



Efecto enraizante del llantén (*Plantago major*) y ajo (*Allium sativum*) en ramillas de limón (*Citrus limonum* L.) en vivero

Rooting effect of plantain (*Plantago major*) and garlic (*Allium sativum*) on lemon (*Citrus limonum* L.) twigs in a nursery

Efeito de enraizamento de tanchagem (*Plantago major*) e alho (*Allium sativum*) em ramos de limoeiro (*Citrus limonum* L.) num viveiro

Angie Kathiusca Orellana Soriano ^I
angieorellanasoriano@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0001-0313-0519>

Juan Kevin Cruz Miranda ^{II}
jcruz@uagraria.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0008-2301-2545>

Humberto Robinson Gavilanes Muñoz ^{III}
hgavilanes@uagraria.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0002-6518-6072>

Abel Andrey Gómez Bermeo ^{IV}
agomez@uagraria.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0009-8714-3269>

Correspondencia: angieorellanasoriano@gmail.com

Ciencias de la Educación
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 26 de julio de 2025 * **Aceptado:** 24 de agosto de 2025 * **Publicado:** 10 de septiembre de 2025

- I. Investigador Universidad Agraria, Ecuador.
- II. Investigador Universidad Agraria, Ecuador.
- III. Investigador Universidad Agraria, Ecuador.
- IV. Investigador Universidad Agraria, Ecuador.

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la eficacia enraizadora natural del llantén (*Plantago major*) y el ajo (*Allium sativum*) en la propagación vegetativa de ramillas de limón sutil (*Citrus aurantifolia*) en vivero. Para ello, se compararon los efectos de estos extractos naturales con un testigo hormonal (ácido indolbutírico - AIB) en distintas variables relacionadas con el enraizamiento y crecimiento inicial de las ramillas. Las variables evaluadas fueron: porcentaje de enraizamiento, longitud de raíces, peso de raíces, número de raíces por ramilla, altura del tallo y número de hojas. Se empleó un diseño experimental completamente al azar y un análisis de varianza (ANOVA) con prueba de Tukey para determinar diferencias significativas entre tratamientos. Los resultados mostraron que el testigo hormonal obtuvo el mejor desempeño en todas las variables, con un 86,67% de enraizamiento, mayor longitud radicular (1,93 mm) y el mayor número de raíces. Sin embargo, el llantén (T8) mostró una respuesta positiva con 66,67% de enraizamiento, mayor que la del ajo y combinaciones de ambos. En contraste, los tratamientos con ajo (T5 y T6) mostraron menor efectividad. En conclusión, el llantén se presenta como un potencial enraizante como alternativa natural al uso de reguladores de crecimiento sintéticos. No obstante, se recomienda continuar con estudios para confirmar su bondad en la propagación asexual de limón sutil.

Palabras Clave: Enraizamiento; limón sutil; llantén; propagación vegetativa.

Abstract

The present study aimed to evaluate the natural rooting efficacy of plantain (*Plantago major*) and garlic (*Allium sativum*) in the vegetative propagation of *Citrus aurantifolia* twigs in a nursery. To this end, the effects of these natural extracts were compared with a hormonal control (indolbutyric acid - IBA) on different variables related to rooting and initial growth of the twigs. The variables evaluated were: rooting percentage, root length, root weight, number of roots per twig, stem height, and number of leaves. A completely randomized experimental design was used, and analysis of variance (ANOVA) with Tukey's test was used to determine significant differences between treatments. The results showed that the hormonal control performed best in all variables, with 86.67% rooting, greater root length (1.93 mm), and the highest number of roots. However, plantain (T8) showed a positive response with 66.67% rooting, higher than that of garlic and combinations of both. In contrast, garlic treatments (T5 and T6) showed less effectiveness. In conclusion, plantain

presents itself as a potential rooting agent as a natural alternative to the use of synthetic growth regulators. However, further studies are recommended to confirm its effectiveness in the asexual propagation of subtle lemon.

Keywords: Rooting; subtle lemon; plantain; vegetative propagation.

Resumo

O presente estudo teve como objectivo avaliar a eficácia do enraizamento natural da bananeira (*Plantago major*) e do alho (*Allium sativum*) na propagação vegetativa de ramos de *Citrus aurantifolia* em viveiro. Para tal, os efeitos destes extratos naturais foram comparados com um controlo hormonal (ácido indolbutírico - AIB) sobre diferentes variáveis relacionadas com o enraizamento e o crescimento inicial dos ramos. As variáveis avaliadas foram: percentagem de enraizamento, comprimento da raiz, peso da raiz, número de raízes por ramo, altura do caule e número de folhas. Utilizou-se o desenho experimental inteiramente casualizado, e a análise de variância (ANOVA) com teste de Tukey foi utilizada para determinar diferenças significativas entre os tratamentos. Os resultados mostraram que o controlo hormonal apresentou um melhor desempenho em todas as variáveis, com 86,67% de enraizamento, maior comprimento de raiz (1,93 mm) e maior número de raízes. No entanto, a banana-pão (T8) apresentou uma resposta positiva com 66,67% de enraizamento, superior ao alho e às combinações de ambos. Em contraste, os tratamentos com alho (T5 e T6) revelaram-se menos eficazes. Em conclusão, a banana-pão apresenta-se como um potencial agente enraizador, sendo uma alternativa natural à utilização de reguladores de crescimento sintéticos. No entanto, recomendam-se estudos adicionais para confirmar a sua eficácia na propagação assexuada do limão-siciliano.

Palavras-chave: Enraizamento; limão subtil; banana-da-terra; propagação vegetativa.

Introducción

1.1 Antecedentes del problema

Los cítricos tienen gran importancia a nivel mundial, siendo producidos por alrededor de 140 países con características tropicales y subtropicales, con una producción superior a los 124 millones de toneladas a nivel mundial (Sáenz et al., 2019). El Ecuador posee un gran potencial para la producción de cítricos, especialmente en la Costa específicamente en las provincias de Pichincha, Manabí y Guayas (Cañarte y Navarrete, 2019). Según Pincay (2021) dentro del territorio

ecuatoriano la producción de limón sutil tiene como destino el comercio local, mientras que el limón Tahití es producido para exportar a países europeos y Estados Unidos.

La propagación vegetativa es una forma de reproducir las plantas de formas asexual, aprovechando la necesidad de preservar su especie superviviendo sin la necesidad de cumplir con su reproducción sexual (Mamani, 2024). Por ende, no se realiza la polinización cruzada entre un árbol madre y un padre mediante la unión de gametos. En su lugar, se utilizan partes vegetativas de la planta, como esquejes, estacas o brotes, para generar nuevas plantas con la misma composición genética que la planta madre (Garate y Delgado 2020).

La propagación asexual permite transmitir las características genéticas y agronómicas de la planta madre hacia una nueva planta (Gamarra, 2022). Quiróz (2021) nos indica que para que la propagación realizada por esquejes tenga éxito se debe considerar varios factores como son: el material vegetal a multiplicar, la metodología a seguir, el sustrato, la climatología, entre otros.

Los enraizantes son productos utilizados en los cultivos con el fin de estimular el crecimiento radicular de la planta y efecto de ello esta mejore sus niveles de absorción de nutrientes y agua, por lo cual la investigación sobre enraizadores naturales y hormonales en el cultivo de plantas ha sido objeto de interés debido a su impacto en el desarrollo y crecimiento de las mismas (Sánchez, 2023). El ácido indolbutírico (AIB) ha sido comúnmente utilizado como un enraizador hormonal sintético en prácticas de propagación de plantas. Este tiene la particularidad de tener un efecto más localizado y mayor estabilidad química con el pilote (Giurfa, 2024). Sin embargo, existe una creciente preocupación sobre los posibles efectos ambientales y de salud asociados con el uso de productos químicos sintéticos en la agricultura. Esto ha llevado a la búsqueda de alternativas naturales y sostenibles.

El llantén (*Plantago major*) y el ajo (*Allium sativum*) han demostrado poseer propiedades beneficiosas en procesos de enraizamiento y estimulación del crecimiento en diversas plantas. La literatura científica ha informado sobre las características bioactivas de estos elementos naturales, incluyendo compuestos que promueven el desarrollo de raíces y mejoran la resistencia de las plantas a condiciones adversas (Zurita, 2020).

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

Se ha expresado que la dependencia continua de enraizadores hormonales sintéticos puede contribuir a la acumulación de residuos químicos en el suelo y el agua. Por otro lado, la literatura científica sugiere propiedades beneficiosas de los enraizadores naturales, pero es necesario comparar los efectos de los enraizadores naturales con los del ácido indol butírico en términos de tasa de enraizamiento, desarrollo de raíces y calidad general de las plantas de limón propagadas por ramillas.

La comprensión de los compuestos bioactivos presentes en el llantén y el ajo, así como su interacción con las raíces de las ramillas, es crucial. También es necesario entender la capacidad de adaptabilidad de las plantas en vivero observando su comportamiento, resistencia y adaptabilidad de las ramillas de limón a condiciones ambientales variables y desafíos bióticos.

1.2.2 Formulación del problema

¿Cómo afecta la aplicación de enraizantes naturales, como llantén y ajo en comparación con el uso del ácido indolbutírico como testigo hormonal, en la propagación de ramillas de limón (*Citrus limonum* L.) en vivero?

1.3 Justificación de la investigación

La investigación busca abordar la necesidad de encontrar alternativas sostenibles y de bajo costo para la propagación de ramillas de limón, destacando la importancia de explorar enraizantes naturales como llantén y ajo. Esta evaluación contribuirá al conocimiento científico sobre prácticas de propagación ecológicas, beneficiando a productores de limón y la industria agrícola en general. La búsqueda de alternativas naturales para promover el enraizamiento busca reducir la dependencia de productos químicos sintéticos en la agricultura. Esto se alinea con los principios de la agricultura sostenible y la preservación del medio ambiente.

La aplicación de enraizadores naturales podría presentar una opción más económica para los agricultores, disminuyendo los costos asociados con la compra de productos químicos sintéticos. Mejorar las prácticas de propagación y el desarrollo saludable de las raíces de las plantas es fundamental para la producción de alimentos. Un mejor enraizamiento puede traducirse en plantas más resistentes y productivas.

La comparación directa con el ácido indolbutírico como estándar permite evaluar la eficacia de los enraizadores naturales en condiciones controladas, proporcionando información valiosa para la toma de decisiones en la producción agrícola.

Los resultados de esta investigación pueden tener aplicaciones prácticas directas en viveros y sistemas de propagación de plantas, brindando a los agricultores una opción más sustentable y natural para mejorar la salud y el rendimiento de sus cultivos.

1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** Se realizó el estudio en el cantón Milagro provincia del Guayas.
- **Población:** Este trabajo de investigación benefició a los técnicos, ingenieros agrónomos, los pequeños productores e investigadores.

1.5 Objetivo general

Evaluar la eficacia enraizadora natural del llantén y el ajo, en el proceso de propagación mediante el desarrollo vegetativo de ramillas de limón en vivero.

1.6 Objetivos específicos

- Evaluar el porcentaje de enraizamiento de ramillas de limón tratadas con llantén y ajo en mezcla, en comparación con ácido indolbutírico.
- Determinar la velocidad de enraizamiento y el desarrollo del sistema radicular en ramillas de limón bajo la influencia de los enraizantes naturales y el testigo hormonal.
- Analizar el crecimiento inicial de las ramillas de limón tratadas con llantén y ajo en mezcla, contrastándolo con las ramillas tratadas con ácido indolbutírico.

Materiales y métodos

2.1 Enfoque de la investigación

El presente trabajo estuvo enfocado en determinar el efecto de la aplicación de enraizante del llantén (*Plantago Major*) y ajo (*Allium Sativum*) en ramillas de limón (*Citrus Limonum* L.) en vivero.

2.1.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación de acuerdo al planteamiento práctico del estudio se desarrolló una parte (los enraizantes) en el laboratorio con un nivel de conocimiento exploratorio y descriptivo y luego, la parte experimental en el campo, en el sitio donde se ubicarán las ramillas en las fundas plásticas.

2.1.2 Diseño de investigación

El diseño de la investigación según las necesidades del proyecto es de carácter experimental.

2.2 Metodología

2.2.1 Variables

2.2.1.1. Variable independiente

Factor A: niveles de concentración de disolución de ajo

Factor B: niveles de concentración de disolución de llantén

Tabla 1.

Matriz de operación de variables independientes

Variable independiente			
Variables	Tipo	Nivel de medida	Descripción
Factor (Disolución de ajo)	ACuantitativo	Discreta	Niveles de concentración de disolución de ajo (%)
Factor (Disolución de llantén)	BCuantitativo	Discreta	Niveles de concentración de disolución de llantén (%)

Los Autores, 2025.

2.2.1.2 Variables dependientes

- **Porcentaje de enraizamiento:** Esta variable fue medida al final del experimento, contabilizando las ramillas que hayan formado su sistema radicular con respecto al total de ramillas de la unidad experimental. Este dato fue expresado en porcentaje.
- **Longitud radicular:** Fue medida al final, para esta variable se utilizó una regla para la medición del largo de las raíces. El valor de la unidad experimental es el promedio de estas.

- **Peso de raíces:** Fue medida al final, para ello se cortaron las raíces de cada ramilla y se pesaron en la gramera. La sumatoria de esta se dividió para el número de ramillas de la unidad. El resultado se lo expresó en centímetros.
- **Número de raíces:** Se midió al final expresando el promedio de raíces producidas por las ramillas en cada unidad experimental.
- **Altura del tallo:** Se midió con una regla y se expresó el promedio de cada unidad experimental en centímetros.
- **Número de hojas:** Se contabilizó las hojas que produjo cada ramilla y se sacó el promedio de cada unidad experimental.

Tabla 2.

Matriz de operación de variables dependientes

Variable dependiente			
Variables	Tipo	Nivel de medida	Descripción
Porcentaje de enraizamiento	Cuantitativa	Continua	Porcentaje de ramillas enraizados (%)
Longitud de raíces	Cuantitativa	Continua	Longitud de las raíces de las ramillas (cm)
Peso de raíces	Cuantitativa	Continua	Peso de las raíces generadas (g)
Número de raíces	Cuantitativa	Discreta	Número de raíces producidas por ramilla
Altura del tallo	Cuantitativa	Continua	Altura del tallo de las ramillas (cm)
Número de hojas por ramillas	Cuantitativa	Continua	Número de hojas generadas por ramilla

Los Autores, 2025.

2.2.2Tratamientos

Para los niveles de medida del ajo no existen literatura científica sobre su uso como enraizante, sin embargo, por su contenido en tiamina se le atribuye esta propiedad. Mendonà et al. (2018) nos dice que esta debe ser usada en una dosificación menor a los 300 mg por litro. Para el llantén se utilizó la dosis recomendada por Tinta (2022) el cual usó 200 g de llantén en 2.5 litros de agua. La distribución de los factores y tratamientos se presentan en las Tabla 3 y 4:

Tabla 3.

Concentraciones de las sustancias naturales utilizadas en el estudio.

Ajo	Llantén
a1:10%	b1:1%
a2:30%	b2:3%

Los Autores, 2025.

Tabla 4.

Tratamientos (combinaciones y sustancias únicas) evaluados en el estudio.

Tratamientos	Combinación	Descripción
T1	a1+b1	10% ajo+1% llantén
T2	a2+b1	30% ajo+1% llantén
T3	a1+b2	10% ajo+3% llantén
T4	a2+b2	30% ajo+3% llantén
T5	a1	10% ajo
T6	a2	30% ajo
T7	b1	1% llantén
T8	b2	3% llantén
T9	Testigo hormonal	2 mg/L Ácido Indolbutírico

Los Autores, 2025.

- Manejo del ensayo
- Preparación del terreno

Para llevar a efecto este estudio se utilizó un diseño completamente al azar, dentro del cual se evaluaron los nueve tratamientos propuestos. Cada uno de estos tratamientos se valoró a través de tres repeticiones. La unidad experimental estuvo conformada de cinco fundas en las cuales se

colocó un sustrato compuesto de 50% tierra negra y 50% de arena de río. El experimento originó un total de 135 ramillas de limón Sutil.

2.2.3 Diseño experimental

Tabla 5.

ANOVA del experimento

Fuente de variación	GL
Total ($tr - 1$)	26
Tratamientos ($t - 1$)	8
Error experimental [$t(r - 1)$]	18

Los Autores, 2025.

2.2.4 Recolección de datos

2.2.4.1 Recursos

Materiales para la preparación de ramillas

- Tijeras de podar
- Fundas
- Sustrato
- Regadera para mantener la humedad del sustrato
- Etiquetas para identificar los tratamientos

Materiales para la preparación de los enraizantes

- Ajo fresco en bulbos
- Llantén fresco
- Ácido Indolbutírico (0.1%) 100 cc (Augurio, Ecuaquímica, Ecuador)
- Balanza gramera
- Licuadora para triturar el ajo y el llantén frescos
- Vasos de precipitados para preparar las soluciones de los enraizantes
- Agua destilada para preparar las soluciones de los enraizantes

Materiales para el cuidado de las ramillas

- Fueron para proteger las ramillas del sol directo durante las primeras etapas de crecimiento.
- Termómetro ambiental para monitorear la temperatura del ambiente donde se encuentran las ramillas.
- Higrómetro digital para medir la humedad del ambiente donde se encuentran las ramillas.

- Benomyl, fungicida para prevenir enfermedades fúngicas en las ramillas.
- Insecticida cipermetrina para controlar plagas de insectos.

Materiales para la medición de las variables de respuesta

- Regla para medir la longitud de las raíces y el tallo de las ramillas.
- Calibrador o Pie de Rey para medir el grosor de las raíces de las ramillas.
- Cuaderno de apuntes para registrar las mediciones de las variables de respuesta.

2.2.4.2 Métodos y técnicas

Se seleccionaron 135 ramillas de limón de la variedad sutil, sanas y uniformes de los cuales se obtuvieron las ramillas con longitud y diámetro similares.

Los extractos fueron obtenidos a través del método de maceración, para el extracto de ajo se pesarán 10 g de sus dientes, luego se licuó con un poco de agua destilada, finalmente la mezcla fue tamizada y se le añadió más agua destilada hasta completar el litro de acuerdo a las concentraciones establecidas en los tratamientos. Para el caso del Llantén se pesaron 10 g de hojas y se siguió el mismo procedimiento del ajo.

Las soluciones de ajo y llantén fueron preparadas a las concentraciones indicadas en los tratamientos, así como la fitohormona (ácido indolbutírico) a la concentración estándar 2 mg/L. Todas las soluciones fueron preparadas a razón de un litro cada una.

Se sumergió la base de las ramillas en cada solución de enraizante durante el tiempo indicado (5 minutos) siendo un tiempo arbitrario porque ninguna literatura presenta datos sobre esta actividad. Se plantaron las ramillas en fundas plásticas con el sustrato adecuado y preparado de manera estándar 50% tierra negra, 50% arena de río. Luego fueron cubiertos individualmente con una funda plástica hasta dar señales visuales de tener actividad metabólica (color de las ramillas).

Las fundas fueron colocadas en un lugar con condiciones ambientales adecuadas para el crecimiento del limón y se regaron con una frecuencia de dos veces por semana. A partir de allí se procedió a levantar la información y datos para el análisis.

2.2.5 Análisis estadístico

Para la verificación de efectos de los tratamientos se aplicó el análisis de varianza (ANOVA) para cada una de las variables de respuesta evaluadas. En este modelo de ANOVA se consideró el diseño experimental antes indicado. Se aplicó la prueba de Tukey para la comparación de medias entre los tratamientos considerando el error de tipo I con un nivel de confianza del 95%.

Resultados

- **3.1. Porcentaje de enraizamiento de ramillas de limón tratadas con llantén y ajo en mezcla, en comparación con ácido indolbutírico**
- **3.1.1. Porcentaje de prendimiento**

La Tabla 7 muestra el porcentaje de prendimiento de ramillas según el enraizamiento obtenido en diferentes tratamientos, mostrando un coeficiente de variación (25,82 %) Este alto nivel de variabilidad se debe a que, dentro de cada unidad experimental, cada ramilla representó un valor que constituye el 20% del total, lo que implica que las mediciones de cada ramilla tienen un peso significativo sobre el valor total.

Tabla 7.

Porcentaje de prendimiento de ramillas

Tratamientos	Porcentaje de enraizamiento (%)
T1: 10% ajo+1% llantén	20,00 d e
T2: 30% ajo+1% llantén	20,00 d e
T3: 10% ajo+3% llantén	33,33 c d
T4: 30% ajo+3% llantén	26,67 c d
T5: 10% ajo	0,00 e
T6: 30% ajo	0,00 e
T7: 1% llantén	46,67 b c
T8: 3% llantén	66,67 a b
T9: Testigo hormonal	86,67 a
Coeficiente de variación (%)	25,82

Nota: Medias con letras iguales no difieren significativamente ($p < 0.05$).

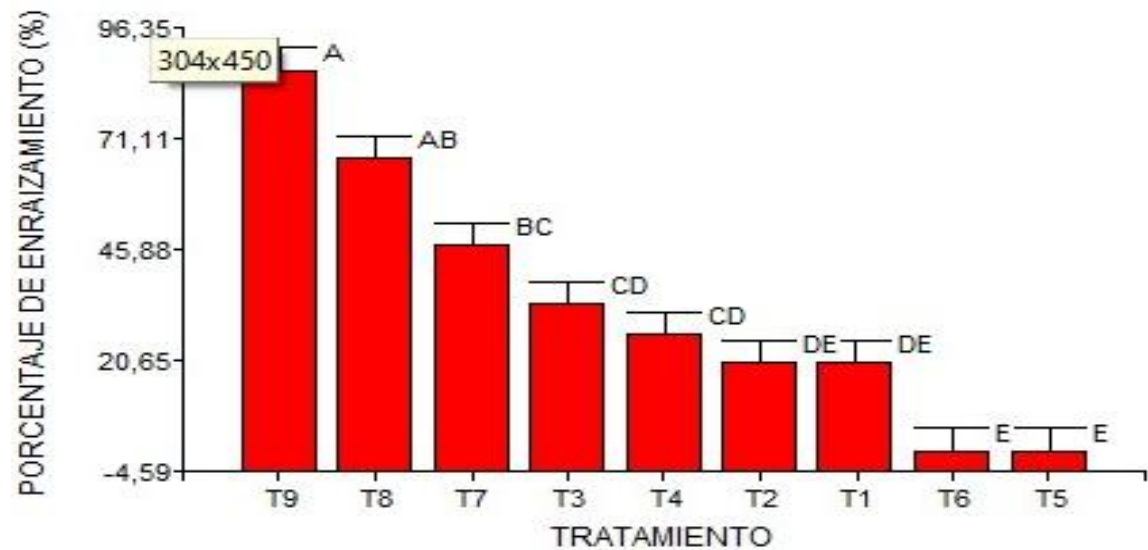
Los Autores, 2025.

La Tabla 7 se observa que el T9 (Testigo hormonal) presentó el mayor porcentaje de enraizamiento (86,67%), seguido por T8 (b2) con 66,67% y T7 (b1) con 46,67%, formando los grupos estadísticos más altos. Los tratamientos T3 (a1+b2) y T4 (a2+b2) lograron valores intermedios de 33,33% y 26,67%, mientras que T1 (a1+b1) y T2 (a2+b1) obtuvieron 20,00%, ubicándose en un grupo inferior. Finalmente, T5 (a1) y T6 (a2) no presentaron enraizamiento (0,00%), siendo los menos

efectivos. Estos resultados mostrados en la figura 1 sugieren que el uso de hormona (T9) y el factor b2 (T8 y T7) favorecen significativamente el enraizamiento de las ramillas.

Figura 1.

Porcentaje de prendimiento



Los Autores, 2025.

3.2 Velocidad de enraizamiento y el desarrollo del sistema radicular en ramillas de limón bajo la influencia de los enraizantes naturales y el testigo hormonal

3.2.1. Longitud radicular

La tabla 8 muestra las medias de longitud radicular de las ramillas indicando la variabilidad en el desarrollo de raíces según los tratamientos aplicados. El coeficiente de variación (1,99 %) indica una baja dispersión en los datos, mientras que el análisis de varianza indica que existen diferencias significativas entre tratamientos.

Tabla 8.

Longitud radicular de las ramillas

Tratamientos	Longitud de raíces (cm)
T1: 10% ajo+1% llantén	2,43 f
T2: 30% ajo+1% llantén	2,50 f
T3: 10% ajo+3% llantén	3,40 e
T4: 30% ajo+3% llantén	3,67 d

T5: 10% ajo	0,00 g
T6: 30% ajo	0,00 g
T7: 1% llantén	4,31 c
T8: 3% llantén	6,64 b
T9: Testigo hormonal	8,93 a
Coeficiente de variación (%)	1,99

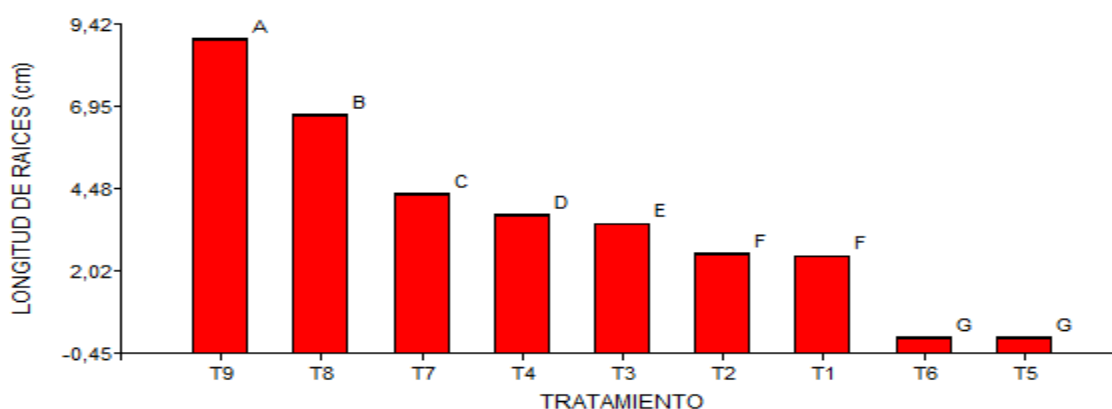
Nota: Medias con letras iguales no difieren significativamente ($p < 0.05$).

Los Autores, 2025.

La prueba de Tukey al 5 % de probabilidad nos muestra que el T9 (Testigo hormonal) presentó la mayor longitud radicular (8,93 cm), seguido por T8 (b2) con 6,64 cm y T7 (b1) con 4,31 cm, ubicándose en los grupos estadísticos superiores. Los tratamientos T4 (a2+b2) y T3 (a1+b2) lograron valores intermedios de 3,67 cm y 3,40 cm, respectivamente, mientras que T2 (a2+b1) y T1 (a1+b1) presentaron las menores longitudes con 2,50 cm y 2,43 cm. Los tratamientos T5 (a1) y T6 (a2) no desarrollaron raíces (0,00 cm), formando el grupo con menor respuesta. Los resultados mostrados en la figura 9 evidencian que la aplicación de hormona (T9) y el factor b2 (T8 y T7) favorecen significativamente el crecimiento radicular.

Figura 2.

Longitud radicular



Los Autores, 2025.

3.2.2 Peso de raíces

La Tabla 9 muestra el peso de las raíces por ramilla según los tratamientos aplicados, según el análisis de varianza presentado en el apartado de anexos, los tratamientos difieren entre ellos significativamente, con un coeficiente de variación moderado de 15,73 %.

Tabla 9.
Peso de raíces por ramilla

Tratamientos	Peso de raíces (g)
T1: 10% ajo+1% llantén	0,30 c d
T2: 30% ajo+1% llantén	0,33 c
T3: 10% ajo+3% llantén	0,38 c
T4: 30% ajo+3% llantén	0,57 c
T5: 10% ajo	0,00 d
T6: 30% ajo	0,00 d
T7: 1% llantén	1,28 b
T8: 3% llantén	1,57 a b
T9: Testigo hormonal	1,76 a
Coeficiente de variación (%)	15,73

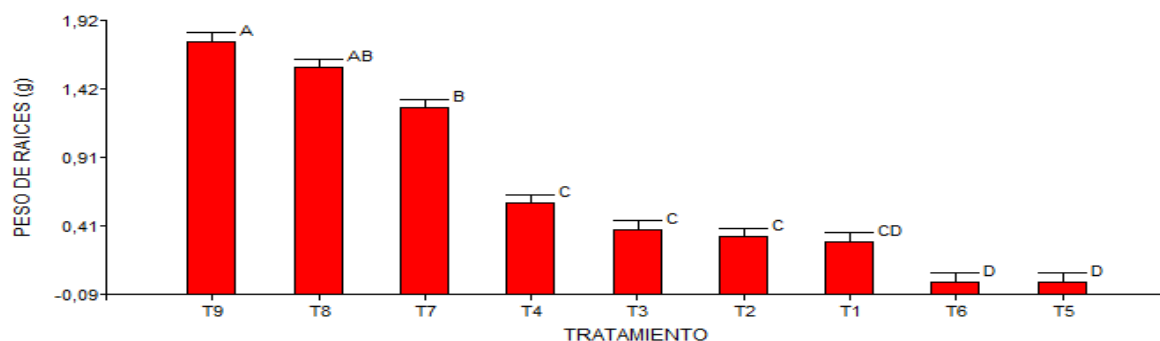
Nota: Medias con letras iguales no difieren significativamente (p<0.05).

Los Autores, 2025.

A través de la prueba de tukey se evidencia que el T9 (Testigo hormonal) presentó los mayores valores con 1,76 g, seguido por el T8 (b2) y 1,28 g, respectivamente, seguidos por T7 (b1) con 1,57 g, formando los grupos estadísticos superiores. Los tratamientos T4 (a2+b2) y T3 (a1+b2) alcanzaron pesos intermedios de 0,57 g y 0,38 g, mientras que T2 (a2+b1) y T1 (a1+b1) obtuvieron valores menores de 0,33 g y 0,30 g. Finalmente, T5 (a1) y T6 (a2) no desarrollaron raíces (0,00 g), ubicándose en el grupo de menor respuesta. Estos resultados reflejan que el uso de hormona (T9) y el factor b2 (T8 y T7) favorecen significativamente el desarrollo radicular en términos de peso como se expresa en la figura 3.

Figura 3.

Peso de raíces



Elaborado por: La Autora, 2025.

3.2.3 Número de raíces

La Tabla 10 muestra el número de raíces por ramilla según los tratamientos aplicados, teniendo un coeficiente de variación bajo (7,74 %), además de contar con diferencias significativas entre tratamientos.

Tabla 10.

Número de raíces por ramilla

Tratamientos	Número de raíces
T1: 10% ajo+1% llantén	4.00 b
T2: 30% ajo+1% llantén	4.00 b
T3: 10% ajo+3% llantén	5.00 a
T4: 30% ajo+3% llantén	4.33 a b
T5: 10% ajo	0.00 c
T6: 30% ajo	0.00 c
T7: 1% llantén	5.00 a
T8: 3% llantén	5.00 a
T9: Testigo hormonal	4.33 a b
Coeficiente de variación (%)	7,74

Nota: Medias con letras iguales no difieren significativamente ($p < 0.05$).

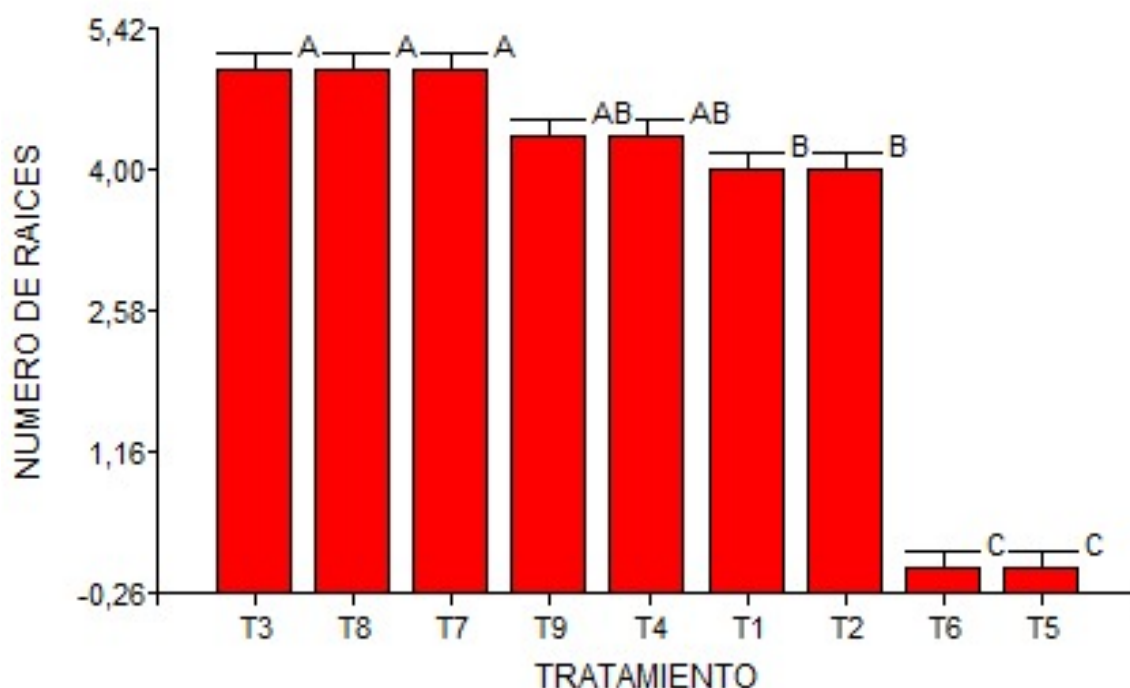
Los Autores, 2025.

La tabla 10 nos indican que los tratamientos T3 (a1+b2), T7 (b1) y T8 (b2) presentaron el mayor número de raíces (5,00 raíces por ramilla), seguidos por T4 (a2+b2) y T9 (Testigo hormonal) con

4,33 raíces, ubicándose en los grupos estadísticos superiores. Los tratamientos T1 (a1+b1) y T2 (a2+b1) obtuvieron 4,00 raíces, mientras que T5 (a1) y T6 (a2) no desarrollaron raíces (0,00 raíces), ubicándose en el grupo con menor respuesta. Estos resultados sugieren que los tratamientos que incluyen el factor b2 y el uso de hormona (T9) favorecen el desarrollo radicular en términos de cantidad de raíces por ramilla como se indica en la figura.

Figura 4.

Número de raíces



Los Autores, 2025

3.3. Crecimiento inicial de las ramillas de limón tratadas con llantén y ajo en mezcla, contrastándolo con las ramillas tratadas con ácido indolbutírico

3.3.1. Altura de tallo

Esta variable fue medida al final del estudio, teniendo en cuenta que las ramillas fueron sembradas a una altura uniforme. La tabla 11 refleja las medias de altura de los tratamientos, teniendo un coeficiente de variación de 0,72 %.

Tabla 11.

Altura del tallo de las ramillas

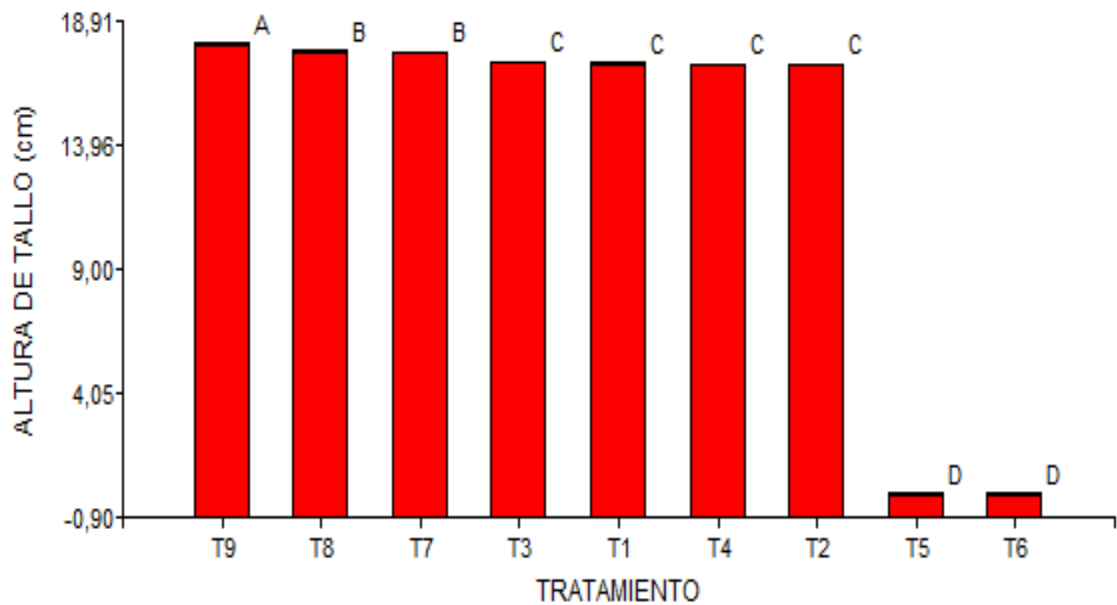
Tratamientos	Altura de tallo (cm)
T1: 10% ajo+1% llantén	17,17 c
T2: 30% ajo+1% llantén	17,13 c
T3: 10% ajo+3% llantén	17,22 c
T4: 30% ajo+3% llantén	17,13 c
T5: 10% ajo	0,00 d
T6: 30% ajo	0,00 d
T7: 1% llantén	17,62 b
T8: 3% llantén	17,68 b
T9: Testigo hormonal	17,96 a
Coeficiente de variación (%)	0,72

Nota: Medias con letras iguales no difieren significativamente ($p < 0.05$).

Los Autores, 2025.

El test de tukey indica que la mayoría de los tratamientos presentaron alturas similares, con T9 (Testigo hormonal) registrando la mayor altura (17,96 cm), seguido de T8 (b2) con 17,68 cm, T7 (b1) con 17,62 cm, quienes tienen un registro de clasificación b, mientras que el T3 (a1+b2) con 17,22 cm, T1 (a1+b1) con 17,17 cm, T2 (a2+b1) con 17,13 cm y T4 (a2+b2) con 17,13 cm, todos ubicados en el mismo grupo estadístico. T5 (a1) y T6 (a2) no desarrollaron tallos (0,00 cm), formando el grupo de menor respuesta. Los resultados obtenidos sugieren que los tratamientos con b1, b2 y el uso de hormona (T9) favorecen el crecimiento en altura del tallo de las ramillas, lo cual se puede apreciar en la figura 5.

Figura 5.
Altura de tallo



Los Autores, 2025.

4.3.2 Número de hojas

La variable se evaluó al final del ensayo, en ella se cuenta con un coeficiente de variación bajo de 6,11 %. En la tabla 12 se presentan las medias obtenidas en esta variable.

Tabla 12.

Número de hojas

Tratamientos	Número de hojas
T1: 10% ajo+1% llantén	4,00 a
T2: 30% ajo+1% llantén	4,00 a
T3: 10% ajo+3% llantén	4,33 a
T4: 30% ajo+3% llantén	4,00 a
T5: 10% ajo	0,00 b
T6: 30% ajo	0,00 b
T7: 1% llantén	4,00 a
T8: 3% llantén	4,00 a
T9: Testigo hormonal	4,00 a
Coeficiente de variación (%)	6,11

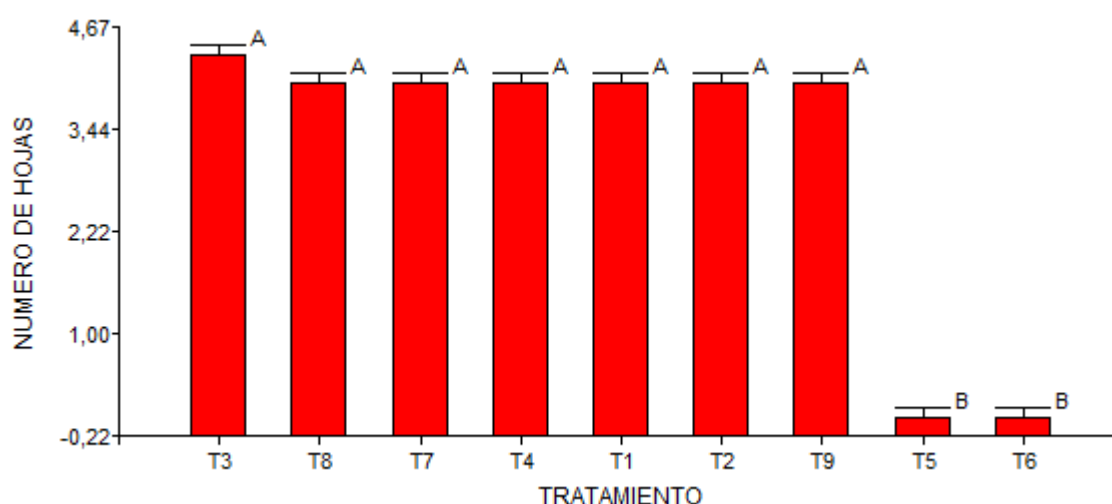
Nota: Medias con letras iguales no difieren significativamente (p<0.05).

Los Autores, 2025.

La Tabla 12 indica que los tratamientos T2 (a2+b1), T4 (a2+b2), T7 (b1), T8 (b2) y T9 (Testigo hormonal) presentaron el mayor número de hojas, con 4,00 hojas por ramilla, ubicándose todos en el mismo grupo estadístico. El T3 (a1+b2) mostró un ligero aumento con 4,33 hojas. Los tratamientos T5 (a1) y T6 (a2) no desarrollaron hojas (0,00 hojas), ubicándose en el grupo de menor respuesta. La figura 6 indica que los tratamientos con b1, b2 y el uso de hormona (T9) favorecen el desarrollo de hojas en las ramillas.

Figura 6.

Número de hojas



Los Autores, 2025.

Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran que el uso de enraizantes naturales como el llantén tiene un efecto positivo en el enraizamiento de las ramillas de limón sutil en comparación con el testigo hormonal, aunque con menor efectividad.

Los resultados muestran que el testigo hormonal (T9) presentó el mayor porcentaje de enraizamiento (86,67%), seguido por los tratamientos con enraizantes naturales. Estos hallazgos coinciden con los de Casas (2022), quien reportó un mayor porcentaje de enraizamiento en *Eucalyptus grandis* x *urophylla* al utilizar ácido indolbutírico (AIB) a 1500 ppm. Asimismo, Arévalo et al. (2021) encontraron que una dosis de 2000 ppm de AIB mejoró significativamente el

enraizamiento en tres variedades de café. Esto confirma que las fitohormonas sintéticas siguen siendo más efectivas en la inducción de raíces en comparación con extractos naturales.

El testigo hormonal (T9) también presentó la mayor longitud radicular (8,93 mm), seguido por los tratamientos con extractos naturales, con diferencias significativas entre ellos. Estos resultados son similares a los de García (2022), quien observó que el uso de AIB y ANA en mandarinas mejoró el crecimiento radicular en condiciones de subirrigación. Del mismo modo, Mirihahalla y Fernando (2020) encontraron que el Aloe vera como enraizante natural produjo resultados comparables a los PGR comerciales en *Citrus aurantifolia* y *Syzygium jambos*, aunque no en especies de madera blanda.

El mayor peso radicular se obtuvo con el testigo hormonal (T9), seguido por los extractos vegetales. Sánchez (2023) también reportó un mejor desempeño en el grosor de raíces al usar enraizadores naturales en esquejes de yuca, destacando la soja y las lentejas. De manera similar, Guerrero et al. (2023) encontraron que el ANA 0.4% promovió raíces más largas en *Physalis peruviana*, aunque los enraizadores naturales lograron un desarrollo comparable.

Los tratamientos con extractos naturales mostraron un número de raíces significativo, aunque el testigo hormonal (T9) mantuvo la ventaja. Este comportamiento concuerda con lo observado por Tinta (2022), quien señaló que el tratamiento hormonal en estacas de Álamo produjo un mayor número de raíces y volumen radicular. Además, Sánchez (2023) encontró que el enraizador de soja fue el más efectivo en la generación de raíces en esquejes de yuca, lo que respalda el potencial de ciertos enraizantes naturales en la propagación vegetal.

No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos en la altura de los tallos, resultado que coincide con lo reportado por Guerrero et al. (2023), donde no se encontraron diferencias entre ANA 0.4% y Aloe vera en *Physalis peruviana*. Por otro lado, Tinta (2022) también evidenció que el uso de extractos vegetales no generó diferencias significativas en la altura de las plantas de Álamo en comparación con el testigo hormonal.

Los tratamientos con enraizantes naturales y el testigo hormonal presentaron valores similares en el número de hojas, lo que concuerda con los hallazgos de Mirihahalla y Fernando (2020), quienes indicaron que el uso de Aloe vera no generó diferencias significativas en comparación con PGR comerciales en el desarrollo foliar de *Citrus aurantifolia*. Asimismo, García (2022) reportó que los tratamientos con AIB y ANA en mandarinas no afectaron de manera significativa el crecimiento

foliar, confirmando que la variación en esta variable puede depender más de factores ambientales y genéticos que del enraizante aplicado.

Esta discusión permite concluir que, si bien los reguladores sintéticos siguen mostrando una mayor eficacia en el enraizamiento y crecimiento radicular, los enraizantes naturales representan una alternativa viable con efectos comparables en algunas variables, lo que sugiere su potencial uso en la propagación de cultivos.

Conclusiones

En base a los resultados obtenidos se concluye que:

El uso de extracto de llantén al 3% favorece significativamente el enraizamiento de ramillas de limón sutil, contribuyendo a su establecimiento inicial. Sin embargo, aunque mejora el desarrollo radicular en comparación con el control, no alcanza el nivel de prendimiento obtenido con la aplicación de la hormona sintética, lo que sugiere que su eficacia, si bien notable, es aún limitada en relación con reguladores del crecimiento más concentrados y de acción específica.

En cuanto a la velocidad de enraizamiento, el extracto de llantén al 3% demostró ser una alternativa viable al generar un número de raíces comparable e incluso superior al obtenido con el tratamiento hormonal. Sin embargo, aunque este extracto vegetal favorece la formación radicular, las auxinas sintéticas, como el AIB, presentan una mayor efectividad en términos de peso y longitud de raíces, lo que indica que estas hormonas no solo inducen el enraizamiento, sino que también optimizan el desarrollo estructural del sistema radicular, proporcionando mayor capacidad de absorción de agua y nutrientes.

El uso de extractos vegetales de llantén y auxinas sintéticas promueve un crecimiento inicial adecuado en las ramillas de limón sutil, reflejado en una mayor cantidad de hojas y un mejor desarrollo en la longitud del tallo. No obstante, los tratamientos con extracto de ajo, aplicados en concentraciones del 1 % y 3 %, no favorecieron la formación de raíces, lo que indica que este compuesto no tiene un efecto positivo en la propagación de esta especie. Esto sugiere la necesidad de evaluar otros enraizantes naturales y combinaciones que puedan potenciar el crecimiento de las ramillas y optimizar el proceso de propagación del limón sutil de manera más eficiente y sostenible. En base a los resultados presentados, se acepta parcialmente la hipótesis nula hay que la aplicación de los enraizantes naturales fueron eficaces en el desarrollo radicular y crecimiento inicial, sin embargo, no llegaron a superar al uso del ácido indolbutírico como testigo hormonal.

Recomendaciones

Es recomendable evaluar el uso de extracto de ajo en diferentes concentraciones para determinar si posee propiedades enraizantes en la propagación asexual del limón sutil. Los resultados obtenidos en este estudio indican que las concentraciones del 10% y 30% no favorecen la formación radicular, por lo que probar dosis más bajas o más altas podría ofrecer una mejor comprensión de su potencial efecto estimulante en el enraizamiento. Además, sería útil analizar su interacción con otros enraizantes naturales o su combinación con fitohormonas sintéticas para explorar posibles sinergias.

Asimismo, se sugiere realizar investigaciones con extractos de llantén en concentraciones más elevadas para determinar si pueden potenciar su efecto en la inducción de raíces. Si bien el llantén al 3 % ha mostrado resultados favorables en comparación con el control, no ha logrado igualar la efectividad del regulador sintético. Evaluar dosis superiores permitiría establecer un rango óptimo de concentración que maximice su eficiencia en la reproducción asexual de ramillas de limón sutil. Además, estos estudios podrían extenderse a otras especies de interés agrícola para comprobar si el llantén mantiene su capacidad enraizante en distintos cultivos.

Por otro lado, se recomienda probar la aplicación de los extractos en dosis secuenciales durante un período de tiempo más prolongado que el desarrollado en este estudio. Esta metodología permitiría evaluar si una aplicación continua o en distintas fases del desarrollo inicial de las ramillas favorece una mejor respuesta en términos de enraizamiento y crecimiento. Además, se podrían analizar otras variables de interés, como la absorción de nutrientes y la resistencia de las ramillas a factores ambientales adversos, lo que contribuiría a un mejor entendimiento del impacto de los enraizantes naturales en la propagación del limón sutil.

Referencias

- Arévalo López, L., Vallejos Torres, G., y Gonzales Alegría, R. (2021). Manual práctico: desarrollo de tecnologías sostenibles del café con hongos micorrízicos arbusculares.
- Callupe Arzapalo, A. S., y Espinoza Arias, K. J. (2019). Uso de llantén (plantajo mayor) en el tratamiento de quemaduras de primer grado, en personas de 10 a 20 años–Paucartambo–Pasco–Marzo–Junio del 2018. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1041>
- Cañarte Bermúdez, E., y Navarrete Cedeño, J. B. (Octubre, 2019). Situación fitosanitaria de los cítricos en Ecuador. Memorias del II Simposio Internacional Producción Integrada de Frutas 2019. Quito, Ecuador: INIAP.
- Casas Niño, S. A. (2022). Efecto del ácido indolbutírico en el enraizamiento de estaquillas de *Eucalyptus grandis* x *urophylla*, distrito de Pangoa, Satipo, Perú.
- Cedeño Zambrano, I. S. (2023). Evaluación de cuatro técnicas de propagación por injertos en la producción de plantas de cacao criollo (*Theobroma cacao* L) (Doctoral dissertation). <https://repositorio.ulead.edu.ec/handle/123456789/4622>
- Duarte-Trujillo, A. S., Jiménez-Forero, J. A., Pineda-Insuasti, J., González-Trujillo, C. A., y García-Juárez, M. (2020). Extracción de sustancias bioactivas de *Pleurotus ostreatus* (Pleurotaceae) por maceración dinámica. *Acta biológica colombiana*, 25(1), 61-74. <https://doi.org/10.15446/abc.v25n1.72409>
- Egoavil Soto, C. M., y Yupanqui Mendoza, K. Y. (2023). Estudio de la producción de inulina por fermentación en extractos de alcachofa (*Cynara Scolymus*) y espárrago (*Asparagus officinalis*). <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/4291>
- Fernández-Cervantes, M., y Pérez Alonso, M. J. (2019). Investigando los remedios populares elaborados a partir de especies vegetales: infusión de ajeno ('*Artemisia absinthium* L.'). <https://doi.org/10.5209/bocm.66771>
- Gamarra Valenzuela, P. M. (2022). Principales tipos de injertos que se practican en plantas de cítricos, en Ecuador (Bachelor's thesis, Babahoyo: UTB, 2021).
- Garate, M; Paz, J; Delgado, H. (2020) Técnicas de propagación de cacao (*Theobroma cacao* L.) Ampliación y Mejoramiento de los Servicios de Apoyo al Desarrollo Productivo de la Cadena del Cacao a los Productores en la Región San Martín". (en línea) Consultado 12 enero. 2024.

- Garcia Orbe, R. (2022). Eficiencia del tiempo de inmersión de dos tipos de fitorreguladores en el enraizamiento de estaquillas de mandarina (*Citrus reticulata* var. Tango), en cámara de subirrigación.
- Giurfa Seijas, G. P. (2024). Efecto de tres fitorreguladores en el enraizamiento de esquejes de Guanabana (*Annona muricata* Lim.) en cámara de subirrigación en Pucallpa. (Tesis Ingeniería en Agronomía) Universidad Nacional de Ucayali. Recuperado de: <https://repositorio.unu.edu.pe/items/2d273dd4-f53d-40e2-856c-24bd07da53da>
- Guerrero-Díaz, RA, Pedraza-Correales, CD, y Olarte-Saavedra, EA (2023). Efecto de dos reguladores fisiológicos sobre la propagación asexual de uchuva (*Physalis peruviana* L.) en condiciones de invernadero. *Ciencia Y Agricultura*, 20 (2), 16572.
- Hammami, S., Debbabi, H., Jlassi, I., Joshi, R.K. Y Mokni, R. E, (2020). Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil from the aerial parts of *Plantago afra* L. (*Plantaginaceae*) growing wild in Tunisia. *South African Journal of Botany*, vol. 132, ISSN 02546299. DOI: 10.1016/j.sajb.2020.05.012
- Mamani, E. T. (2024). Propagación de estacas de higo (*Ficus carica* L.) bajo enraizadores naturales en distintos tiempos de sumersión. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 11(1), 47-56.
- Martín Vasallo, C. V., Pérez Rodríguez, Y., Castellanos González, L., y Soto González, B. (2017). Efectividad de extractos vegetales para el control de *Praticolella griseola* (Pfeiffer)(Gastropoda: Polygyridae). *Centro Agrícola*, 44(2), 68-74.
- Mendonça, S. M., de Carvalho Matos, D. J., Mendes, D. W., Cunha, M. L. O., y Rios, A. D. F. (2019). Desenvolvimento inicial de maracujazeiro-azedo sob distintas doses de tiamina em diferentes tipos de substratos. *Ipê Agronomic Journal*, 3(1), 37-46.
- Miranda Rea, L. E. (2022). Efecto de tres tipos de sustratos en la propagación asexual de aliso *Alnus acuminata*, Kunth en la fundación Inti Daquilema, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. Recuperado de: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/16103>
- Mirihagalla, M. K. P. N., y Fernando, K. M. C. (2020). Effect of Aloe vera Gel for Inducing Rooting of Stem Cuttings and Air layering of Plants.
- Pincay Tomalá, Wilson Eduardo (2021). Renovación de cultivo de limón de la asociación de producción agrícola y citricultores 1° de Mayo (Asopacima), en la comuna Barcelona, provincia de Santa Elena. *La Libertad*. UPSE, Matriz. Facultad de Ciencias Agrarias. 26p.

- Romero, F., Guaman, V. H. E., Yaguana, M., y Zaruma, D. G. (2023). Propagación sexual de *Tectona grandis* L., probando diferentes métodos de escarificación y sustratos. *Bosques Latitud Cero*, 13(2), 34-42. <https://doi.org/10.54753/blc.v13i2.1878>
- Ramirez Quispe, N. F. (2021). Formulación de extractos vegetales para el control de enfermedades agrícolas. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5091/ramirez-quispe-nadir-fiorella.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ramírez-Concepción, H. R., Castro-Velasco, L. N., y Martínez-Santiago, E. (2016). Efectos terapéuticos del ajo (*Allium sativum*). *Revista Salud y Administración*, 3(8), 39-47.
- Reyes J., Llerena-Ramos, L. T., Ramos-Remache, R. A., Ramírez-Arrebato, M. Á., Falcón-Rodríguez, A. B., Pincay-Ganchozo, R. A., y Rivas-García, T. (2021). Efecto del quitosano en la propagación vegetativa de cacao (*Theobroma cacao* L.) por esquejes. *Terra Latinoamericana*, 39. Recuperado de: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792021000100152&script=sci_arttext
- Sáenz Pérez, Criseida Alhelí, Hernández, Eduardo Osorio, Estrada Drouaillet, Benigno, Poot Poot, Wilberth Alfredo, Delgado Martínez, Rafael, y Herrera, Raúl Rodríguez. (2019). Principales enfermedades en cítricos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(7), 1653-1665. Epub 04 de diciembre de 2020.
- Sánchez Condori, L. (2023). Efecto de cinco enraizadores naturales en la propagación asexual de yuca (*Manihot esculenta* Crantz).
- Santillán-Fernández, A., Santiago-Santes, O. V., Espinosa-Grande, E., Huicab-Pech, Z. G., Larqué-Saavedra, F. A., y Bautista-Ortega, J. (2021). Propagación sexual y asexual de *Brosimum alicastrum* Swartz en Campeche, México. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 34(2), 105-116. <https://doi.org/10.17163/lgr.n34.2021.07>
- Saz Peiro, P. M., y Tejero Lainez, M. C. (2020). El ajo. *Allium sativum* (No. ART 2020-116195).
- Tinta Quispilema, K. E. (2022). Evaluación de extractos vegetales para el enraizamiento de Arrayán (*Luma apiculata*) y Álamo (*Populus alba*) mediante propagación por estacas (Bachelor's thesis).
- Vélez Zambrano, L. J., y Zambrano Pino, G. M. (2022). Propagación asexual en pitahaya roja (*Hylocereus Undatus*) y amarilla (*Selenicereus megalanthu*) en el valle del río carrizal

(Bachelor's thesis, Calceta: ESPAM MFL).

<http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1710>

Zurita Pullugando Stalin Fernando, (2020); “Propagación vegetativa de justicia spicigera mediante estacas embebidas en sustancias enraizantes en el cantón mejía”. UTC. La Maná. 77 p.

© 2025 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).