UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

EFECTO DE DIFERENTES SUSTRATOS ORGANICOS COMO ENRAIZADOR DE ACODO AEREO DE LIMON SUTIL (*Citrus aurantifolia*) – CAMPO VERDE.

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO AGRÓNOMO

LUCERO CAROLINA MORENO VARGAS

Pucallpa, Perú

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

ANEXO 4

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN O TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y escuchar la sustentación de la tesis, presentado por **Lucero Carolina Moreno Vargas,** denominada: **"Efecto de diferentes sustratos orgánicos como enraizador de acodo aéreo en el cultivo de limón sutil (*Citrus aurantifolia*) – Campo Verde"** para cumplir con el requisito de **TÍTULO PROFESIONAL**.

Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo, así como los conocimientos demostrados por la sustentante lo declaramos: APROBADO...POR...MAYORIA..... con el calificativo (*) ..16...(...DIECISEIS...)...

En consecuencia, queda en condición de ser considerado Apto por el Consejo Universitario y recibir el: Título de **INGENIERO AGRÓNOMO**, de conformidad con lo estipulado en Art. 10 del reglamento general de grados académicos, título profesional y título de segunda especialidad profesional de la Universidad Nacional de Ucayali.

Pucallpa, ..22..... de ...NOVIEMBRE..... de 2024.

M. Sc. Jorge Raúl García Cavalié Presidente	Dr. Roger Brayan Braga Sandoval Primer Miembro
M. Sc. María Adelaida Pilco Lozano Segundo Miembro	Dr. Fernando Pérez Leal Asesor

(*) De acuerdo con el Art. 21 del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, éstas deberán ser calificadas con términos de Sobresaliente, Aprobado por Unanimidad, Aprobado por Mayoría y Desaprobado.

Esta tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título de Ingeniero Agrónomo.

M. Sc. Jorge Raúl García Cavalié .....
PRESIDENTE

Dr. Roger Brayan Braga Sandoval .....
PRIMER MIEMBRO

M. Sc. María Adelaida Pilco Lozano .....
SEGUNDO MIEMBRO

Dr. Fernando Pérez Leal .....
ASESOR

Bach. Lucero Carolina Moreno Vargas .....
TESISTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº **V/0565-2024**.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"EFECTO DE DIFERENTES SUSTRATOS ORGÁNICOS COMO ENRAIZADOR DE ACODO AÉREO EN EL CULTIVO DE LIMÓN SUTIL (Citrus Aurantifolia) – CAMPO VERDE"

Autor(es)	:	**MORENO VARGAS , LUCERO CAROLINA**
Facultad	:	**CIENCIAS AGROPECUARIAS**
Escuela	:	**AGRONOMÍA**
Asesor(a)	:	**Dr. PEREZ LEAL FERNANDO**

Presenta un **porcentaje de similitud de 10%,** verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 16/10/2024

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, Lucero Carolina Moreno Vargas

Autor de la tesis titulada: "Efecto de diferentes sustratos orgánicos como enraizador de acodo aéreo en el cultivo de limón sutil (Citrus aurantifolia) - Campo Verde"

Sustentada el año 2024

Asesor(a): Fernando Pérez Leal

Facultad: Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional: Agronomía

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 13 / 05 / 2026

Email: morenovargas.lucero@gmail.com Firma:

Teléfono: 938951306 DNI: 76727758

www.repositorio.unu.edu.pe
repositorio@unu.edu.pe

DEDICATORIA

A Dios, por concederme la vida y bendecirme.

A mis Padres: Angela Maricia Vargas Theo y Julio Lenin Moreno Dávila, que han sido pilar fundamental en mi formación académica, por el apoyo a lo largo de mi vida, personas que siempre estuvieron en cada momento a mi lado, dándome la fuerza para lograr mis metas y sueños.

A mis hermanos: Angela Dolores Moreno Vargas, Grecia Maricia Moreno Vargas, Julio David Moreno Vargas, Jaime Lenin Moreno Jones por brindarme su ánimo y fuerza que me inculcaban a seguir adelante.

Agradecer a mis amistades por el apoyo brindado durante mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

A la universidad nacional de Ucayali por haber sido mi casa de estudio en realizar mi aspiración profesional.

A los docentes de la facultad de ciencias agropecuarias por compartir sus enseñanzas y valores que contribuyeron en mi formación profesional de ingeniero agrónomo.

A mi asesor Dr. Fernando Pérez Leal docente de la Universidad Nacional de Ucayali por su contribución y apoyo incondicional brindado al desarrollo de la presente investigación.

A cada una de las personas que aportaron directa o indirectamente durante el proceso y culminación del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN…… xii

ABSTRACT…….. xiii

INDICE DE TABLAS…… xiv

INDICE DE FIGURAS…… xvi

INTRODUCCION…….. 1

CAPITULO I. PLANTEAMIENO DEL PROBLEMA…… 2

1.1 Descripción y fundamento del problema ……..…….. 2

1.2 Formulación del problema……. 3

1.2.1 Problema general……..... 3

1.2.2 Problemas específicos…….. 3

1.3 Objetivos…….. 4

1.3.1 Objetivo general…… 4

1.3.2 Objetivos específicos…… 4

1.4 Hipótesis y/o sistema de hipótesis…….. 4

1.4.1 Hipótesis general…….. 4

1.4.2 Hipótesis específicas…… 4

1.5 Operacionalización de las variables…… 5

1.5.1 Variable independiente…… 5

1.5.2 Variable dependiente…… 5

1.6 Justificación e importancia…… 6

1.7 Viabilidad…….. 7

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO……. 8

2.1 Antecedentes del problema…….. 8

2.1.1 Antecedentes Internacionales…… 8

2.1.2 Antecedentes Nacional……. 10

2.1.3 Antecedentes Locales…… 11

2.2 Bases teóricas…… 12

2.2.1 Origen…….. 12

2.2.2. Taxonomía……. 13

2.2.3 Descripción morfológica…… 13

2.2.4 Condiciones edafoclimáticas……. 16

2.2.5 Generalidades de sustrato…… 18

2.2.6 Propagación Vegetativa (asexual)……. 20

2.3 Definiciones conceptuales……... 21

CAPITULO III. METODOLOGIA……. 24

3.1 Método de Investigación…….. 24

3.2 Tipo y nivel de investigación……. 24

3.3 Población y muestra…… 24

3.3.1 Población…….. 24

3.3.2 Muestra…….. 24

3.4 Componentes de estudio…… 25

3.5 Tratamientos en estudio…….. 25

3.6 Diseño experimental…….. 25

3.7 Materiales…… 26

3.8 Ejecución del experimento…… 28

3.8.1 Ubicación y duración del estudio…….. 28

3.8.2 Condiciones ambientales…… 28

3.8.3 Proceso experimental…….. 29

CAPITULO IV. RESULTADOS……. 31

4.1 Supervivencia de acodos …….. 31

4.2 Mortalidad de acodos …….. 32

4.3 Porcentajes de acodos con raíces ……. 34

4.4 Porcentajes de acodos sin raíces…….. 36

4.5 Volumen radicular en acodos……..... 39

4.6 Longitud de raíces en acodos ……. 41

CAPITULO V. DISCUSIONES ……. 44

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES…… 49

CAPÍTULO VII.RECOMENDACIONES…….. 51

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS…… 52

ANEXOS……. 57

ICONOFRAFÍA…… 62

RESUMEN

En el estudio titulado "Efecto de Diferentes Sustratos Orgánicos como Enraizador de Acodo Aéreo en el Cultivo de Limón Sutil (*Citrus aurantifolia)* – Campo Verde", tuvo como objetivo evaluar cuatro sustratos diferentes: tierra agrícola, humus de lupuna, humus comercial y arena de río, en términos de su impacto en el crecimiento y la viabilidad de los acodos de limón sutil. La investigación fue de tipo experimental, se llevará en el caserío Pampas Verde Km 24. La metodología incluyo la preparación y desinfección de sustratos, selección de plantas madres saludables, y realización de acodos mediante anillado. El diseño experimental es completamente al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, evaluando un total de 80 acodos. El análisis de varianza reveló diferencias significativas en la supervivencia de acodos aéreos en limón sutil, con un coeficiente de determinación (R^2) del 71.68% y un coeficiente de variación (CV) del 2.74%. Los tratamientos con humus de lupuna, humus comercial, y tierra agrícola alcanzaron un 100% de supervivencia, mientras que el tratamiento con arena de río mostró un 91% de supervivencia, siendo estadísticamente inferior. En cuanto a la mortalidad, el tratamiento con humus de lupuna presentó un 9% de mortalidad. En el desarrollo de raíces, se encontró que el 100% de los acodos en humus de lupuna, humus comercial y tierra agrícola enraizaron, mientras que solo el 90.01% lo hizo en arena de río, evidenciando diferencias significativas. Se concluye que los sustratos orgánicos, especialmente humus de lupuna y comercial, mejoran significativamente el enraizamiento de acodos en limón sutil.

Palabras claves: Acodo, enraizamiento, limón, sutil, sustratos, orgánicos.

ABSTRACT

In the study titled "Effect of Different Organic Substrates as Rooting Medium for Air Layering in the Cultivation of Key Lime (Citrus aurantifolia) – Pucallpa," the objective was to evaluate four different substrates: agricultural soil, lupuna humus, commercial humus, and river sand, in terms of their impact on the growth and viability of key lime air layers. The research was experimental in nature and conducted in the Pampas Verde settlement at Km 24. The methodology included the preparation and disinfection of substrates, selection of healthy mother plants, and air layering through girdling. The experimental design was completely randomized, with four treatments and four replications, evaluating a total of 80 air layers. The analysis of variance revealed significant differences in the survival of air layers in key lime, with a coefficient of determination (R^2) of 71.68% and a coefficient of variation (CV) of 2.74%. The treatments with lupuna humus, commercial humus, and agricultural soil achieved 100% survival, while the treatment with river sand showed a 91% survival rate, which was statistically lower. Regarding mortality, the treatment with lupuna humus presented a 9% mortality rate. In terms of root development, 100% of the air layers in lupuna humus, commercial humus, and agricultural soil rooted, while only 90.01% rooted in river sand, showing significant differences. It was concluded that organic substrates, particularly lupuna and commercial humus, significantly improve the rooting of air layers in key lime.

Keywords: Layering, subtle lemon, organic substrates

INDICE DE TABLAS

En el texto		**Pág.**
Tabla 1.	*Composición química del humus de lombriz*	18
Tabla 2.	*Análisis de variancia y grados de libertad*	26
Tabla 3.	*Evaluación del % de supervivencia en el cultivo de limón sutil (Citrus aurantifolia) -Campo Verde.*	31
Tabla 4.	*Evaluación del del % de mortandad en el cultivo de limón sutil (Citrus aurantifolia)-Campo Verde.*	33
Tabla 5.	*Evaluación del % de acodos con raíces en el cultivo de limón sutil (Citrus aurantifolia)-Campo Verde.*	35
Tabla 6.	*Evaluación del del % de acodos sin raíces en el cultivo de limón sutil (Citrus aurantifolia)-Campo Verde.*	39
Tabla 7.	*Evaluación del volumen de acodos en el cultivo de limón sutil (Citrus aurantifolia)-Campo Verde.*	40
Tabla 8.	*Evaluación de la longitud de acodos en el cultivo de limón sutil (Citrus aurantifolia)-Campo Verde*	41

INDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. *Distribución de los tratamientos y repeticiones* 26

Figura 2. *Supervivencia de acodos en el cultivo de limón sutil (Citrus aurantifolia)-campo verde*…….. 33

Figura 3. *Mortandad de acodos en el cultivo de limón sutil (Citrus aurantifolia)- Campo verde*…….. 35

Figura 4. *Porcentaje de acodos con raíces en el cultivo de limón sutil (Citrus aurantifolia)- Campo Verde*…….. 37

Figura 5. *Porcentaje de acodos sin raíces en el cultivo de limón sutil (Citrus aurantifolia)- Campo Verde*…… 39

Figura 6. *Volumen de acodos en el cultivo de limón sutil (Citrus aurantifolia)-Campo Verde*…….. 41

Figura 7. *Fluctuación la longitud de acodos en el cultivo de limón sutil (Citrus aurantifolia)- Campo Verde*…….. 43

Figura 8. *Aplicación de técnica de acodo aéreo en limón sutil.* 63

Figura 9. *Vista general de las raíces de un acodo aéreo de 15 días en limón sutil*…….. 63

Figura 10. *Vista general de las raíces de un acodo aéreo de 30 días en limón sutil*…….. 64

Figura 11. *Vista general de los acodos aéreos del T1 y sus repeticiones*…….. 64

Figura 12. *Vista general de las raíces de los acodos aéreos del T1 y sus repeticiones*…… 65

Figura 13. *Vista general del volumen de las raíces de los acodos aéreos del T1 y sus repeticiones*…….. 65

Figura 14. *Vista general de las raíces sin sustrato en limón sutil* 66

Figura 15. *Vista general de los acodos aéreos del T2 y sus repeticiones*…….. 66

Figura 16. *Vista general de las raíces de los acodos aéreos del T2 en limón sutil*…….. 67

Figura 17. *Vista general de las raíces de T2 sin sustrato en limón sutil*…….. 67

Figura 18. *Vista general de las raíces de T3 sin sustrato en limón sutil*…….. 68

Figura 19. *Vista general de las raíces de los acodos aéreos del T3 en limón sutil*…… 68

Figura 20 *Vista general del volumen de las raíces de los acodos aéreos del T3 y sus repeticiones*…….. 69

Figura 21. *Vista general de los acodos aéreos del T4 y sus repeticiones*…….. 69

Figura 22. *Vista general del volumen de las raíces de los acodos aéreos del T4 y sus repeticiones*…….. 70

Figura 23. *Vista general del T4 de las raíces sin sustrato en limón sutil*…….. 70

Figura 24. *Sustrato comercial para acodos aéreos en limón sutil*…… 71

Figura 25. *Vista general del humus de lupuna*…….…. 71

Figura 26. *Vista general del sustrato de arena*…….. 72

Figura 27. *Vista general del sustrato de tierra agrícola*…….. 72

Figura 28. *Vista general de los materiales utilizados para realizar los acodos aéreos*…… 73

Figura 29. *Vista general del asesor con la tesista y sus jurados en la inspección de la investigación*…… 73

INTRODUCCION.

La Amazonía Peruana, con su vasto territorio, concentra la producción agrícola en áreas cercanas a carreteras y ríos, donde el cultivo de limón regional se realiza comúnmente mediante la propagación sexual a través de semilla botánica. Sin embargo, este método presenta limitaciones, como una mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades, y una vida fisiológica más corta, lo que resulta en menor productividad (Mamani 2011). Por esta razón, la propagación asexual, particularmente mediante acodos, cobra relevancia como una técnica para mejorar la productividad. Esta técnica permite obtener nuevas plantas sin dañar a la planta madre, manteniendo sus características genéticas.

La incorporación de sustratos orgánicos adecuados es crucial para lograr un buen enraizamiento, lo que a su vez es esencial para satisfacer la creciente demanda del mercado. Además, el uso de sustratos orgánicos, como el humus de lupuna y el humus comercial, ofrece una alternativa ecológica a los productos químicos, contribuyendo al equilibrio ambiental y reduciendo los impactos negativos en el ecosistema.

En este contexto, el presente estudio busca desarrollar metodologías eficientes para determinar la respuesta de diferentes sustratos orgánicos como enraizadores en el cultivo de limón sutil, utilizando específicamente humus de lupuna y humus comercial. Este enfoque no solo busca mejorar la productividad del cultivo, sino también promover prácticas agrícolas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción y fundamento del problema

La Amazonía Peruana tiene un territorio muy amplio, donde la producción agrícola se concentra en los márgenes de carreteras y ríos, instalándose cultivos de limón regional, mediante la propagación sexual, a través de semilla botánica, utilizado por los agricultores, pero estas cuentan con algunas deficiencias de sensibilidad al mayor ataque de plagas y enfermedades en su desarrollo con menos años de vida fisiológica haciendolas menos productivas,demanera que la propagación asexual puede cobrar relevancia utilizando acodos para su propagacion de plantas nuevas, de tal manera para lograr esta propagacion es necesario contar con sutraros organicos que beneficie al enraizamito (Mamani 2011).

El limon sutil es una fruta consumida por toda la población de la Region de Ucayali, sin embargo los problemas en la propagación vegetativa de plantas por vía asexual mediante el uso de acodos se hace limitante debido a que no se conoce el uso adecuado de sustratos enraizadores y el manejo de estas fuentes organicas necesaria que se deben utilizar para lograr un buen enraizado (Mesen 2015).

Mediante la propagación asexual utilizando acodos implica no dañar a la planta madre en la obtención de plantas nuevas, de tal manera estas actividades debes ser mas practicadas para satisfacer las necesidades de los agricultores enfocando a la produción de mas areas que apliquen sustratos organicos en la

propagación de acodos, así tener una base tecnologia amigable con el medio ambiente.

De acuerdo a las condiciones establecidas en cada area se utilizan diversos enraizantes ya sean quimicos u organicos, estos pueden llegar a ser eficientes si son utilizados de forma correcta, en proyecto de investigación se probará el uso de sustratos organicos para el enraizamito de acodos en el cultivo de limón sutil, ya que este es un metodo de multiplicaión natural y sea una planta identica.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál será el efecto de diferentes sustratos orgánicos en el enraizamiento de acodos en el cultivo de limón sutil *(Citrus aurantifolia*)-Campo Verde?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál será el efecto del humus *de lupuna (Ceiba pentandra)* comoenraizador de acodo en el cultivo de limón sutil *(Citrus aurantifolia*)-Campo Verde?
- ¿Cuál será el efecto del humus comercial como enraizador de acodo en el cultivo de limón sutil (*Citrus aurantifolia)-Campo Verde*?
- ¿Cuál será el efecto de arena de rio como enraizador de acodo en el cultivo de limón sutil *(Citrus aurantifolia*)-Campo Verde?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Determinar el efecto de diferentes sustratos orgánicos en el enraizamiento de acodos en el cultivo de limón sutil *(Citrus aurantifolia*)-Campo Verde.

1.3.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto del humus de *lupuna (Ceiba pentandra)* como enraizador de acodo en el cultivo de limón sutil (Citrus aurantifolia)-Campo Verde.
- Evaluar el efecto del humus comercial como enraizador de acodo en el cultivo de limón sutil (*Citrus aurantifolia)*-Campo Verde.
- Evaluar la respuesta del sustrato de arena de rio como enraizador de acodo en el cultivo de limón sutil *(Citrus aurantifolia)*-Campo Verde.

1.4 Hipótesis y/o sistemas de hipótesis

1.4.1 Hipótesis general

Los diferentes sustratos tendrán un efecto significativo en el enraizamiento de acodos en el cultivo de limón sutil *(Citrus aurantifolia)*-Campo Verde.

1.4.2 Hipótesis específicas

- Con la aplicación del sustrato de humus de lupuna; este influenciara de manera positiva en el enraizamiento de acodo en el cultivo del limón sutil (*Citrus aurantifolia*)-Campo Verde.

- Con la aplicación del sustrato de humus comercial; este influenciara de manera positiva en el enraizamiento de acodo en el cultivo del limón sutil (*Citrus aurantifolia*)-Campo Verde.

- Con la aplicación del sustrato de arena de rio; este influenciara de manera positiva en el enraizamiento de acodo en el cultivo del limón sutil (*Citrus aurantifolia)*-Campo Verde.

1.5 Operacionalización de las variables

1.5.1 Variable independiente

- Sustratos
- Tierra Agrícola
- Humus de lupuna
- Humus de comercial
- Arena de rio

1.5.1.2 Tratamientos.

- Tratamiento 1: ½ L Tierra agrícola
- Tratamiento 2: ½ L Humus de lupuna
- Tratamiento 3: ½ L Humus comercial
- Tratamiento 4: ½ L Arena de rio

1.5.2 Variable dependiente

Crecimiento:

- Porcentaje de acodos enraizados

- Porcentaje de sobrevivencia
- Volumen de raíces
- longitud de raíces

1.6 Justificación e importancia

La presente investigación se fundamenta en la necesidad crítica de mejorar la productividad del limón sutil en la Amazonía peruana, superando las limitaciones de la propagación tradicional por semilla. Actualmente, este método sexual genera cultivos con una vida productiva reducida y una alta vulnerabilidad ante plagas y enfermedades; frente a esto, la técnica de acodo aéreo surge como una solución estratégica, ya que permite obtener nuevas plantas que conservan íntegramente las características genéticas de la planta madre, garantizando la calidad del cultivo sin comprometer la salud del ejemplar original.

Asimismo, el estudio destaca por su enfoque en la sostenibilidad ambiental al proponer el uso de sustratos orgánicos, específicamente el humus de lupuna *(Ceiba pentandra),* como una alternativa ecológica frente a los fertilizantes químicos. Esta propuesta no solo optimiza el enraizamiento y desarrollo de las plantas, sino que también minimiza el impacto negativo en el ecosistema amazónico. De este modo, la investigación promueve prácticas agrícolas responsables que equilibran la eficiencia técnica con la conservación de los recursos naturales de la región.

1.7 Viabilidad

La viabilidad técnica de este proyecto se sustenta en la eficacia comprobada de la metodología de acodo aéreo, la cual se presenta como un procedimiento simple, seguro y altamente efectivo para estimular el desarrollo radicular antes de la separación de la planta madre, en la investigación la operatividad de esta técnica al alcanzar un 100% de supervivencia y enraizamiento utilizando diversos sustratos. Los resultados estadísticos respaldan esta solidez, destacando especialmente el uso del humus de lupuna, el cual mostró una eficacia superior al generar un volumen radicular de 22.20 cm^3 y una longitud promedio de 13.50 cm, consolidándose como una opción técnica de alto rendimiento para la propagación del limón sutil.

Asimismo, la viabilidad operativa se garantiza mediante la accesibilidad y disponibilidad de los insumos necesarios en la región de Pucallpa y Campo Verde, el empleo de materiales locales, tales como tierra agrícola, arena de río y humus de lupuna, asegura que la propuesta sea replicable y económica para los agricultores de la zona, esta combinación de materiales de bajo costo y fácil obtención con una metodología de éxito probado demuestra que el proyecto no solo es científicamente válido, sino también plenamente ejecutable en el contexto geográfico y socioeconómico de la Amazonía peruana.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema.

2.1.1. Antecedentes Internacionales

En Ecuador, Wong (2023) en su investigación titulada “Evaluación de enraizantes en sustratos para la propagación de esquejes de café (*Coffea canephora* L.); se realizó en el cantón Santa Rosa, de la provincia de El Oro. Los objetivos propuestos fueron: establecer el porcentaje de prendimiento de los esquejes y determinar el mejor tratamiento para el desarrollo de raíces. Se aplicó un diseño de bloques al Azar con un arreglo factorial de 3 x 2 y 4 repeticiones. Los tres tipos de enraizadores presentaron efecto positivo en el prendimiento de los esquejes, donde se evidenció un alto porcentaje de prendimiento mayor al 72,75%. El Tratamiento 3 (Suelo arenoso % + Humus de lombriz 50% + Raizoot) obtuvo el mejor porcentaje de esquejes prendidos. El Tratamiento 3 (Suelo arenoso % + Humus de lombriz 50% + Raizoot) presentó el mejor desarrollo en cuanto a longitud y peso de las raíces, siendo igual en el número de yemas brotadas. Se recomienda Densificar la reproducción de plántulas, por métodos asexuales.

Según López (2021), en su investigación determino la capacidad de enraizamiento en la reproducción de guayaba por acodo mediante la aplicación de sustancias naturales que fomentan callos y raíces. Se implemento un Diseño Completamente al Azar. Los resultados muestran que la formación de callos fue significativa del día 23 de llevar a cabo el acodo para los tratamientos con Coco

(T^2), Frijol (T^3) y Sábila (T^4). El número de hojas del T^2 tuvo un más número hojas (12) a los 23 días DDA (12.00 hojas). Con respeto a las variables de crecimiento de raíz, el tratamiento T^3 (69.80 raíces/planta) similar a T^4 (49.20 raíces/planta), para la variable diámetro de raíz a planta se obtuvo los mejores resultados de los tratamientos T^3 (1.73 mm) y del T^4 (1.88 mm), mientras en la longitud de raíz, los tratamientos T^1 (7.35 cm), T^2 (7.21 cm), T^3 (7.14 cm), y T^4 (5.83 cm) tuvieron buenos resultados, finalmente en términos de peso seco, el tratamiento T3 resulto ser el más eficaz con (1.39 peso seco).los tratamientos T3 y T4, tras ser trasplantados y colocados en bolsas durante la fase de vivero, demostraron una sobrevivencia de 100 y 83 % respectivamente, En cuanto a la variable la cantidad de brotes y longitud, los tratamientos T1, T2 y T4 exhibieron valores superiores en comparación con los demás .

En la investigación de Lazcano et al. (2021), que lleva como objetivo comparar la eficacia de cuatro sustratos combinados con dos concentraciones de solución nutritiva Steiner y un enraizador para la producción de plántulas de jitomate en invernadero, con el fin de identificar las mejores condiciones de sustrato y nutrición. La investigación se llevó a cabo utilizando un método cuantitativo y metodológico aplicado. Las conclusiones indican que los sustratos más efectivos para producir plántulas de jitomate fueron el peat moss y la arena de tezontle, siendo esta última una opción viable y local. No hubo variaciones notables entre las dos concentraciones de solución nutritiva Steiner, aunque la concentración al 100% presentó resultados superiores. Además, el enraizador no tuvo un efecto notable en la calidad de las plántulas, razón por la cual se considera insuficiente su utilización

Nachtigal y Fachinello (1995), en su investigación que tiene como objetivo el efecto de los sustratos y del ácido indolbutirico en el enraizamieno de esquejes de araçazeiro (*Psidium cattleyanum* Sabine), se centraron en evaluar el impacto de distintos sustratos y del ácido indolbutírico (AIB) en la consolidación de esquejes de araçazeiro. el método empleado en su investigación fue tanto de naturaleza cuantitativa como experimental. Se estableció que la profundidad de los esquejes esta sujeta al tipo de sustrato y al uso de AIB. La mezcla más apropiada fue de vermiculita y ceniza, y finalmente solo la arena. El nivel ideal de AIB se situó en 4000 ppm, lo que resultado en un 58.5% de enraizamiento.

2.1.2. Antecedentes Nacional

Por otro lado, Arias (2023) investigo la propagación por acodo aéreo de plantas de laurel (Laurus nobilis) en diferentes concentraciones de auxinas en diferentes sustratos. Las variables estudiadas fueron enraizamiento (%), encallado, cantidad, longitud de raíces y porcentaje de prendimiento. La metodología estadística empleada fue una factorial 3 x 7 (sustratos y hormonas en distintos niveles), con 21 tratamientos y 3 repeticiones, resultando en 63 unidades experimentales. Los hallazgos de la investigación indicaron que, al no existir una diferencia significativa entre sustratos evaluados en términos de costos, el aserrín es el más adecuado para la elaboración de plantines de laurel mediante acodo aéreo en la región de Paucarpata, Arequipa-Perú, logrando de esta manera un porcentaje de rendimiento y enraizado que supere el 86%.Para el tamaño de las raíces, ANA a 2500 ppm proporcionó un promedio de 40.78 raíces, mientras que AIA a 2500 y 5000 ppm, así como ANA a 2500 ppm, proporcionó un promedio de 11.78 a 12.33 cm. Para el índice de rentabilidad,

teniendo en consideración que el porcentaje de prendimiento de 99.05 %, el que tuvo mejor resultado fue el de aserrín 74.17%.

Ysuiza (2023) estudio dosis de biostimulante en el crecimiento de injerto de cítricos. Se utilizo el diseño completo al azar. Los tratamientos estuvieron situados por mezcla de tres especies de cítricos y 4 dosis de 0, 2, 4 y 6 L/200 L. los resultados muestran que la dosis de 6L/200L de bioestimulante (nutrifull balance), Se estableció un aumento en la altura, diámetro y cantidad de hojas en los injertos de la especie limón sutil. Se estableció que la naranja valencia posee el mayor porcentaje de clorofila, el diámetro del tallo, el volumen de la raíz y la materia seca en las plantas madres injertadas. La especie Naranja Valencia y la dosis de 6 L/200 L de bioestimulante (nutrifull balance) resultaron y las dosis más adecuadas. Las terapias T2 (naranja Valencia con 2 L/200 L de bioestimulante), T6 (limón sutil con 2 L/200 L de bioestimulante) y T10 (mandarina río de oro con 2 L/200 L de bioestimulante).

2.1.3. Antecedentes locales

Santos (2022) nos menciona en su investigación que lleva como investigación del enraizamiento de Citrus aurantifolia (limón regional) utilizando diversas dosis de hormona natural en Yarinacocha – Ucayali. Empleando un diseño (DCA) con los tratamientos (6) y (3) repeticiones, 18 unidades experimentales (T^1 = sin HN, testigo; T^2 = 4% HN / litro agua; T^3 = 8% HN / litro agua; T4 = 12% HN / litro agua; T5 = 16% HN / litro agua; T6 = 20% HN / litro agua; cada planta experimental de 10 unidades de plantas, lo que resulta en un total de 180 unidades. Se obtuvo como resultados: los esquejes se enraizaron en un periodo de 12 días en el T^5 (16% de HN / litro agua); mayor número de

raíces de 26 en el T^5 (16% de HN / litro agua); mayor longitud de raíces de 35.67 cm en el T^5 (16% de HN / litro agua); mayor número de hojas de 34 unidades en el T^5 (16% de HN / litro agua); mayor longitud de hojas de 10.67 cm en el T^5 (16% de HN / litro agua), concluyendo que el tratamiento con mejor resultados es fue el T^5 (16% de HN / litro agua) en comparación con otros tratamientos que fueron de mayor tiempo para enraizar y tener un tamaño y cantidad reducidos de raíces y hojas. Por lo tanto, el uso de la Hormona Natural (HN) de manzana fomento el enraizamiento de los esquejes de Citrus aurantifolia (limón regional), se consiguió la propagación de plantas nuevas, saludables y bien estructuradas en un corto periodo de tiempo.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Origen

Los cítricos tienen un origen que se remonta a unos veinte millones de años, en la era terciaria. Aunque las variedades de esa época eran bastante distintas a las naranjas dulces que conocemos hoy, estos frutos han sido cultivados durante más de 4,000 años. Los primeros pobladores los cultivaron mucho antes de que llegaran a Europa, a donde fueron introducidos por los primeros viajeros, atraídos por la apariencia de sus frutos y flores. Las numerosas especies del género Citrus tienen su origen en las zonas tropicales y subtropicales de Asia y el archipiélago malayo. Se asocia comúnmente su origen con el sudeste de Asia, cubriendo una región que va desde el este de Arabia y Filipinas hasta el Himalaya, extendiéndose hacia el sur hasta Indonesia (Morin 2018 citado por Periche 2023).

2.2.2. Taxonomía

El limón sutil se clasifica de la siguiente manera (Chumacero 2018):

- Reino: Vegetal
- Subreino: Fanerogama
- División: Traqueofitas
- Subdivisión: Angiosperma
- Clase: Dicotiledóneas
- Orden: Rutales (Therembetales)
- Suborden: Rutineae
- Familia: Rutaceae
- Subfamilia: Citroidea (Aurantoidea)
- Género: Citrus
- Especie: Citrus aurantifolia Swingle
- Nombre común : Limón sutil, limón peruano, lima ácida, limón criollo o limón de pica.

2.2.3. Descripción morfológica

En términos de morfología, Rojas (2018) describe las siguientes características:

2.2.3.1. Árbol

El limón es un árbol frutal perennifolio que puede alcanzar entre 6 y 7 metros de altura, con numerosas ramas que poseen espinas duras y gruesas, y una copa amplia y redondeada. (Rojas 2018)

2.2.3.2. Hoja

Las hojas del limón son simples y de color verde pálido, con formas que varían desde oblongas hasta elíptico-ovadas, con un tamaño que oscila entre 2.5 y 9 cm de largo y 1.5 a 5.5 cm de ancho. Estas hojas tienen una punta corta y obtusa, y un margen aserrado-dentado. Las hojas jóvenes se distinguen por su color rojizo. (Rojas 2018)

2.2.3.3 Flores

Las flores del limón son pequeñas, de color blanco, y se agrupan en las axilas en números que van de una a siete flores, presentando estambres largos cuando están completamente abiertas. Cada flor mide entre 1.5 y 2.5 cm de diámetro, tiene un color crema y es fragante. La floración ocurre durante todo el año, con mayor intensidad en primavera. (Rojas 2018)

2.2.3.4 Fruto

El fruto del limón tiene una forma que puede ser oblonga u ovalada, con un tamaño que varía entre 7 y 12 cm de largo. Durante su desarrollo, el fruto es de color verde oscuro, cambiando a verde claro o amarillo a medida que madura. Tiene lóculos con pulpa finamente granulada, de color amarillento verdoso pálido, muy ácido y aromático. El tiempo de desarrollo del fruto depende de las condiciones climáticas, y puede durar entre 90 y 120 días después de la

floración. El limón se compone de tres partes: el flavedo o exocarpio, el albedo o mesocarpio, y el endocarpio. El flavedo es una capa delgada que cambia de verde a amarillo durante la maduración, y tiene un aroma fuerte debido a los compuestos terpénicos. El albedo es la parte blanca que contiene pectinas, lo que da firmeza a la corteza, aunque tiende a degradarse durante la maduración, razón por la cual los cítricos se cosechan en estado inmaduro para obtener más pectina. El endocarpio está compuesto por la pulpa que contiene vesículas de jugo, y está dividido por el *séptum* en 10-14 gajos, cada uno con aproximadamente 10 semillas alrededor del eje central. (Rojas 2018)

2.2.3.5 Semillas

Las semillas son pequeñas, de forma ovalada y puntiaguda, y pueden ser altamente poliembriónicas, lo que significa que pueden producir dos o más plantas por semilla. (Rojas 2018)

2.2.3.6 Raíz

Las raíces del limón se extienden bajo tierra de manera similar a la estructura de las ramas sobre el suelo. Las raíces principales son laterales y leñosas, de las cuales crecen pequeñas raíces fibrosas que extraen nutrientes y humedad del suelo. En su madurez, las raíces pueden alcanzar una profundidad de hasta 5 metros, aunque el 50% de ellas se encuentran a una profundidad de entre 30 y 76 cm. En suelos arcillosos duros, el 75% de las raíces puede estar en los primeros 30 cm. Las raíces son sensibles a la temperatura y la humedad, y un sistema radicular poco profundo no favorece la salud del árbol. (Rojas 2018).

2.2.4. Condiciones edafoclimáticas

Murillo (2021) menciona que el limón sutil requiere ciertas condiciones edafoclimáticas para un crecimiento óptimo, entre las cuales se incluyen:

2.2.4.1. Suelos

Murillo señala que los cítricos crecen mejor en suelos francos arenosos y profundos, siempre que la luz, temperatura, elementos minerales y agua no sean limitantes. Los suelos impermeables y muy arcillosos dificultan su crecimiento. Si la proporción de arcilla supera el 50%, el crecimiento radicular se ve restringido. Además, suelos ricos en materia orgánica pueden tener un exceso de nitrógeno, lo cual afecta la calidad del fruto al producir una corteza gruesa y rugosa, menos jugo y un retraso en la maduración. (Murillo 2021)

2.2.4.2 pH

Para corregir deficiencias de hierro en suelos ácidos (pH <6.5), Murillo sugiere aplicar sales de hierro, mientras que, para suelos básicos, los quelatos de hierro son más eficaces. En suelos con pH elevado (8), las deficiencias de hierro y fósforo son comunes. La clorosis férrica en cultivos es causada por una insuficiente absorción de hierro, que se reduce en disponibilidad con cada unidad de aumento del pH (entre 4 y 9) hasta 1000 veces, lo cual es problemático en suelos calcáreos. (Murillo 2021).

2.2.4.3 Temperatura

Una temperatura del suelo por debajo de 12 °C o la sequía pueden llevar a la planta a un estado de latencia, aunque si las condiciones mejoran, la planta brota nuevamente. La brotación de yemas no necesita frío, y las bajas temperaturas del aire aceleran la brotación de yemas inhibidas. Aumentar la temperatura de las raíces incrementa el transporte de citoquininas y giberelinas, pero reduce el transporte de la raíz a la parte aérea. El limón se cultiva en regiones tropicales y subtropicales, con temperaturas favorables entre 10ºC y 24ºC. Temperaturas superiores a 35ºC pueden causar trastornos vegetativos y acelerar la maduración de los frutos, mientras que temperaturas inferiores a 12ºC afectan el crecimiento vegetativo. En la región de Piura, con temperaturas promedio entre 24 y 25ºC, se logra una buena producción y calidad. (Murillo 2021)

2.2.4.4 Humedad Relativa

La humedad relativa también influye en la calidad de la fruta, siendo ideal un rango entre 40 y 70%. Una humedad alta puede favorecer el desarrollo de enfermedades fúngicas. Además, los cítricos, incluyendo el limón sutil, requieren alta luminosidad, por lo que se deben realizar podas en los cercos o cortinas en los campos de cultivo. (Murillo 2021)

2.2.4.5 Precipitación Pluvial

Durante el desarrollo del fruto, es fundamental un suministro adecuado de agua. Se prefiere una precipitación anual de entre 400 y 1200 mm para la planta. (Murillo 2021)

2.2.5. Generalidades de sustrato

Los sustratos son materiales ampliamente utilizados en cultivos de invernadero.. Los sustratos tienen la capacidad de retener agua y nutrientes, permiten el intercambio de gases, y sirven como anclaje para el sistema radicular de las plantas (Promix 2023).

2.2.5.1 Humus de lombriz

El humus se obtiene de restos orgánicos, como residuos vegetales y estiércol, que son compostados por lombrices, generalmente Eisenia foetida o lombriz californiana. Estas lombrices se reproducen rápidamente y transforman los abonos orgánicos en humus. El material alimenticio de las lombrices, una mezcla de materiales vegetales y excremento animal, se somete a compostaje durante 3 a 5 meses. Este proceso controlado de descomposición aeróbica requiere una correcta aireación y humedad, y es llevado a cabo por bacterias y hongos. El compostaje proporciona nutrición a las lombrices, resultando en la formación de un humus estable en 8 a 10 meses (Morales 2020 p. 20).

Tabla 1

Composición química del humus de lombriz

DESCRIPCIÓN	Contenido en (%)
Humedad	30-60%
pH	7.2-8%

Nitrógeno	1-2.6%
Fosforo	2-8%
Potasio	1-2.5%
Calcio	22-8%
Magnesio	1-2.5%
Materia orgánica	30-70%
Ácidos Fúlvicos	14-30%
Ácidos Húmicos	2.8-5.8%
Hierro	0.02%
Manganeso	0.01%
Cobre	10-11%
Relación C/N	10-11%

Fuente: (Vera 2015)

2.2.5.2 Suelo agrícola

Estos suelos se caracterizan por tener una estructura excelente y baja compactación, lo que asegura un funcionamiento equilibrado. Un alto contenido de materia orgánica en estos suelos favorece una mejor provisión de nutrientes, incrementa la capacidad de intercambio catiónico y brinda energía para la actividad de los microorganismos (Unlp 2020).

2.2.5.3 Arena

La arena óptima tiene un diámetro de entre 0,5 y 2 mm. Posee una capacidad moderada de retención de agua y, con el tiempo, pierde parte de su capacidad para retener aire debido al proceso de compactación (Sembralia 2021). Según Marquez (2017), la arena es un buen medio para el enraizamiento de esquejes, aunque es inconsistente, carece de nutrientes, es muy ligera y pierde rápidamente humedad debido a su alta permeabilidad. Para que la brotación de yemas en las estacas sea exitosa, se deben cumplir tres condiciones esenciales: calor, humedad y aire; la ausencia de cualquiera de estas condiciones o su presencia en proporciones incorrectas impide la brotación.

2.2.5.4 Aserrín

El aserrín es un subproducto del proceso de aserrado de madera y se caracteriza por su alta consistencia y densidad anhidra, la cual suele ser de 0,3891 gr/cm³ (Garzón, Montenegro, y López 2005, citado por Daza 2015).

2.2.6. Propagación Vegetativa (asexual)

La propagación asexual se basa en reproducir individuos a partir de partes vegetativas de las plantas, aprovechando la capacidad regenerativa de estos órganos. Las porciones de tallo pueden desarrollar nuevas raíces y las partes de la raíz pueden regenerar un nuevo tallo (Delgado & Hoyos 2016, citado por Catillo 2023).

2.2.6.1. Propagación por acodos

El método de acodo consiste en colocar una parte de la planta en condiciones favorables para que desarrolle raíces, siendo una técnica simple y segura para estimular el lanzamiento de las raíces en ramas o brotes antes de ser separadas de la planta madre vegetal. Las raíces formadas en un acodo provienen de meristemos existentes, donde inicia una actividad seguida de desdiferenciación celular y reorganización, o bien de islotes meristemáticos, que se diferencian y originan un meristemo radical para el desarrollo de raíces. Los acodos aéreos se desprenden tras la formación del callo y se enraízan en camas. Aunque existen varias técnicas de acodo, las más relevantes son: acodo aéreo, acodo de punta, acodo subterráneo y acodo de cepa. El interés por el acodo ha disminuido debido al avance en técnicas de estacas y el uso de auxinas (Rojas García & Alarcón 2004, citado por Montejo 2020). La técnica de acodo aéreo se utiliza para enraizar especies arbóreas o arbustivas con dificultades de enraizamiento, permitiendo que una rama o tallo forme raíces sin desvincularse de la planta madre (Iman y Melchor 2009).

2.3. Definiciones conceptuales

- **Sustratos orgánicos**

  Los sustratos aquel material de origen natural, ya sea biológico o subproducto de actividades agroindustriales, que sirve de soporte físico para el anclaje de las raíces y proporciona un entorno adecuado para el desarrollo vegetal, permitiendo el intercambio de gases y la retención

de humedad. Según Abad et al. (2001), estos materiales se caracterizan por su porosidad y capacidad de intercambio catiónico, siendo fundamentales en la producción de cultivos sin suelo para garantizar que la planta reciba el oxígeno y los nutrientes necesarios de forma eficiente.

- **Acodos aéreos**

  El acodado es un método de propagación en el cual se provoca la formación de raíces en un tallo que está todavía unido a la planta madre. El tallo enraizado (acodado) se separa después para que se convierta en una planta nueva que crece sobre sus propias raíces. (Hartmann y Kester 2011).

- **Enraizamiento**

  Enraizamiento depende de la capacidad de las células de desdiferenciarse y volver a un estado meristemático, proceso que es activado principalmente por el transporte polar de auxinas hacia la base del tallo (Azcon et al.2008).

- **Limón sutil**

  cultivo del limón sutil en el Perú representa una actividad agrícola de gran importancia socioeconómica, especialmente en los valles de Piura, debido a su adaptación a las condiciones edafoclimáticas de la zona y su alta demanda para el consumo directo y la industria alimentaria (Inia 2018).

- **Humus de lupuna**

Los desechos provenientes de actividades forestales cumplen una función relevante en el equilibrio ecológico y en la conservación de los sistemas forestales y agrícolas, ya que contribuyen al mantenimiento de la fertilidad del suelo. Su aporte de materia orgánica y sus características estructurales favorecen la reducción de procesos como la erosión, la sedimentación y las inundaciones. En el caso del humus de lupuna, este actúa como una fuente orgánica que optimiza la estructura del suelo, aumenta la capacidad de intercambio catiónico y regula la disponibilidad de nitrógeno durante el proceso de mineralización. No obstante, debido a su baja densidad, la materia orgánica es más vulnerable a ser arrastrada por la erosión en comparación con otros componentes del suelo (López, 2013).

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

Los principales enfoques empleados en este estudio de investigación fueron los métodos cuantitativos, descripciones estadísticas, análisis de datos y razonamiento inductivo.

3.2. Tipo y nivel de investigación

La investigación fue de tipo experimental, observacional y comparativo, ya que se ejecutó bajo los principios básicos del experimento, con el fin de contrastar la respuesta de diferentes sustratos orgánicos como enraizadores en el acodo del cultivo de limón sutil (*Citrus aurantifolia*). Todo ello se llevó a cabo con el fin de establecer la veracidad de la hipótesis realizada. La investigación se realizó en las instalaciones de la Universidad Nacional de Ucayali, en un área productiva, y tuvo una duración aproximada de 5 meses.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población estuvo compuesta por 160 acodos de limón sutil, provenientes de 4 tratamientos y 4 repeticiones, sumando un total de 16 unidades experimentales, con 10 acodos realizados por unidad experimental

3.3.2. Muestra

Según los cálculos, se determinó una muestra de 80 acodos de limón sutil, lo cual fue suficiente para obtener un resultado confiable. Por ello, se evaluaron 5 acodos netos de cada unidad experimental, lo que dio un total de 80 acodos, representando un 50 % de presión de muestreo.

3.4. Componentes de estudio

- Plantación de limón sutíl
- Diferentes sustratos
- Crecimiento
- Indicadores (Longitud de raíz, volumen de raíz, % de acodos enraizados).

3.5. Tratamiento en estudio

Tratamiento 1: ½ L Tierra agrícola

Tratamiento 2: ½ L Humus de lupuna

Tratamiento 3: ½ L Humus comercial

Tratamiento 4: ½ L Arena de rio

3.6. Diseño experimental

Diseño Completos al Azar (DCA), con 4 tratamientos y 4 repeticiones, totalizando 16 unidades experimentales, cada unidad experimental contará con 10 acodos y se obtendrá 160 acodos de limón sutil. Los promedios de los tratamientos serán sometidos a la prueba TUKEY α 0.05.

El modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Yijk = U + Ti + Bj + Eijk$$

Donde:

Yij = respuesta de la variable por efecto del i-esimo tratamiento

U = media poblacional

Ti = Efecto del i-esimo tratamiento en estudio

Bj = Efecto de la i-esima repetición en estudio

Eijk = Efecto del error experimental

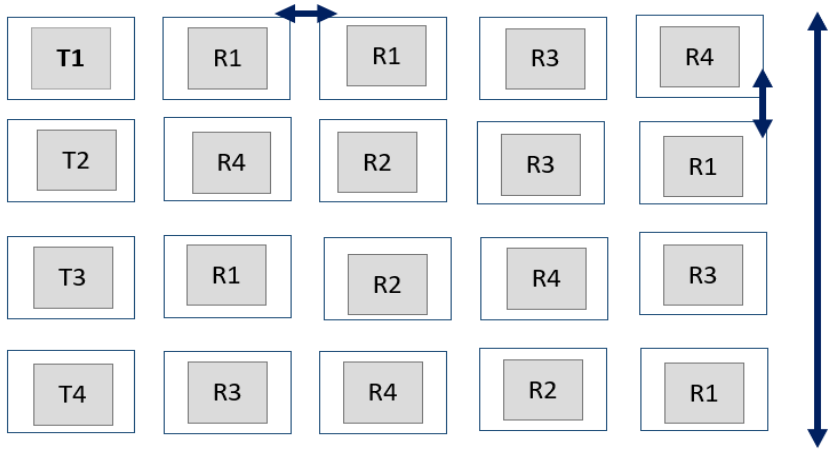
Tabla 2.

Análisis de variancia y grados de libertad

Fuente de variabilidad	Grados de libertad
Tratamiento = (T - 1)	3
Error = (T*R - 1) = (T - 1)	12
Total = (T + R) – 1	15

Figura 1:

Croquis de distribución de tratamientos



3.7. Materiales, herramientas y equipos

Material genético.

- Planta madres de limón sutil

Insumos.

- Tierra Agrícola

- Arena de rio

- Humus de lupuna

- Humus comercial

Herramientas.

- Carretilla

- Machete

- Wincha

- Martillo

Materiales

-Bolsas de 10 * 10 pulgadas

-Bolsas de Ziploc,

-Cinta Masking tape,

-Regla graduada,

-Letreros,

- Plástico negro

- Hilo pabilo

Equipos.

- Cámara fotográfica,

- Laptop

Materiales de escritorio.

- Libreta de campo,

- Papel bond A-4,

- Lapiceros.

3.8. Ejecución del experimento

3.8.1. Ubicación del experimento

El trabajo de investigación se desarrolló entre los meses de mayo de 2024 y junio de 2024, en el caserío Pampas Verde Km 24, ubicado en la carretera Federico Basadre km 6, distrito de Campo Verde, Región Ucayali, entre las coordenadas 8º 22’ 31’’ S y 74º 34’ 35’’ O, y a una altitud de 154 m.s.n.m. La zona se caracteriza por poseer un clima tropical según el sistema de clasificación de Köppen, con una temperatura media de 26°C, una máxima de 33°C y una mínima de 21,5ºC, y una precipitación pluvial anual de 1570 mm, con mayores índices entre los meses de octubre y abril.

3.8.2. Condiciones ambientales

El estudio se desarrolló entre los meses de mayo y junio del año 2024. De acuerdo con los registros de la estación meteorológica de la Universidad Nacional de Ucayali, durante el periodo de evaluación la temperatura media osciló entre 24 y 27 °C. La humedad relativa promedio alcanzó un 81,66 %, mientras que en el mes de mayo se registraron precipitaciones acumuladas entre 250 y 350 mm, evidenciando una etapa de mayor intensidad lluviosa. Posteriormente, estos valores tendieron a disminuir debido a la transición estacional, dando paso a condiciones de menor precipitación y relativa estabilidad climática.

3.8.3. Proceso Experimental

3.8.3.1. Obtención y desinfección de sustratos

Esta actividad consistió en la adquisición de diversos sustratos comerciales e industriales. Posteriormente, se procedió con la desinfección de los mismos mediante la aplicación de un fungicida, con el objetivo de prevenir la incidencia de posibles enfermedades fitopatológicas.

3.8.3.2. Obtención del material elite – plantas madres

Se realizó la selección de las plantas madres, priorizando aquellas que se encontraban en pleno crecimiento, libres de enfermedades y con la mayor uniformidad posible. Se seleccionaron tallos vigorosos para la aplicación de los cuatro tratamientos con cuatro repeticiones cada uno, consolidando un total de 16 unidades experimentales.

3.8.3.3. Análisis de los sustratos

De los sustratos seleccionados se extrajo una muestra de un kilogramo por cada tipo para realizar el análisis de caracterización físico-química. Dicho procedimiento se llevó a cabo en el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), ubicado en el km 44 de la carretera Federico Basadre.

3.8.3.4. Realización de los acodos mediante el método de anillado

Se empleó el método de anillado utilizando una navaja previamente desinfectada con hipoclorito de sodio. Se efectuaron dos cortes transversales alrededor del tallo a una distancia de 3 cm entre ellos, seguidos de un corte longitudinal. Con la punta de la herramienta se retiró la corteza hasta exponer completamente el tejido leñoso interno (cambium).

3.8.3.5. Llenado de acodo

El sustrato fue sometido a un proceso de hidratación previo durante 24 horas, eliminando el exceso de agua mediante presión manual. Para el soporte, se utilizaron vasos descartables cortados verticalmente, los cuales se colocaron alrededor del tallo y se sellaron con cinta. El sustrato húmedo se introdujo alrededor del anillo expuesto y, finalmente, la unidad se cubrió y aseguró con plástico negro en la parte apical.

3.8.3.6. Manejo de acodos

Se realizaron revisiones semanales para verificar el estado de los vasos y los niveles de humedad. Esta última se constató mediante presión manual: se consideró humedad óptima cuando el acodo permitía una depresión al tacto, mientras que la dureza indicó déficit hídrico. En los casos necesarios, se suministró agua mediante el uso de una jeringa.

3.8.3.7. Preparación de sustrato para el trasplante.

Se preparó una mezcla de tierra agrícola y sustrato en una relación de 3:1. Posteriormente, se procedió al repique de los ejemplares enraizados a bolsas de polietileno negro de 10 x 10 pulgadas, dimensiones seleccionadas por ser adecuadas para el desarrollo radicular de especies arbóreas.

3.8.3.8. Evaluaciones de la investigación

Las evaluaciones de la variable de crecimiento se desarrollaron a los 30 días, contando con la participación del tesista y el asesor de la Universidad Nacional de Ucayali. Durante la jornada de evaluación, se dispuso del apoyo logístico necesario para el muestreo de cada tratamiento y bloque, labor que se completó en una jornada única con un tiempo promedio de 8 horas.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. Supervivencia de acodos aéreos en el cultivo de limón sutil.

La interpretación del análisis de varianza del porcentaje de supervivencia en acodos aéreos en el cultivo de limón sutil (*Citrus aurantifolia*) en Pucallpa, mostró diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados (FC = 13.50; Pr > F = 0.000). El coeficiente de determinación (R^2) fue del 71.68%, lo que indica que un porcentaje considerable de la variabilidad en la supervivencia se explica por los tratamientos. El coeficiente de variación (CV) fue bajo, con un valor de 2.74%, lo que sugiere una alta precisión en las mediciones realizadas.

Tabla 3

Evaluación del % de supervivencia en el cultivo de limón sutil (Citrus aurantifolia) en Pucallpa.

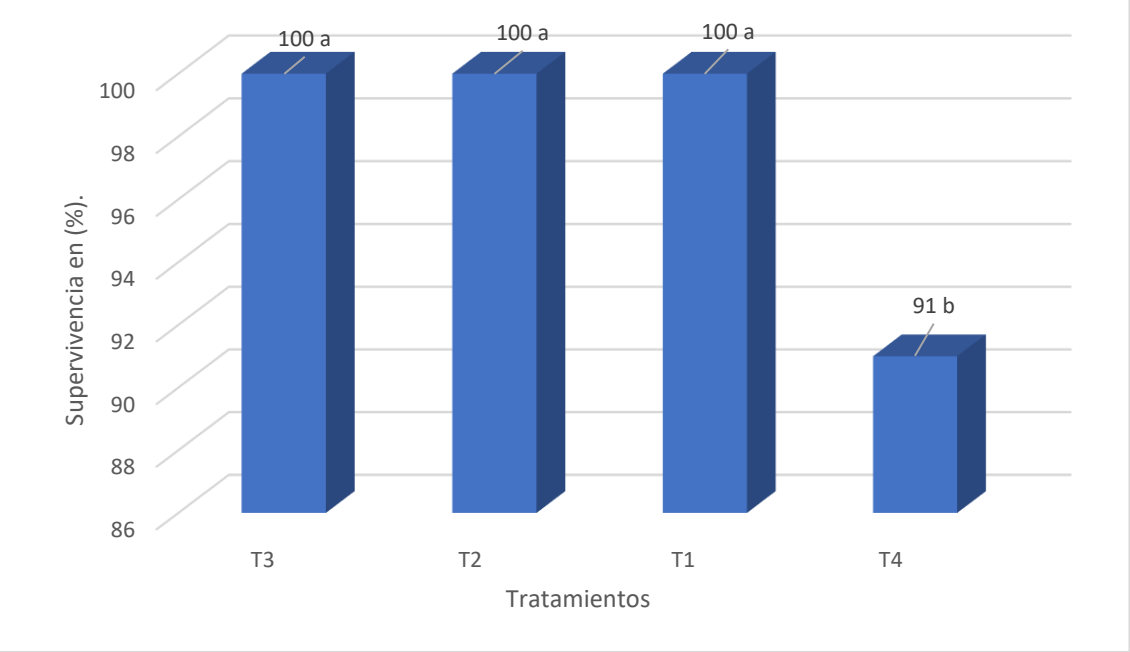
Tratamiento	Supervivencia.	Significancia
T2(150 cm^3 de humus de lupuna).	100	a
T3 (150 cm^3 de humus comercial).	100	a
T1 (150 cm^3 de tierra agrícola).	100	a
T4 (150 cm^3 de arena de rio).	91	b

La prueba de comparaciones Múltiples de Tukey reveló que los tratamientos T^2 (150 cm^3 de humus de lupuna), T^3 (150 cm^3 de humus comercial) y T^1 (150 cm^3 de tierra agrícola) alcanzaron un 100% de supervivencia, sin diferencias significativas entre ellos, agrupándose en la categoría "a". Por otro

lado, el tratamiento T^4 (150 cm^3 de arena de río) mostró un menor porcentaje de supervivencia (91%), siendo significativamente diferente de los otros tratamientos, como la turba de río combinada con espuma fenólica o la torta de filtración, lograron porcentajes de enraizamiento elevados (92 a 100%) al ser usados junto con el tratamiento de ANA (Albany et al. 2004; Ramírez & Urdaneta 2004).

Figura 2.

Supervivencia de acodos en el cultivo de limón sutil (*Citrus aurantifolia*) en Pucallpa.



4.2. Mortalidad de acodos aéreos en el cultivo de limón sutil.

El análisis de varianza (ANOVA) realizado sobre los datos de mortalidad de acodos aéreos en el cultivo de limón sutil indica que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos evaluados ($p < 0.001$). El alto valor del coeficiente de determinación ($R^2 = 71.68\%$) sugiere que una gran

parte de la variabilidad observada en la mortalidad de los acodos puede ser atribuida a los diferentes tratamientos aplicados, lo que evidencia un efecto considerable de los mismos en el resultado. El bajo coeficiente de variación (C.V. = 2.73%) señala que los datos tienen una variabilidad relativamente baja en relación con la media, lo cual es un indicativo de la precisión y la consistencia del experimento.

Tabla 4.

Evaluación del del % de mortandad en el cultivo de limón sutil (Citrus aurantifolia) en Pucallpa.

Tratamiento	Mortandad en (%).	Significancia
T2 (150 cm^3 de humus de lupuna).	0.00	b
T3 (150 cm^3 de humus comercial).	9.00	a
T1 (150 cm^3 de tierra agrícola).	0.00	b
T4 (150 cm^3 de arena de rio).	0.00	b

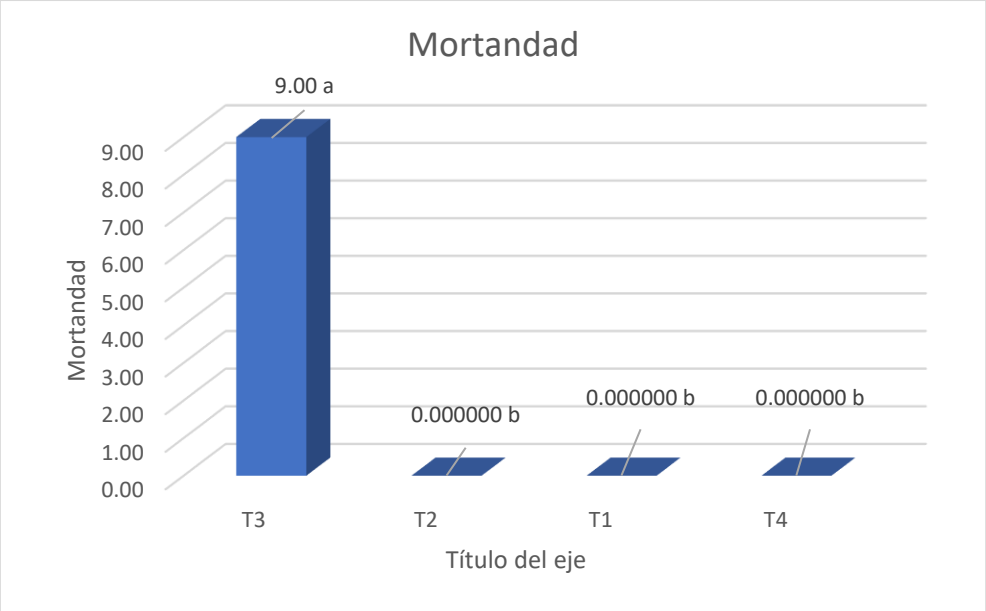
La tabla muestra los resultados de la mortalidad de los acodos aéreos para los diferentes tratamientos, junto con la significancia estadística determinada por la prueba de comparaciones múltiples de Tukey. El tratamiento T3, que utilizó 150 cm^3 de humus comercial, presentó un porcentaje de mortalidad significativamente mayor (9.00%) en comparación con los otros tratamientos, que no mostraron mortalidad (0.000%).

El gráfico resalta cómo el humus de lupuna afecta adversamente la viabilidad de los acodos aéreos en comparación con otros sustratos, lo que sugiere que, aunque pueda tener beneficios en otros contextos, podría no ser ideal para este tipo de aplicación en el cultivo de limón sutil en las condiciones

evaluadas. Los sustratos alternativos como el humus comercial, la tierra agrícola y la arena de río mostraron ser más seguros y efectivos en la reducción de la mortalidad.

Figura 3.

Mortandad de acodos en el cultivo de limón sutil (*Citrus aurantifolia*) en Campo Verde.



4.3. Porcentaje de acodos aéreos con raíces en el cultivo de limón sutil.

El análisis de varianza revela que existe una diferencia estadísticamente significativa en el porcentaje de acodos aéreos que desarrollaron raíces entre los diferentes tratamientos ($p < 0.001$). El coeficiente de determinación (R^2 = 99.01%) es extremadamente alto, indicando que casi toda la variabilidad en el porcentaje de acodos con raíces puede explicarse por los tratamientos aplicados. Este resultado sugiere una fuerte relación entre el tipo de sustrato utilizado y la capacidad de los acodos para enraizar. El coeficiente de variación

(C.V. = 0.0111803%) es muy bajo, lo que demuestra una alta precisión y consistencia en los datos obtenidos, con una mínima variabilidad residual no explicada por los tratamientos.

Tabla 5.

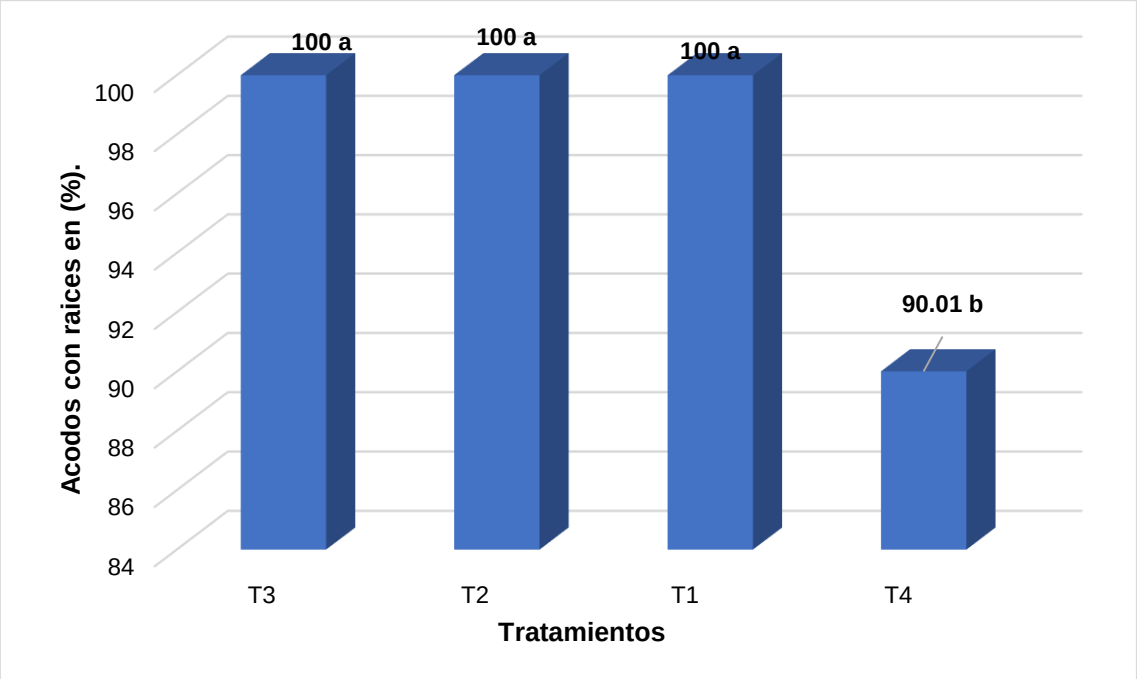
Evaluación del % de acodos con raíces en el cultivo de limón sutil (Citrus aurantifolia) en Pucallpa.

Tratamiento	Acodos con raíces en (%)	Significancia
T_2 (150 cm^3 de humus de lupuna).	100.0	a
T_3 (150 cm^3 de humus comercial).	100.0	a
T_1 (150 cm^3 de tierra agrícola).	100.0	a
T_4 (150 cm^3 de arena de rio).	90.01	b

La tabla muestra el porcentaje de acodos aéreos que lograron desarrollar raíces en los diferentes tratamientos, acompañado por el análisis de significancia según la prueba de Tukey. Los tratamientos T^1, T^2, y T^3 (con humus de lupuna, humus comercial, y tierra agrícola respectivamente) alcanzaron un 100% de acodos con raíces, sin diferencias significativas entre ellos (indicado por la letra "a" en la columna de significancia). Por otro lado, el tratamiento T^4, que utilizó arena de río, presentó un porcentaje ligeramente menor (90.01%) y significativamente diferente (indicado por la letra "b") en comparación con los otros tres tratamientos. Esto sugiere que, aunque la arena de río es capaz de soportar el enraizamiento, es menos efectiva en comparación con los otros

sustratos evaluados. El acodo aéreo es una técnica de propagación vegetativa altamente eficaz para diversas especies de plantas. Investigaciones en guayaba (*Psidium guajava* L.) han mostrado que el uso de reguladores de crecimiento puede potenciar el enraizamiento. El ácido naftalenacético (ANA) en concentraciones de 4000 a 5000 mg/kg logró un 100% de enraizamiento en acodos aéreos de guayaba (Ramírez & Urdaneta 2004; Albany et al. 2004). De manera similar, el ácido indolbutírico (AIB) también ha demostrado ser efectivo, con concentraciones de hasta 6000 mg/kg mejorando el enraizamiento (Sánchez et al. 2009).

Figura 4. Porcentaje de acodos con raíces en el cultivo de limón sutil (*Citrus aurantifolia*) en Pucallpa.



4.4. Porcentaje de acodos aéreos sin raíces en el cultivo de limón sutil.

El análisis de varianza muestra que los tratamientos tienen un efecto altamente significativo sobre el porcentaje de acodos sin raíces, con un valor de

$p < 0.001$. Esto sugiere que las diferencias entre los sustratos utilizados son estadísticamente relevantes. El alto R^2 de 99.99% indica que el modelo explica prácticamente toda la variabilidad en el porcentaje de acodos sin raíces, destacando la importancia del tipo de sustrato en el éxito del enraizamiento. El coeficiente de variación extremadamente bajo (0.01%) sugiere que la variabilidad dentro de cada tratamiento es mínima, lo que refuerza la precisión del análisis.

Tabla 6.

Evaluación del porcentaje de acodos sin raíces en el cultivo de limón sutil (Citrus aurantifolia) en Campo Verde.

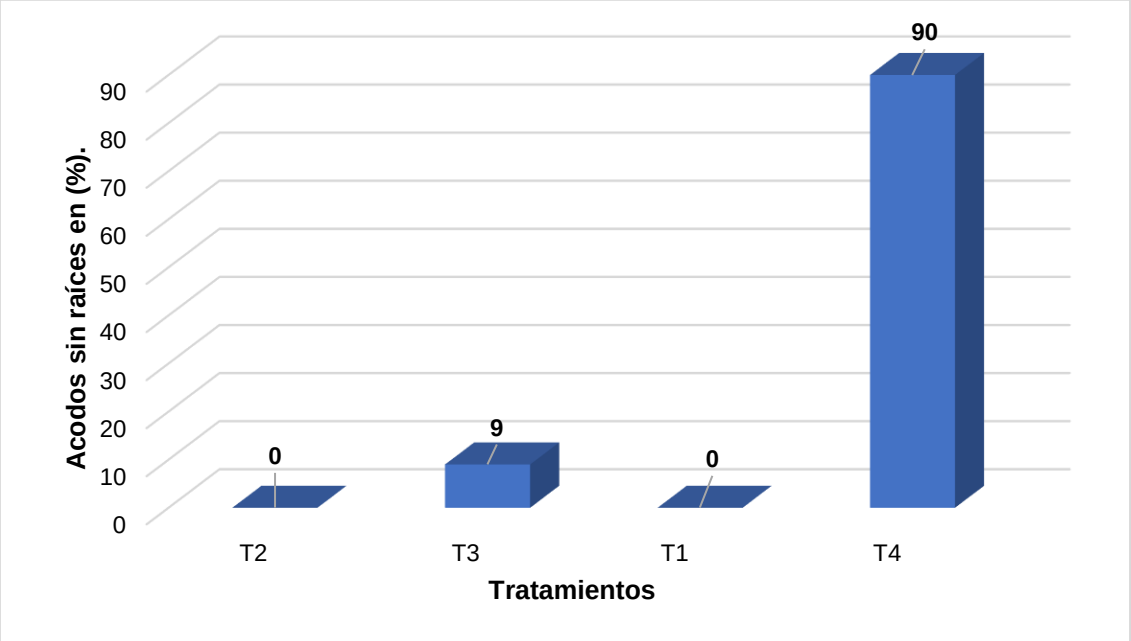
Tratamiento	Acodos sin raíces en (%).	Significancia
T_3 (150 cm^3 de humus comercial).	0.00	b
T_2 (150 cm^3 de humus de lupuna).	0.00	a
T_1 (150 cm^3 de tierra agrícola).	0.00	b
T_4 (150 cm^3 de arena de rio).	90.0	b

La "Tabla 6" presenta los resultados de una evaluación sobre el porcentaje de acodos sin raíces en el cultivo de limón sutil (Citrus aurantifolia) en Pucallpa, analizando cuatro tratamientos diferentes, cada uno con 150 cm^3 de sustratos distintos. Los tratamientos incluyen T3 con humus comercial, T2 con humus de lupuna, T1 con tierra agrícola y T4 con arena de río. Los resultados muestran que los tratamientos T3, T2 y T1 obtuvieron un 0.00% de acodos sin raíces,

indicando que estos sustratos fueron eficaces para promover el enraizamiento. En contraste, el tratamiento T4 presentó un alarmante 90.0% de acodos sin raíces, lo que sugiere que la arena de río no es adecuada para este propósito. En términos de significancia, los tratamientos T3 y T1 están clasificados con la letra "b", lo que indica que no hay diferencias significativas entre ellos en cuanto al porcentaje de acodos sin raíces. Por otro lado, el tratamiento T2 se designa con la letra "a", lo que sugiere que es significativamente diferente de los demás, aunque todos los tratamientos con 0.00% son similares en su eficacia. En resumen.

Figura 5.

Porcentaje de acodos sin raíces en el cultivo de limón sutil (Citrus aurantifolia) en Pucallpa



La figura ilustra el porcentaje de acodos sin raíces para cada tratamiento, destacando la superioridad de los tratamientos T^2, T1 y T^4 en comparación con

T^3. Esta representación gráfica facilita la comparación visual de la eficacia de los diferentes sustratos en la reducción del porcentaje de acodos sin raíces, confirmando que el humus de lupuna (T^3) es menos eficiente en comparación con los otros sustratos evaluados.

4.5. Volumen radicular en acodos aéreos del limón sutil.

El análisis de varianza (ANOVA) indica que hay diferencias estadísticamente significativas en el volumen radicular de los acodos aéreos entre los tratamientos ($p < 0.001$). El coeficiente de determinación ($R^2 = 84.16\%$) muestra que el 84.16% de la variabilidad en el volumen radicular puede ser explicada por los tratamientos aplicados, lo que sugiere que los distintos sustratos tienen un impacto considerable en el crecimiento de las raíces. El coeficiente de variación (C.V. = 2.29674%) es relativamente bajo, indicando una alta precisión y consistencia en las mediciones del volumen radicular, con poca variabilidad no explicada por el modelo.

Tabla 7.

Evaluación del volumen de acodos en el cultivo de limón sutil (Citrus aurantifolia) en Pucallpa.

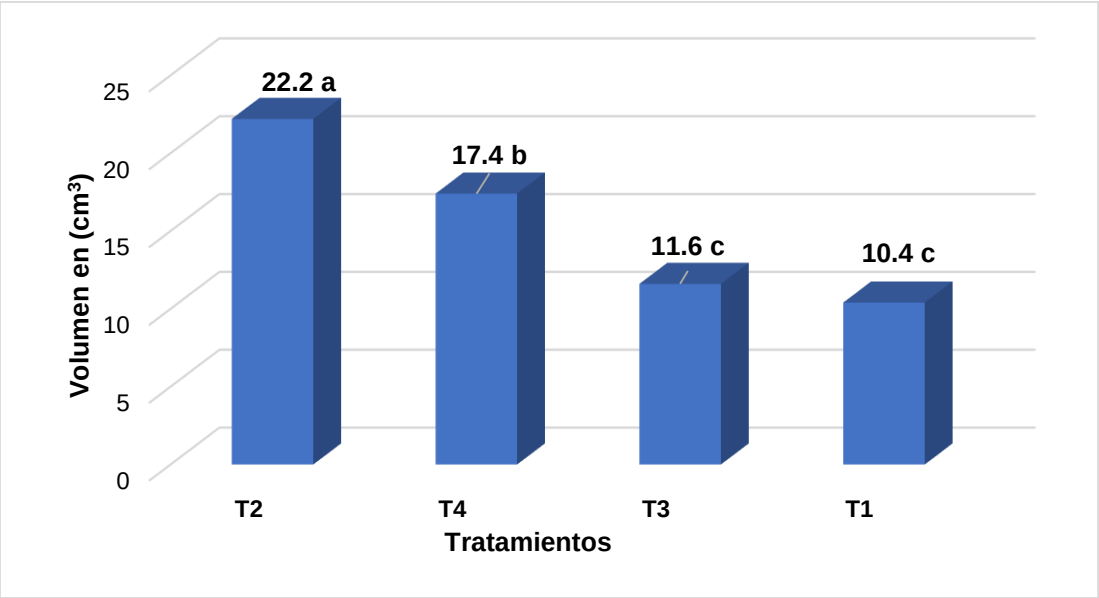
Tratamiento	Volumen en (cm3).	Significancia
T_2 (150 cm^3 de humus de lupuna).	22.20	a
T_4 (150 cm^3 de humus comercial).	17.40	b
T_3 (150 cm^3 de tierra agrícola).	11.600	c

T_1 (150 cm^3 de arena de rio).	10.400	c

La tabla presenta el volumen radicular de los acodos aéreos para cada tratamiento, junto con la significancia estadística determinada por la prueba de Tukey. El tratamiento T^4, con 150 cm^3 de humus comercial, mostró un volumen radicular de 17.40 cm^3, que es significativamente mayor que los tratamientos con tierra agrícola (T^3) y arena de río (T^1), que tuvieron volúmenes radiculares de 11.60 cm^3 y 10.40 cm^3, respectivamente. Los tratamientos T^3 y T^1 no mostraron diferencias significativas entre sí (indicado por la letra "c"), lo que sugiere que el sustrato de arena de río y la tierra agrícola tienen un efecto similar en el volumen radicular en comparación con los otros sustratos evaluados.

Figura 6.

Volumen de acodos en el cultivo de limón sutil (*Citrus aurantifolia*) en Pucallpa.



La figura destaca que el humus de lupuna (T^2) es el sustrato más eficaz para promover el crecimiento radicular en comparación con otros sustratos

evaluados. El humus comercial (T^4) también favorece el desarrollo de raíces, aunque en menor medida que el humus de lupuna. Por el contrario, la tierra agrícola (T^3) y la arena de río (T^1) resultan menos efectivas para el enraizamiento, con volúmenes radiculares significativamente menores.

4.6. Longitud de raíces en acodos aéreos del limón sutil. 42

El análisis de varianza (ANOVA) muestra que las diferencias en la longitud de raíces de los acodos aéreos entre los tratamientos son estadísticamente significativas ($p < 0.001$). El coeficiente de determinación ($R^2 = 88.85\%$) indica que el 88.85% de la variabilidad en la longitud de raíces puede ser explicada por los tratamientos aplicados, lo que sugiere que los distintos sustratos tienen un efecto significativo en el crecimiento de las raíces. El coeficiente de variación (C.V. = 0.9585%) es muy bajo, lo que refleja una alta precisión y consistencia en las mediciones de longitud de raíces, con una mínima variabilidad no explicada por el modelo.

Tabla 8.

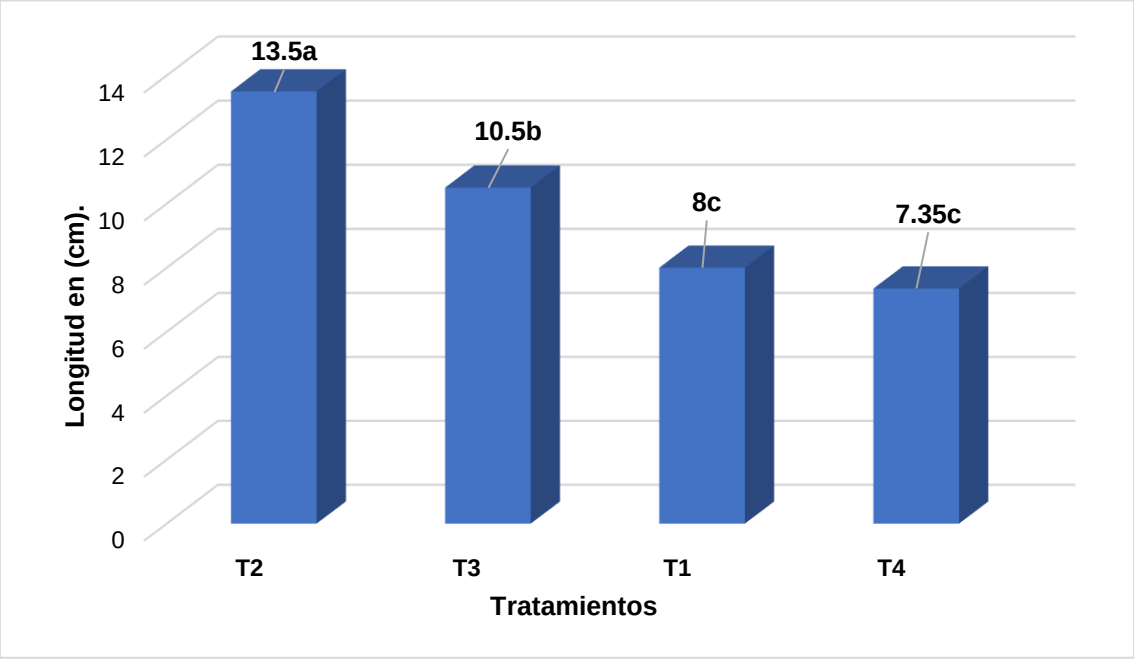
Evaluación de la longitud de acodos en el cultivo de limón sutil (Citrus aurantifolia) en Pucallpa.

Tratamiento	Longitud en (cm).	Significancia
T_2 (150 cm^3 de humus de lupuna).	13.50	a
T_3 (150 cm^3 de humus comercial).	10.50	b
T_1 (150 cm^3 de tierra agrícola).	8.00	c

T_4 (150 cm^3 de arena de rio).	7.35	c

La tabla muestra la longitud de raíces de los acodos aéreos bajo diferentes tratamientos, junto con la significancia estadística determinada por la prueba de Tukey. El tratamiento T^2, con 150 cm^3 de humus de lupuna, produjo la mayor longitud de raíces (13.50 cm), y se diferencia significativamente de los otros tratamientos, como se indica con la letra "a" en la columna de significancia. El tratamiento T^3, que utilizó 150 cm^3 de humus comercial, tuvo una longitud de raíces de 10.50 cm, significativamente mayor que los tratamientos con tierra agrícola (T^1) y arena de río (T^4), que mostraron longitudes de raíces de 8.00 cm y 7.35 cm, respectivamente.

Figura 7. Fluctuación la longitud de acodos en el cultivo de limón sutil (*Citrus aurantifolia*) en Pucallpa.



La figura ilustra la variación en la longitud de las raíces de los acodos aéreos para cada tratamiento. El gráfico destaca que el humus de lupuna (T^2)

resulta en la mayor longitud de raíces, seguido por el humus comercial (T^3), la tierra agrícola (T^1), y la arena de río (T^4). Esta representación visual facilita la comparación de la eficacia de los diferentes sustratos en promover el crecimiento de raíces.

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- **Porcentaje de supervivencia de acodos**

Las investigaciones sobre técnicas de propagación mediante acodo aéreo han arrojado resultados alentadores en diversos árboles frutales. En el caso de la guayaba (*Psidium guajava* L.), la aplicación de ácido naftalenacético (ANA) en concentraciones de 4000 a 5000 mg/kg favoreció un enraizamiento óptimo, alcanzando tasas de éxito de hasta el 100% (Ramírez & Urdaneta 2004; Albany et al. 2004). Diferentes sustratos, como la turba de río combinada con espuma fenólica o la torta de filtración, lograron porcentajes de enraizamiento elevados (92 a 100%) al ser usados junto con el tratamiento de ANA (Albany et al. 2004; Ramírez & Urdaneta 2004).

Otros autores mencionan que para *Alnus acuminata*, el acodo aéreo sin reguladores de crecimiento obtuvo un éxito de enraizamiento entre el 37 a 44%, lo que lo posiciona como un método de propagación viable para esta especie (Valerio 2020), los cultivos de cítricos, incluidas las limas, pueden mejorar significativamente sus enraizamientos con el uso de esquejes (Carabili et al. 2022). Wong (2023) evidenció que los enraizadores aplicados a esquejes de café en Ecuador aumentaron el prendimiento a más del 72.75%, con el Tratamiento 3 (Suelo arenoso + Humus de lombriz 50% + Raizoot.

- **Porcentaje de mortalidad de acodos**

Esto indica que el humus de lupuna podría no ser el más adecuado para el enraizamiento en este contexto específico. Por otro lado, los tratamientos con humus comercial (T2), tierra agrícola (T1), y arena de río (T4) no mostraron diferencias significativas entre sí, lo que sugiere que estos sustratos tienen un efecto similar y muy bajo (o nulo) sobre la mortalidad de los acodos aéreos en el cultivo de limón sutil. Wong (2023) determinó que el Tratamiento 3 (Suelo arenoso + Humus de lombriz 50% + Raizoot), presento una mortalidad del 27.25% en acodos de cafe. López (2021) reportó que el tratamiento Frijol (T3) obtuvo una mortalidad del 0.00%, mientras que el tratamiento Sábila (T4) alcanzó una supervivencia del 17%. El tratamiento Coco (T2) mostró el mayor número de hojas, con 12 hojas a los 23 días.

- **Acodos aéreos con raíces**

La composición del sustrato es crucial para el éxito del enraizamiento, siendo las mezclas de turba de río y espuma fenólica particularmente efectivas, con un 92.07% de enraizamiento en guayaba (Albany et al. 2004). No obstante, no todas las especies requieren reguladores de crecimiento para un acodo aéreo exitoso. En Alnus acuminata, no se observaron diferencias significativas entre acodos aéreos tratados y no tratados, con porcentajes de enraizamiento entre 37% y 44% (Valerio 2020). Estos resultados indican que el acodo aéreo puede ser un método de propagación efectivo para varias especies de árboles, independientemente del uso de reguladores de crecimiento.

- **Acodos aéreos sin raíces**

Los resultados indican que el uso de humus, ya sea comercial o de lupuna, y de tierra agrícola, es efectivo para evitar la falta de raíces en los acodos de limón sutil, mientras que la arena de río resulta en un alto porcentaje de acodos sin raíces.. Diversos sustratos, como una mezcla de compost de río con torta de filtro de caña de azúcar o humus de lombriz, han demostrado altos porcentajes de enraizamiento similares cuando se combinan con ácido naftalenacético (ANA) (Ramírez & Urdaneta 2004). En contraste, el ácido indolbutírico (AIB) resultó ineficaz para el acodo aéreo de tacaco (*Sechium tacaco*), ya que no se observó formación de raíces a ninguna de las concentraciones probadas (Pérez & Loría 2024). Por otro lado, el Alnus acuminata logró un enraizamiento exitoso sin la necesidad de reguladores de crecimiento, alcanzando un porcentaje de enraizamiento del 37 a 44% (Valerio 2020). Estos resultados subrayan la variabilidad en la efectividad de los tratamientos de enraizamiento entre diferentes especies vegetales.

- **Volumen de raíces**

Los resultados muestran que el tratamiento T2, que utilizó 150 cm^3 de humus de lupuna, produjo el mayor volumen radicular (22.20 cm^3) y se diferencia significativamente de los otros tratamientos, como lo indica la letra "a" en la columna de significancia. El tratamiento T4, con 150 cm^3 de humus comercial, mostró un volumen radicular de 17.40 cm^3, que es significativamente mayor que los tratamientos con tierra agrícola (T3) y arena de río (T1), que tuvieron volúmenes radiculares de 11.60 cm^3 y 10.40 cm^3, respectivamente. Los tratamientos T3 y T1 no mostraron diferencias significativas entre sí (indicado

por la letra "c"), lo que sugiere que el sustrato de arena de río y la tierra agrícola tienen un efecto similar en el volumen radicular en comparación con los otros sustratos evaluados. Quiroz et al. (2014) analizo cómo el volumen de las raíces afecta el crecimiento de Acacia dealbata tanto en condiciones de vivero como en campo. Sus hallazgos revelaron que, aunque los árboles con volúmenes de raíz mayores mostraron un crecimiento superior al principio, los árboles con volúmenes de raíz menores exhibieron un mayor crecimiento relativo después de dos temporadas.

- **Volumen Radicular**

Los resultados muestran que el tratamiento T^2, que utilizó 150 cm^3 de humus de lupuna, produjo el mayor volumen radicular (22.20 cm^3) y se diferencia significativamente de los otros tratamientos, como lo indica la letra "a" en la columna de significancia. Quiroz et al. (2014) analizo cómo el volumen de las raíces afecta el crecimiento de *Acacia dealbata* tanto en condiciones de vivero como en campo. Sus hallazgos revelaron que, aunque los árboles con volúmenes de raíz mayores mostraron un crecimiento superior al principio, los árboles con volúmenes de raíz menores exhibieron un mayor crecimiento relativo después de dos temporadas.

- **Longitud de raíces**

Los tratamientos T^1 y T^4 no mostraron diferencias significativas entre sí (indicado por la letra "c"), lo que sugiere que estos sustratos tienen un efecto similar en el crecimiento de raíces en comparación con los sustratos que mostraron mejor desempeño. Se han llevado a cabo estudios sobre la morfología y la distribución de las raíces en diferentes especies vegetales. Por ejemplo, en

árboles de mango cultivados en suelo arenoso y sometidos a riego localizado, se observó que la distribución de las raíces era asimétrica en relación con el tronco, y el riego por goteo parecía fomentar una mayor actividad radicular en comparación con los sistemas de microaspersión (Coelho et al. 2001). En el caso de los árboles de *Myracrodruon urundeuva*, los estudios indicaron que la longitud y el diámetro de los vasos eran menores en la base del árbol y aumentaban al llegar al 50% de la altura comercial, mientras que la frecuencia de los vasos disminuía hacia la parte superior del árbol (Florsheim et al. 1999). Arias (2023) en cuanto a la longitud de raíces, se observó que las auxinas AIA a 2500 y 5000 ppm, así como ANA a 2500 ppm, produjeron las mayores longitudes de raíces, con medias que oscilaron entre 11.78 cm y 12.33 cm. Estos datos sugieren que las concentraciones de auxinas y el sustrato aserrín contribuyen a un desarrollo óptimo de las raíces en el cultivo de laurel.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

En base a los resultados se llegó a las siguientes conclusiones:

- Se pudo determinar que los sustratos orgánicos tienen un efecto significativo en el enraizamiento de acodos en el cultivo de limón sutil (*Citrus aurantifolia*), en Pucallpa.
- La evaluación del humus de lupuna (*Ceiba pentandra*) como enraizador en el cultivo de limón sutil (*Citrus aurantifolia*) en Pucallpa mostró que este sustrato favoreció significativamente el desarrollo radicular de los acodos. El humus de lupuna resultó ser una opción efectiva para mejorar el enraizamiento y la calidad de los acodos en este cultivo.
- La evaluación del humus comercial como enraizador de acodo en el cultivo de limón sutil (*Citrus aurantifolia*) en Pucallpa demostró que el uso del humus comercial significativamente mejora el enraizamiento de los acodos en comparación con otros sustratos. El tratamiento con humus comercial presentó el mayor porcentaje de acodos enraizados y promovió un desarrollo radicular más robusto y saludable, lo que indica su efectividad como medio para mejorar la propagación vegetativa en el cultivo de limón sutil.
- La evaluación del sustrato de arena de río como enraizador de acodo en el cultivo de limón sutil (*Citrus aurantifolia*) en Pucallpa reveló que la arena de río no es el sustrato más efectivo para promover el enraizamiento de los acodos en comparación con otros sustratos. Los acodos enraizados en arena de río mostraron un desarrollo radicular menos robusto y una

— menor tasa de enraizamiento, sugiriendo que la arena de río no es la opción ideal para mejorar la propagación vegetativa en este cultivo.

CAPITULO VII

RECOMENDACIONES.

Con base a los resultados y conclusiones se recomienda lo siguiente:

Dado que se ha demostrado que los sustratos orgánicos tienen un efecto significativo en el enraizamiento de acodos en el cultivo de limón sutil, se recomienda utilizar sustratos como el humus de lupuna y el humus comercial para mejorar la tasa y calidad del enraizamiento. Estos sustratos mostraron resultados positivos en comparación con otros sustratos evaluados.

Debido a su capacidad para favorecer significativamente el desarrollo radicular, se recomienda utilizar humus de lupuna (Ceiba pentandra) como sustrato para el enraizamiento de acodos en el cultivo de limón sutil. Su uso puede contribuir a una mejor calidad y mayor éxito en la propagación vegetativa.

El humus comercial ha demostrado ser una opción efectiva para mejorar el enraizamiento de acodos. Se sugiere su incorporación en los protocolos de cultivo para obtener un mayor porcentaje de acodos enraizados y un desarrollo radicular más robusto y saludable.

Dado que la arena de río no ha demostrado ser efectiva para promover el enraizamiento de acodos en comparación con otros sustratos, se recomienda evitar su uso en el enraizamiento de acodos en el cultivo de limón sutil. Considerar alternativas más eficaces para mejorar los resultados de propagación vegetativa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abad, M., Noguera, P., & Burés, S. (2001). Inventario nacional de residuos orgánicos para su uso como medios de cultivo para la producción de plantas ornamentales en maceta:

https://doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00122-5

Aybar Camacho, C. L., & Lavado-Casimiro, W. (2017). Atlas de zonas de vida del Perú: guía explicativa. Nota Técnica Nº 003 SENAMH-DHI-2017. https://hdl.handle.net/20.500.12542/259

Azcón-Bieto, J., & Talón, M. (2008). Fundamentos de fisiología vegetal. McGraw-Hill Interamericana. Ficha en Dialnet

Chumacero Bermeo, M. A. (2018). Tratamientos foliares sobre la calidad de fruto de limón sutil (Citrus aurantifolia Swingle), en el valle de Cieneguillo Sur, Piura. Disponible en: http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1422

Daza, V. (2015). Evaluación de efecto de 10 sustratos a base de aserrín crudo a base de germinación y calidad de la planta en el crecimiento inicial de Quercus humboldtii Bonpl Y Cedrela montana Moritz ex Turcz. UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD. Disponible en: https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/22387/33376829.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Guarnis Vidarte, E. (2022). Efecto de cuatro tipos de sustratos orgánicos en la producción de plantones de cacao (Theobroma cacao L.) en condiciones de vivero; Huampami, Condorcanqui, Amazonas, 2022. Disponible en:

https://repositorio.upa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12897/155/TESIS_RIVERA_BAITUG_ELMER.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Hartmann, H. T., & Kester, D. E. (2011). Plant Propagation: Principles and Practices. Prentice Hall.

Hartmann & Kester's Plant Propagation

Iman Correa, S y Melchor Aldana, M. (2009). Enraizamiento por acodo aéreo en camu camu arbustivo Myrciaria dubia Mc Vaugh, para propagación vegetativa.Instituto Nacional De Innovacion Agraria-INIA. Disponible en :https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/579/1/Iman-enraizamiento_acodo.pdf

Lazcano-Bello, M. I., Sandoval-Castro, E., Tornero-Campante, M. A., Hernández-Hernández, B. N., Ocampo-Fletes, I., & Díaz-Ruíz, R. (2021). Evaluación de sustratos, solución nutritiva y enraizador en producción de plántulas de jitomate. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 12(1), 61-76. https://doi.org/10.29312/remexca.v12i1.2450

López Santos, B. (2021). *Uso de sustancias orgánicas con propiedades para enraizamiento en la reproducción del cultivo de guayaba (Psidium guajava L.), Taiwán 1 con la técnica de acodo aéreo, Managua, 2019-2020*. Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. Disponible en: https://repositorio.una.edu.ni/4327/1/tnf63l864.pdf

López Martin, H. F. (2013). Aplicación de tres niveles de gallinaza y tres niveles de aserrín descompuesto en el rendimiento de ají charapita (Capsicum chinense) en Aguaytía-Ucayali.

https://apirepositorio.unu.edu.pe/server/api/core/bitstreams/a9d8a553-f55b-433c-b4c1-19691dceca4e/content

Márquez Lima, R. (2017). efecto de los tres enraizadores en estacas de rosa (Rosa sp) del patrón Natal Brier y dos tipos de sustratos en el Instituto de Educación Rural (IER) San Salvador, Calca-Cusco.Disponible en: https://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12819/211/Samuel_Tesis_titulo_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Montejo Silvestre, M. (2020). Evaluación del efecto de sustratos y enraizadores en la propagación vegetativa de la pitahaya; jacaltenango, Huehuetenango. Universidad Rafael Landivar-Guatemala.Disponible en: http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2021/06/14/Montejo-Marvin.pdf

Morales Gonzales,A. (2020). Efecto de la aplicación de humus de lombriz al suelo sobre el crecimiento y absorción de nutrientes en pimentón (Capsicum annuum L.) Universidad de Talca,Chile.

Murillo Huamán, M. (2021). Aplicación foliar de magnesio, fierro y su influencia en el contenido de jugo y parámetros de rendimiento de fruta de limón (Citrus aurantifolia Swingle), Valle de Cieneguillo, Piura, 2016. .Disponible en : http://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/3528

NACHTIGAL, J. C., & Fachinello, J. (1995). Efeito de substratos e do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de araçazeiro (Psidium cattleyanum Sabine). Current Agricultural Science and Technology, 1(1).

Periche Zeta, K. Y. (2023). Aplicación de tres concentraciones de urea foliar para la inducción forzada de floración de Limón sutil (Citrus aurantifolia) en el fundo “El Encanto” Quebrada seca – Canoas de punta sal, Tumbes. Disponible en: https://repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12874/64333/TESIS%20-%20PERICHE%20ZETA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Promix.(2023).Disponible en : https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/principios-basicos-de-los-sustratos/

INIA. (2015). Guía técnica: Propagación asexual de especies frutales. Repositorio Institucional INIA

INIA. (2018). Manual Técnico del Cultivo de Limón Sutil en el Norte del Perú. Serie Manuales Técnicos, N° 12. Lima, Perú.

Repositorio Institucional INIA - Manual del Limón

Rojas García, G. N. (2018). Tres patrones porta injertos y su efecto sobre el crecimiento y desarrollo de planta en un mutante de limón sutil sin semilla (Citrus aurantifolia Swingle) en Cieneguillo Sur–Sullana. Disponible en : http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1486

Santos paredes, D. (2022). *Evaluación del enraizamiento de Citrus aurantifolia (limón regional) con aplicaciones de dosis diferentes de hormona natural en Yarinacocha – Ucayali*. Universidad Nacional Intercultural De La Amazonia. Disponible en: https://api-repositorio.unia.edu.pe/server/api/core/bitstreams/7a97f552-9681-4d96-8540-3b7ea0f611f3/content

Sembralia. (2021). Tipo de sustrato para el cultivo de planta. Disponible en: https://sembralia.com/blogs/blog/tipos-de-sustrato

Unlp, U. (2020). El suelo agricola. Universidad nacional de la plata. Disponible en: https://unlp.edu.ar/wp-content/uploads/52/27752/f8cb0e577b80bbe6aa23dd8ad9098379.pdf

Vera Basurto, J.(2015). Comportamiento agronómico de la cebolla roja (Allium cepa L), con diferentes niveles de abonos orgánicos, en el centro experimental la playita, cantón La Maná, 2014. Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Disponible en: https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/b038d97c-8175-4e9f-8ef7-ffbfa1dc8ea6/content

Wong Riofrio, J. (2023). "Evaluación de enraizantes en sustratos para la propagación de esquejes de café (Coffea canephora L.); se realizó en el cantón Santa Rosa, de la provincia de El Oro. Universidad De Guayaquil. Disponible en: https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/69f9aaed-42e0-4cd8-b978-47bed100a628/content

Ysuiza Costa, J. (2023). *Efecto de dosis de bioestimulante en el crecimiento del injerto de tres especies de cítricos en Tingo María. Universidad Agraria De La Selva-Tingo Maria -Huanuco. Disponible en: https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/2539/TS_JDYA_2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y*

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza del % de supervivencia en el cultivo de limón sutil (*Citrus aurantifolia*) en Pucallpa.

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	3	303.7	101.250	13.50	0.000
Error	16	120.0	7.500		
Total	19	423.7			

R^2 = 71.68%; C.V. = 2.73861%

Anexo 2. Análisis de varianza del porcentaje de mortandad en el cultivo de limón sutil (*Citrus aurantifolia*) en Pucallpa.

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	3	303.7	101.250	13.50	0.000
Error	16	120.0	7.500		
Total	19	423.7			

R^2 = 71.68%; C.V. = 2.73861%

Anexo 3. Análisis de varianza del porcentaje de acodos con raíces en el cultivo de limón sutil (*Citrus aurantifolia*) en Pucallpa.

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	3	374.250	124.750	998001.00	0.000
Error	16	0.002	0.000		
Total	19	374.252			

R^2 = 99.01%; C.V. = 0.0111803%

Anexo 4. Análisis de varianza del porcentaje de acodos sin raíces en el cultivo de limón sutil (*Citrus aurantifolia*) en Pucallpa.

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	3	30375.0	10125.0	81000.00	0.000
Error	16	2.0	0.1		
Total	19	2.0			

R^2 = 99.99%; C.V. = 0.35%

Anexo 5. Análisis de varianza del volumen de acodos en el cultivo de limón sutil (*Citrus aurantifolia*) en Pucallpa.

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	3	448.40	149.467	28.33	0.000
Error	16	84.40	5.275		
Total	19	532.80			

R^2 = 84.16%; C.V. = 2.29674%

Anexo 6. Análisis de varianza de la longitud de acodos en el cultivo de limón sutil (*Citrus aurantifolia*) en Pucallpa.

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	3	117.08	39.0281	42.48	0.00
Error	16	14.70	0.9187		
Total	19	131.78			

R^2 = 88.85; C.V. = 0.9585%

Anexo 7. Datos meteorológicos de la universidad nacional de Ucayali.

PARAMETRO/MES	MAYO	JUNIO	JULIO
T max °C	30.3	32.2	31.1
Tmin °C	22.9	22.3	21.6
Media	26.6	27.2	26.5
HR%	81	77.3	76.3
PP. TOT.mm	146	28.2	31

Anexo 8. Análisis de laboratorio del humus de Lupuna.

inia
Instituto Nacional de Innovación Agraria

INFORME DE ENSAYO
N° 09020-23/AB/ LABSAF - PUCALLPA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente	: FERTIZON
Propietario / Productor	: MIGUEL ARANA
Dirección del cliente	: UCAYALI
Solicitado por	: FERTIZON
Muestreado por	: Cliente
Número de muestra(s)	: 1
Producto declarado	: Abono orgánico
Presentación de las muestras(s)	: Bolsa de plástico
Referencia del muestreo	: Reservado por el cliente
Procedencia de muestra(s)	: MUNICIPALIDAD DE YARINACOCHA
Fecha(s) de muestreo	: 2023-09-08 (*)
Fecha de recepción de muestra(s)	: 2023-09-12
Lugar de ensayo	: LABSAF Pucallpa
Fecha(s) de análisis	: del 15/09/2023 al 03/10/2023
Cotización del servicio	: 0156-23-PC
Fecha de emisión	: 2023-10-06

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM			1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio			AB0126-PC-23					
Matriz Analizada			Abono orgánico					
Fecha de Muestreo			2023-09-08					
Hora de inicio de Muestreo (h)			09:00					
Condición de la muestra			Conservada					
Código/identificación de la Muestra por el Cliente			MUNI YARINACOCHA					
Ensayo	**Unidad**	**LC**	**Resultados**					
pH (**)	Unid. pH	0,1	87,06					
Conductividad eléctrica (**)	mS/m	1,0	110,4					
Carbono orgánico (**)	%	–	18,60					
Nitrogeno total (**)	%	–	1,18					
Fosforo total (**)	%	–	0,05					
Calcio (**)	%	–	1,66					
Magnesio (**)	%	–	0,12					
Potasio (**)	%	–	2,06					

III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
pH	EPA 9045 D, Rev. 4, 2004. Soil and waste pH
Conductividad eléctrica	NTP 214.049: 2015. Determinación de conductividad eléctrica
Carbono orgánico	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). Item 7.1.7 AS-07. 2000. Contenido de Materia Organica por el método de Walkley y Black.
Nitrogeno total	ISO 11261-1995 Determinación total de Nitrogeno en suelos por metodo Kjendhal modificado.
Fósforo total	Digestión vía seca. Determinación por colorimetría del fosfovanedomolibdato
Calcio	Digestión vía seca. Determinación por espectrofotometría de absorción atómica
Magnesio	Digestión vía seca. Determinación por espectrofotometría de absorción atómica
Potasio	Digestión vía seca. Determinación por espectrofotometría de absorción atómica

IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- Medición de pH realizada a 25 °C

(*) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.
(**) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA.
(***) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA, debido a que la muestra no es idónea para el ensayo.

Pro Suelos y Aguas
LABSAF

ICONOGRAFIA

Figura 8.

Aplicación de técnica de acodo aéreo en limón sutil.



Figura 9.

Vista general de las raíces de un acodo aéreo de 15 días en limón sutil.



Figura 10.

Vista general de las raíces de un acodo aéreo de 30 días en limón sutil.



Figura 11.

Vista general de los acodos aéreos del T1 y sus repeticiones.



Figura 12.

Vista general de las raíces de los acodos aéreos del T1 y sus repeticiones.



Figura 13.

Vista general del volumen de las raíces de los acodos aéreos del T1 y sus repeticiones.



Figura 14.

Vista general de las raíces sin sustrato en limón sutil.

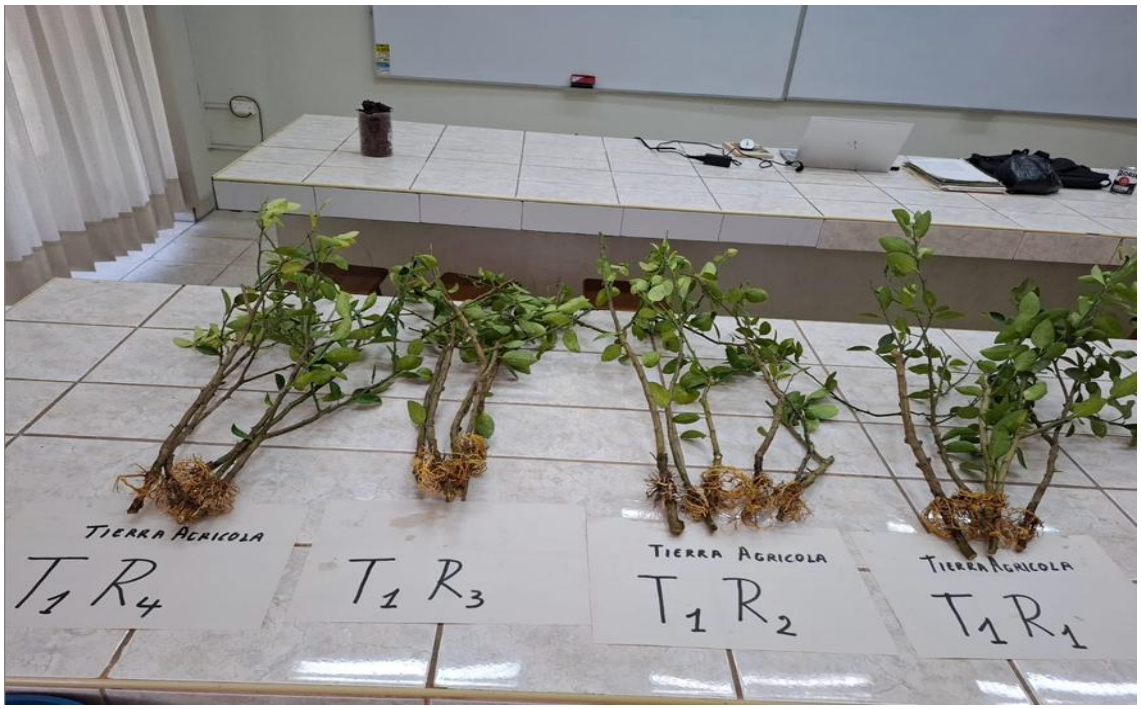


Figura 15.

Vista general de los acodos aéreos del T2 y sus repeticiones.



Figura 16.

Vista general de las raíces de los acodos aéreos del T2 en limón sutil.



Figura 17.

Vista general de las raíces de T2 sin sustrato en limón sutil.



Figura 18.

Vista general de las raíces de T3 sin sustrato en limón sutil.



Figura 19.

Vista general de las raíces de los acodos aéreos del T3 en limón sutil.



Figura 20.

Vista general del volumen de las raíces de los acodos aéreos del T3 y sus repeticiones.



Figura 21.

Vista general de los acodos aéreos del T4 y sus repeticiones.



Figura 22.

Vista general del volumen de las raíces de los acodos aéreos del T4 y sus repeticiones.

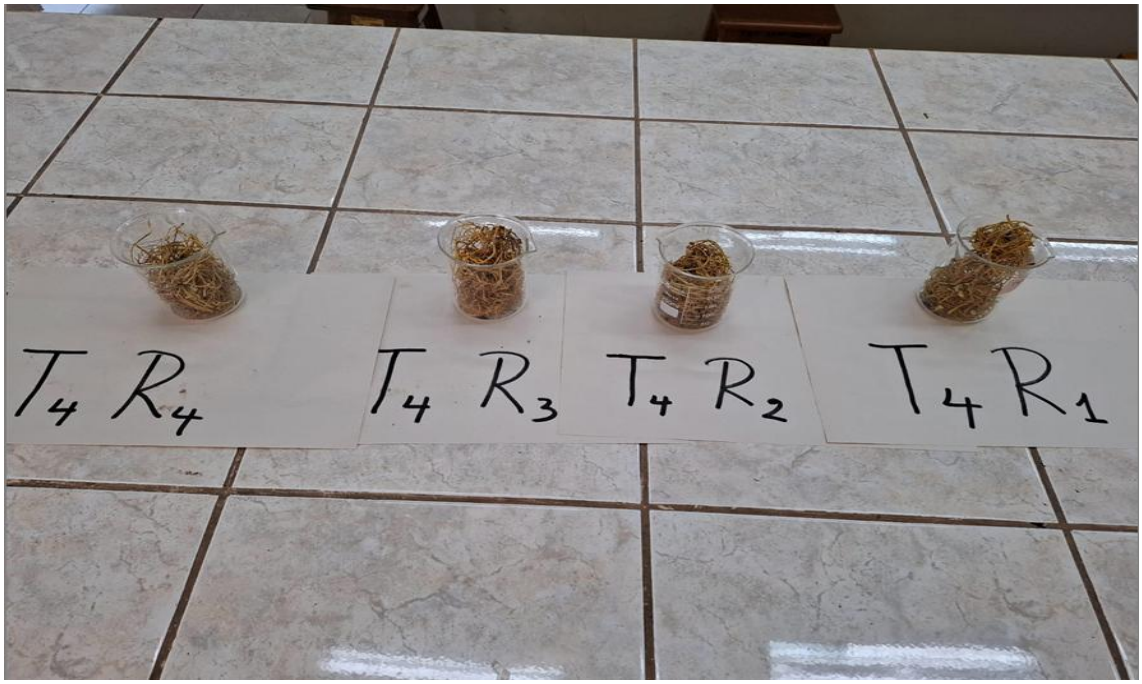


Figura 23.

Vista general del T4 de las raíces sin sustrato en limón sutil.



Figura 24.

Sustrato comercial para acodos aéreos en limón sutil.



Figura 25.

Vista general del humus de lupuna.



Figura 26.

Vista general del sustrato de arena.



Figura 27.

Vista general del sustrato de tierra agrícola.



Figura 28.

Vista general de los materiales utilizados para realizar los acodos aéreos.



Figura 29.

Vista general del asesor con la tesista y sus jurados en la inspección de la investigación.

