla (Citrus reticulata) sobre el patrón mandarina cleopatra (citrus reshni) en el distrito río Blanco, Chulumani. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 7(1), 40–47. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182020000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=es

- Roncal, C. (2022). *Efecto del ácido indol butírico y ácido &-naftalenacético en el enraizamiento de estacas de Smalanthus glabratus (DC.) H. Rob. "Shita negra", en invernadero* [Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/4917>
- Salomon, P. (2020). *Efectos del ácido indolbutírico y el ácido naftaleno acético en el crecimiento radicular en estacas de (Moringa oleífera [Linneau]) en el biohuerto de la Universidad Científica del Sur, Villa El Salvador* [Universidad Científica del Sur]. <https://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/20.500.12805/2652>
- Sifuentes, D. (2019). Propagación vegetativa del cedro (*Cedrela odorata* L.) mediante el enraizamiento de mini estacas juveniles en cámaras de sub irrigación, en Jenaro herrera (Ilo) amazonia peruana [Universidad Nacional Agraria La Molina]. En *Repositorio Universidad Nacional Agraria de La Molina*. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2131/L02-C389-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Solano, J. J., Sánchez, T., Arévalo, L. A., & Morales, E. (2023). Efecto de sustratos y enraizadores en la propagación vegetativa de *Coffea arabica* var. típica en microtúneles. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 24(2). https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num2_art:2627
- Solis, R., Gonzales, N., Pezo, M., Arévalo, L., & Vallejos-Torres, G. (2019). Rooting of sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) juvenile cuttings in microtunnels. *Acta Agronomica*, 68(1), 35–40. <https://doi.org/10.15446/acag.v68n1.72101>
- Tarnowski, C. G. (2021). Evaluación de dos técnicas de acodamiento para la propagación vegetativa del algarrobo *Prosopis chilensis* (Mol) Stuntz. *FAVE Sección Ciencias Agrarias*, 20(1), 305–315. <https://doi.org/10.14409/fa.v20i1.10272>
- Ushñahua, L. F. (2019). Determinación de la relación óptima de aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) y sosa caústica (Naoh), en la elaboración de jabón de tocador [Universidad Nacional de Ucayali Facultad]. En *Universidad Nacional de Ucayali Facultad*. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4363>
- Vallejos, G., Ríos, O., Corazon, M. A., Reátegui, E., Mesén, F., & Marín, C. (2021). Effects of leaflets and indole-3-butyric acid in the vegetative propagation by mini-tunnels of rubber tree (*Hevea brasiliensis*). *Journal of Rubber Research*, 24(3), 533–540. <https://doi.org/10.1007/s42464-021-00097-5>
- Vásquez Castañeda, J. H., Lápiz Sabaleta, E., Barboza Hernández, M. K. Y., Vásquez

- Meza, S. N., & Quispe Sánchez, L. M. (2019). Comparación de sustratos en la propagación sexual y asexual del árbol de la quina (*Cinchona officinalis*). *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 2(3), 77. <https://doi.org/10.25127/aps.20183.407>
- Vences, C. (2019). Sustratos. En *Propagación de Plantas y Viverismo*. Universidad Autónoma del Estado de México. http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/108040/secme-12254_1.pdf?sequence=1
- Villalba, E. D. (2018). *Efecto de la aplicación del AIB (Ácido Indol Butírico) y biol en el enraizamiento de estacas de cedrón (Aloysia triphylla (L'Hérit) Britt) Chiguata. Arequipa. 2017* [Universidad Católica de Santa María]. <https://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/6136/71.0585.IS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Influencia de longitud de
estacas y niveles de área foliar
en el enraizamiento de
Plukenetia brachybotrya
(Mûller. Arg., 1865) en cámaras
de sub irrigación en Tarapoto

por Warren - Freitas Chisquipama

Fecha de entrega: 15-may-2023 11:38a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2093890934

Nombre del archivo: TESIS_-_WARREN_09_de_Mayo_FINAL_1.docx (706.6K)

Total de palabras: 14565

Total de caracteres: 79837

Influencia de longitud de estacas y niveles de área foliar en el enraizamiento de *Plukenetia brachybotrya* (Müller. Arg., 1865) en cámaras de sub irrigación en Tarapoto

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	12%
2	tesis.unsm.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	www.iiap.org.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	ikua.iiap.gob.pe Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Nacional de San Martín Trabajo del estudiante	1%
7	aprenderly.com Fuente de Internet	<1%
8	docplayer.es Fuente de Internet	<1%