

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL**

**TESIS PARA OBTENER
EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA FORESTAL**

**EFEECTO DE REGULADORES DE CRECIMIENTO Y
SUSTRATOS EN LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE
Cinchona pubescens Vahl (QUINA) EN MICROTUNEL,
AMAZONAS, PERÚ**

Autora: Bach. María Hipólita Huamán Vela

Asesor: M. Sc. Alex Wilfredo Huatay Saldaña

Registro: (.....)

CHACHAPOYAS – PERÚ

2023

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-H

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM

1. Datos de autor 1

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): Huamán Vela María Hipólita
DNI N°: 62114884
Correo electrónico: 6211488472@untrm.edu.pe
Facultad: de Ingeniería y Ciencias Agrarias
Escuela Profesional: de Ingeniería Forestal

Datos de autor 2

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): _____
DNI N°: _____
Correo electrónico: _____
Facultad: _____
Escuela Profesional: _____

2. Título de la tesis para obtener el Título Profesional

Efecto de reguladores de crecimiento y sustratos en la propagación vegetativa de Cinchona pubescens Vahl (quina) en microtúnel, Amazonas, Perú

3. Datos de asesor 1

Apellidos y nombres: Huatay Saldaña Alex Wilfredo
DNI, Pasaporte, C.E N°: 43561176
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>) 0000-0002-0577-7375

Datos de asesor 2

Apellidos y nombres: _____
DNI, Pasaporte, C.E N°: _____
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>) _____

4. Campo del conocimiento según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos- OCDE (ejemplo: Ciencias médicas, Ciencias de la Salud-Medicina básica-Inmunología)

https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html
Ciencias Agrícolas / Agricultura, silvicultura y pesca - Forestal

5. Originalidad del Trabajo

Con la presentación de esta ficha, el(la) autor(a) o autores(as) señalan expresamente que la obra es original, ya que sus contenidos son producto de su directa contribución intelectual. Se reconoce también que todos los datos y las referencias a materiales ya publicados están debidamente identificados con su respectivo crédito e incluidos en las notas bibliográficas y en las citas que se destacan como tal.

6. Autorización de publicación

El(los) titular(es) de los derechos de autor otorga a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), la autorización para la publicación del documento indicado en el punto 2, bajo la *Licencia creative commons* de tipo BY-NC: Licencia que permite distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial por lo que la Universidad deberá publicar la obra poniéndola en acceso libre en el repositorio institucional de la UNTRM y a su vez en el Registro Nacional de Trabajos de Investigación-RENATI, dejando constancia que el archivo digital que se está entregando, contiene la versión final del documento sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador.

Chachapoyas, 24, mayo / 2023

Firma del autor 1

Firma del Asesor 1

Firma del autor 2

Firma del Asesor 2

DEDICATORIA

A MIS PADRES

Juana Vela Vargas, Pedro Huamán Mori, por su apoyo incondicional para seguir adelante cumpliendo mis metas durante mi formación profesional.

A MI HERMANOS

Doris y Eduar Huamán Vela, por su apoyo moral y aliento para seguir adelante en todo momento.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la vida y salud que fueron mi fortaleza para seguir adelante con mis estudios.

A la empresa Servicios Generales Jucusbamba EIRL, por brindarme el apoyo logístico y técnico durante la ejecución de mi proyecto.

A mi asesore Ing. M.Sc. Alex Wilfredo Huatay Saldaña, por su apoyo técnico científico durante todas las etapas de ejecución de mi proyecto de tesis.

A mi alma mater la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), por el apoyo brindado para formarme como profesional.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ
DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Ph.D. JORGE LUIS MAICELO QUINTANA

Rector

Dr. OSCAR ANDRES GAMARRA TORRES

Vicerrector Académico

Dra. MARIA NELLY LUJAN ESPINOZA

Vicerrectora de Investigación

Dr. ERICK ALDO AUQUÍÑIVIN SILVA

Decano de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias

VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-L

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM ()/Profesional externo (X), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada Efecto de reguladores de Crecimiento y sustratos en la propagación Vegetativa de Cinchona pubescens Vahl (Quina) en microtúnel, Amazonas, Perú; del egresado María Hipólita Huamán Vela de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Ingeniería Forestal de esta Casa Superior de Estudios.

El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

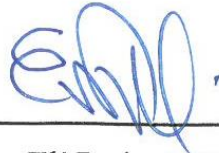
Chachapoyas, 13 de diciembre de 2022



Firma y nombre completo del Asesor

Alex Wilfredo Huatay Saldaña

JURADO EVALUADOR DE LA TESIS



Mg. Sc. Eli Pariente Mondragón
PRESIDENTE



Mg. Sc. Ingrid Aracelli Cassana Huamán
SECRETARIO



Ms. C. César Guevara Hoyos
VOCAL

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



ANEXO 3-Q

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

Efecto de reguladores de crecimiento y sustratos en la propagación vegetativa de Cinchona pubescens Vahl (quina) en microtúnel, Amazonas, Perú
presentada por el estudiante () /egresado (X) María Hipólita Huamán Vela
de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal
con correo electrónico institucional 6211488472@untrm.edu.pe

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- a) La citada Tesis tiene 16 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (X) / igual () al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- b) La citada Tesis tiene _____ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.



Chachapoyas, 27 de marzo del 2023


SECRETARIO


PRESIDENTE


VOCAL

OBSERVACIONES:

.....
.....

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-S

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 13 de abril del año 2023, siendo las 17:00 horas, el aspirante: MARÍA HIPÓLITA HUAMÁN VELA, asesorado por Ing. Msc. ALEX WILFREDO HUATAY SALDAÑA defiende en sesión pública presencial () / a distancia () la Tesis titulada: "EFFECTO DE REGULADORES DE CRECIMIENTO Y SUSTRATOS EN LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE Cinchona pubescens Vahl (CUMA) EN MICROTUNEL, AMAZONAS, PERÚ" para obtener el Título Profesional de INGENIERA FORESTAL, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: Ing. Mg. Sc. ELI PARIENTE MONDRAGÓN

Secretario: Ing. Mg. Sc. INGEO ARACELI CASAWA HUAMÁN

Vocal: Ing. Ms. C. CÉSAR GUEVARA HOYOS

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:


Aprobado () por Unanimidad () / Mayoría () Desaprobado ()

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 18:10 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.


SECRETARIO


PRESIDENTE


VOCAL

OBSERVACIONES:

ÍNDICE GENERAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	v
VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS	vi
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS	vii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS	viii
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS	ix
ÍNDICE GENERAL.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
I. INTRODUCCIÓN.....	16
II. MATERIAL Y MÉTODOS.....	18
2.1. Área de Estudio.....	18
2.2. Población y Muestra.....	19
2.3. Variables de Estudio.....	19
2.4. Diseño de la investigación.....	20
2.5. Métodos, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	21
2.6. Análisis Estadístico de los Datos.....	25
III. RESULTADOS.....	26
IV. DISCUSIÓN.....	40
V. CONCLUSIONES.....	43
VI. RECOMENDACIONES.....	44
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
ANEXOS	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables	19
Tabla 2. Distribución de factores y tratamientos en <i>C. pubescens</i>	20
Tabla 3. ANOVA para el porcentaje de sobrevivencia de esquejes de <i>C. pubescens</i> bajo los efectos de sustratos y dosis de auxinas	26
Tabla 4. ANOVA para el porcentaje de enraizamiento <i>C. pubescens</i>	29
Tabla 5. ANOVA para el Número de raíces <i>C. pubescens</i> , bajo los efectos de sustratos y auxinas	32
Tabla 6. Análisis de varianza para el tamaño de raíz, bajo los efectos de sustratos y dosis de auxinas en estaquillas de <i>C. pubescens</i>	34
Tabla 7. ANOVA para el porcentaje de callosidad, bajo los efectos de sustratos y dosis de auxinas	36
Tabla 8. Datos de las variables capacidad rizogénica, biomasa y capacidad vegetativa de <i>C. pubescens</i> , bajo el efecto de reguladores de crecimiento y sustratos	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio en el distrito de Conila, Luya.....	18
Figura 2. Diseño de la investigación bajo un DCA simple	21
Figura 3. Test de Tukey (5%) para porcentaje de supervivencia de esquejes de <i>C. pubescens</i> bajo el efecto de sustratos.	26
Figura 4. Test de Tukey (5%) para el porcentaje de sobrevivencia de esquejes de <i>C. pubescens</i> bajo el efecto de dosis de auxinas	27
Figura 5. Test de Tukey (5%) para el porcentaje de supervivencia de esquejes de <i>C. pubescens</i> , bajo la interacción sustrato y dosis de auxinas.....	28
Figura 6. Curva de mortalidad de esquejes de <i>C. pubescens</i> , bajo el efecto sustratos y dosis de auxinas.....	29
Figura 7. Test de Tukey (5%) para el porcentaje de enraizamiento de esquejes de <i>C. pubescens</i> , bajo el efecto de sustratos.	30
Figura 8. Test de Tukey (5%) para el porcentaje de enraizamiento de esquejes de <i>C. pubescens</i> , bajo el efecto de dosis de auxinas	31
Figura 9. Test de Tukey (5%) para el porcentaje de enraizamiento en los esquejes de <i>C. pubescens</i> , bajo la interacción de factores.....	31
Figura 10. Test de Tukey (5%) para el número de raíces de esquejes de <i>C. pubescens</i> , bajo el efecto de sustratos.....	32
Figura 11. Test de Tukey (5%) para el número de raíces de esquejes de <i>C. pubescens</i> , bajo el efecto de dosis de auxinas.....	33
Figura 12. Test de Tukey (5%) para el número de raíces de <i>C. pubescens</i> , bajo la interacción de factores.....	33
Figura 13. Test de Tukey (5%) para el tamaño de raíces de <i>C. pubescens</i> , bajo el efecto de sustratos.	34
Figura 14. Test de Tukey (5%) para el Tamaño de raíz de <i>C. pubescens</i> , bajo el efecto de dosis de auxinas.....	35
Figura 15. Test de Tukey (5%) para el tamaño de raíces en las estaquillas <i>C. pubescens</i> , bajo la interacción de factores.	36
Figura 16. Test de Tukey (5%) para el porcentaje de callosidad de esquejes de <i>C. pubescens</i> , bajo el efecto de sustratos.	37
Figura 17. Test de Tukey (5%) para el porcentaje de callosidad de esquejes de <i>C. pubescens</i> , bajo el efecto de dosis de auxinas	38

Figura 18. Test de Tukey (5%) para el porcentaje de callosidad en los esquejes, bajo la interacción de factores.....	39
Figura 19. Constancia de determinación botánica.....	47
Figura 20. Planta matriz de <i>C. pubescens</i>	49
Figura 21. Recolección de esquejes de <i>C. pubescens</i>	49
Figura 22. Preparación de dosis de auxinas (Root-Hoor).....	50
Figura 23. Combinación de dosis de auxinas en tres concentraciones.....	50
Figura 24. Desinfección de esquejes <i>C. pubescens</i> en fungicida a base de mancozeb más cymoxanil	51
Figura 25. Preparación de esquejes de <i>C. pubescens</i>	51
Figura 26. Siembra de esquejes de quina tratadas con diferentes dosis de auxinas	52
Figura 27. Evaluación de mortalidad y sobrevivencia de esquejes de <i>C. pubescens</i>	52
Figura 28. Evaluación de callosidad de los esquejes de <i>C. pubescens</i> , con diferentes sustratos y dosis de auxina.....	53
Figura 29. Evaluación de enraizamiento de esquejes de <i>C. pubescens</i> , con diferentes sustratos y dosis de auxina.....	53
Figura 30. Evaluación del número de raíces del esqueje <i>C. pubescens</i> , con diferentes sustratos y dosis de auxina.....	54
Figura 31. Ficha técnica de la hormona utilizado para el enraizamiento de esquejes.	55

RESUMEN

El género *Cinchona*, está en peligro de extinción, producto de la explotación indiscriminada de los boques, hábitad natural y la baja capacidad de regeneración. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de reguladores de crecimiento y sustratos en la propagación vegetativa de *Cinchona pubescens* Vahl (quina) en microtúnel. Se ejecutó bajo un diseño completo al azar con arreglo factorial de 3A x 4B (A: dosis de regulador de crecimiento y B: sustrato); se tuvieron 12 tratamientos y 48 unidades experimentales. En campo se colectaron ramas plagiotrópicas de quina, con tamaño de 7 cm, para luego uniformizarlos en laboratorio a 5 cm y tratarlos con las dosis de auxina en estudio. Los sustratos fueron tierra agrícola y arena combinados en proporciones S1=1:1; S2=2:1 y S3=1:2 respectivamente. En el comportamiento vegetativo de quina, se encontró que, la supervivencia y mortalidad estuvieron mayormente influenciados por el factor sustrato y no por el factor auxina. Observando, además, una mortalidad baja y con una curva decreciente durante los 60 días. El sustrato S2 (2 TA +1 AR), juntamente con la dosis de auxinas 5 ml/l, favorecieron sustancialmente en el enraizamiento (95,67%), número de raíces (50), tamaño de raíces (2,4 cm) y peso fresco de raíces (0,06 g). Se concluye que es posible propagar vegetativamente *Cinchona pubescens* V. mediante miniestaquillas. Usar una dosis de auxina y sustrato adecuado, potencia el enraizamiento de las estaquillas, facilitando la propagación masiva y conservación de especies autóctonas con capacidad de resiliencia.

Palabras claves: Auxinas, propagación, enraizamiento, estaquillas, Rubiaceae.

ABSTRACT

The genus *Cinchona* is in danger of extinction due to the indiscriminate exploitation of forests, natural habitat and low regeneration capacity. The objective of this research was to evaluate the effect of growth regulators and substrates on the vegetative propagation of *Cinchona pubescens* Vahl (cinchona) in microtunnel. It was carried out under a complete randomized design with a 3A x 4B factorial arrangement (A: dose of growth regulator and B: substrate); there were 12 treatments and 48 experimental units. Plagiotropic branches of cinchona were collected in the field, with a size of 7 cm, and then standardized in the laboratory to 5 cm and treated with the doses of auxin under study. The substrates were agricultural soil and sand combined in proportions S1=1:1; S2=2:1 and S3=1:2 respectively. In the vegetative behavior of cinchona, it was found that survival and mortality were mostly influenced by the substrate factor and not by the auxin factor. In addition, a low mortality with a decreasing curve during the 60 days was observed. The S2 substrate (2 TA +1 AR), together with the 5 ml/l auxin dose, substantially favored rooting (95.67%), root number (50), root size (2.4 cm) and root fresh weight (0.06 g). It is concluded that it is possible to vegetatively propagate *Cinchona pubescens* V. by minitunnel. Using a dose of auxin and adequate substrate enhances the rooting of the cuttings, facilitating mass propagation and conservation of native species with resilience capacity.

Keywords: Auxins, spread, rooting, root number, cuttings, Rubiaceae.

I. INTRODUCCIÓN

El género *Cinchona* conocido como “Quina o Cascarilla”, es una especie de gran importancia en el Perú y es considerado símbolo nacional, representando la riqueza florística. Sin embargo, esta especie actualmente se encuentra en peligro de extinción, producto de la explotación indiscriminada de los bosques y sus hábitats naturales, con fines de expansión agrícola y ganadera. Sin duda, esto ha generado pérdidas de muchas plantas de quina y ha imposibilitado su regeneración natural (Anda, 2002).

Actualmente, se encuentran pocas plantas de quina en los bosques naturales, algunas de ellas en fase productiva, que son inaccesibles e indisponibles durante todo el año. Si bien, esta especie se puede reproducir por semilla botánica, sin embargo, posee limitaciones en cuanto a la viabilidad y tasa de germinación, generando preocupación para proponer reproducirlos masivamente en ambientes controlados. En efecto, resulta como alternativa, la propagación mediante semilla vegetativa (estaquillas, estacas, acodos, etc.), aunque, se han reportado como especies con bajo porcentaje de prendimiento, sugiriendo que podría ser inhibido por el alcaloide (quinina) que poseen las plantas de quina (Villar et al, 2018).

No obstante, Montaña et al. (2017) demostraron lo contrario, logrando enraizamientos superlativos de estacas de *Cinchona officinalis* (88,3% - 96,67%), producto de la obtención del material vegetativo a partir de jardines clonales. Además, los mismos autores observaron, comportamientos fisiológicos variados de las estacas (alta tasa de defoliación y pudrición) cuando las condiciones del sustrato no son las adecuados. En contraste, Sánchez et al. (2020), en una investigación desarrollada en Amazonas-Perú, lograron propagar la quina mediante estaquillas colectados directamente de campo, con porcentajes de enraizado superior al 50%. En su estudio usaron la auxina AIB-98% en una dosis de 2000 ppm y sustrato a base de turba y arena. En la misma línea, Sanchez et al. (2021), corroboraron tal efecto, usando estacas basales y tiempo de absorción de la auxina (6 a 10 min). En otros estudios, Castañeda et al. (2019), probaron sustratos combinados en la propagación vegetativa de quina, logrando un buen porcentaje de enraizado con el sustrato combinado (35% de hojarasca + 35% de franco arenoso + 20 % de tierra orgánica y 10% de arena), empleando estacas lignificadas.

Si bien las investigaciones realizadas, datan de buenos resultados empleando auxinas químicamente puras y sustratos comerciales, por lo que, Vargas et al. (2023), probaron el efecto de auxinas (AIB-98% y root-hor) y sustratos locales en el enraizamiento de café

(Rubiaceae), logrando altos índices de enraizamiento y crecimiento radicular con AIB-98%. No obstante, con root-hor no lograron un buen enraizamiento, siendo superados por el testigo. En consecuencia, se deduce, que las auxinas muestran efectos diferenciados, variando según la especie vegetal estudiada (García et al., 2005).

Adicionalmente, Mora et al. (2016), mencionan que para propagar estacas exitosamente, se debe usar un material vegetal tierno (preferentemente yemas apicales). Éstos, poseen una alta capacidad de acumular auxinas naturales, incluso en mayor proporción que las estacas basales (lignificadas), también es importante tener en cuenta la fisiología de las plantas matrices (edad y estado fenológico) y las condiciones ambientales, durante la fase de enraizamiento (Infante, 2016).

García et al. (2005), mencionan que, las auxinas, son claves en la división celular, sobresaliendo el ácido indol butírico - AIB y ácido naftalen acético – ANA, ambos con efectos diferenciados según especie vegetal estudiada. Los mismos autores, también resaltan que el sustrato es otro factor, indispensable en la propagación vegetativa, ya que éstos generan efectos indirectos en la formación de raíces, ya que éstos, brindan condiciones adecuadas (regulación de temperatura, aireación, suministro de nutrientes y humedad) para la sobrevivencia y enraizamiento de las estaquillas (Hartmann et al., 2011; Martínez-Gutiérrez et al., 2016).

En función a los diversos resultados obtenidos en investigaciones mencionadas anteriormente, propagar la quina genera altas expectativas. En efecto, con el afán de buscar técnicas e insumos alternativos, con buena factibilidad técnica y económica para optimizar la propagación masiva de quina en condiciones externas a su hábitat, el presente estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de reguladores de crecimiento y sustratos en la propagación vegetativa de *Cinchona pubescens* vahl (quina) en microtunel, Amazonas, Perú.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

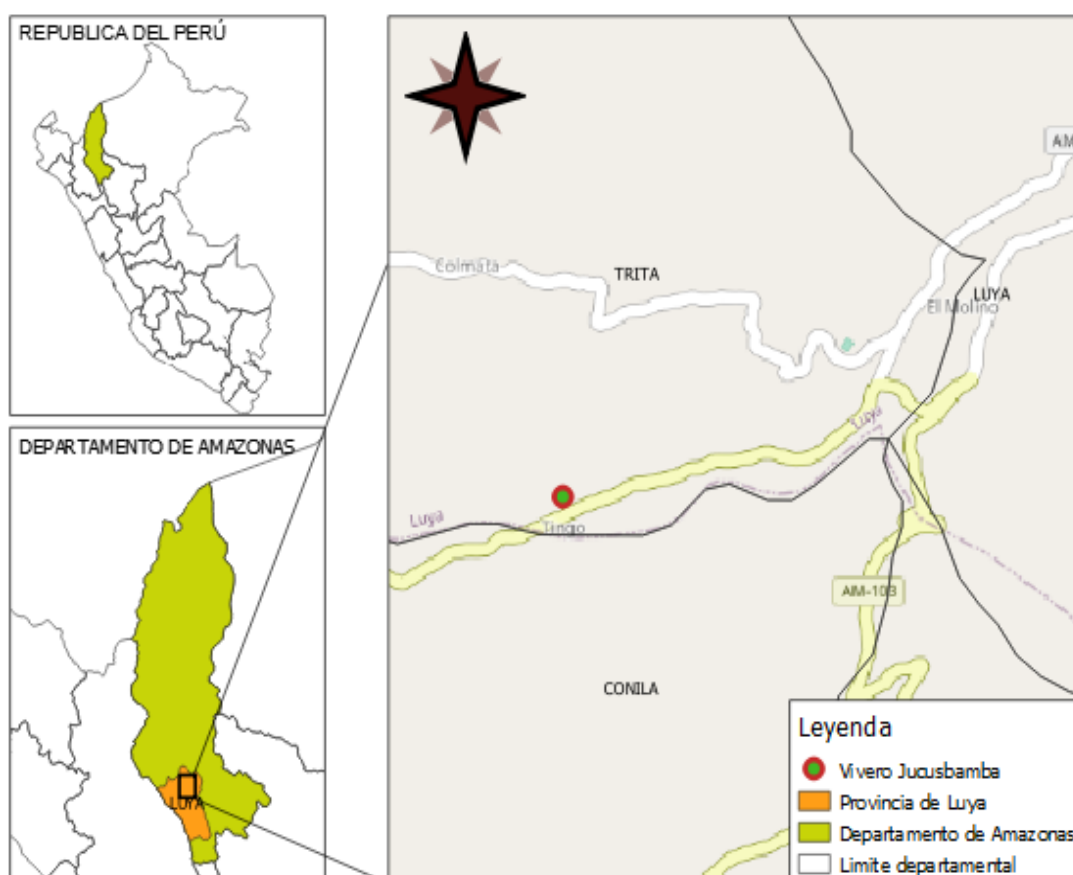
2.1. Área de Estudio

La presente investigación se ejecutó en el Anexo el Tingo, distrito Conila, provincia Luya, región Amazonas. Las coordenadas fueron Latitud $6^{\circ} 11' 28,48''$; longitud S $77^{\circ} 59' 4,71''$ W y altitud 2 341 m s.n.m. En el centro experimental de la empresa Servicios Generales Jucusbamba E.I.R.L.

La empresa tiene por actividad principal la producción masiva de plantas de quina en vivero y otras plantas nativas, con fines comerciales e investigación para la adaptación en la misma zona.

Figura 1.

Ubicación geográfica del área de estudio en el distrito de Conila, Luya.



Nota. *ubicación del vivero de la empresa servicios generales Jucusbamba E.I.R.L. (elaboración propia)*

2.2. Población y Muestra

La población estuvo constituida por 216 estaquillas de quina (*C. pubescenes*), colectadas del bosque montano Conila. Todas las estaquillas estuvieron en capacidad de evaluación, por lo que se consideró la población igual a la muestra, por tratarse de una investigación experimental con población finita.

2.3. Variables de Estudio

Variable Independiente

- Dosis de regulador de crecimiento (dosis de auxinas)
- Sustratos

Variable Dependiente

- Comportamiento vegetativo (porcentaje de mortalidad y sobrevivencia).
- Prendimiento (porcentaje de enraizamiento, número de raíces, longitud de raíces y peso de raíz).

Tabla 1.

Operacionalización de las variables

Variable independiente	Definición conceptual	Dimensión operacional	
		Dimensiones	Indicadores (unidad de medida)
Regulador de crecimiento	Hormonas promotoras de formación de callos y estimulación de raíces en tejidos vegetales	Dosis	• ml/l
		- 0 ml	
		- 3 ml	
		- 5 ml	
Sustrato	Medio sólido e inerte que da protección y soporte para el desarrollo de las plantas	Combinación:	Volumen (cm ³)
		- S1 (1 Tierra Agrícola + 1 Arena)	
		- S2 (2 Tierra Agrícola + 1 Arena)	
		- S3 (1 Tierra Agrícola + 2 Arena)	
Variable dependiente	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores (unidad de medida)

Comportamiento vegetativo			
Supervivencia y mortalidad	Comportamiento de estacas frente a un factor o condición aplicada	Supervivencia Mortalidad	<ul style="list-style-type: none"> • Supervivencia (%) • Mortalidad (%/días)
Prendimiento			
Enraizamiento de estaquillas	Proceso por el cual las plantas o estacas generan nuevas raíces mediante la mitosis	Morfometría radicular	<ul style="list-style-type: none"> • Callosidad (%) • Enraizamiento (%) • Número de raíces (unid.) • Tamaño de raíces (cm) • Peso de raíces (mg)

2.4. Diseño de la investigación

La investigación se desarrolló bajo un diseño completo al azar (DCA), con arreglo factorial de 3A x 4B. Dónde A: dosis de regulador de crecimiento y B: sustrato; dando 12 tratamiento con 3 repeticiones y 6 estaquillas como sub-muestras.

Tabla 2.

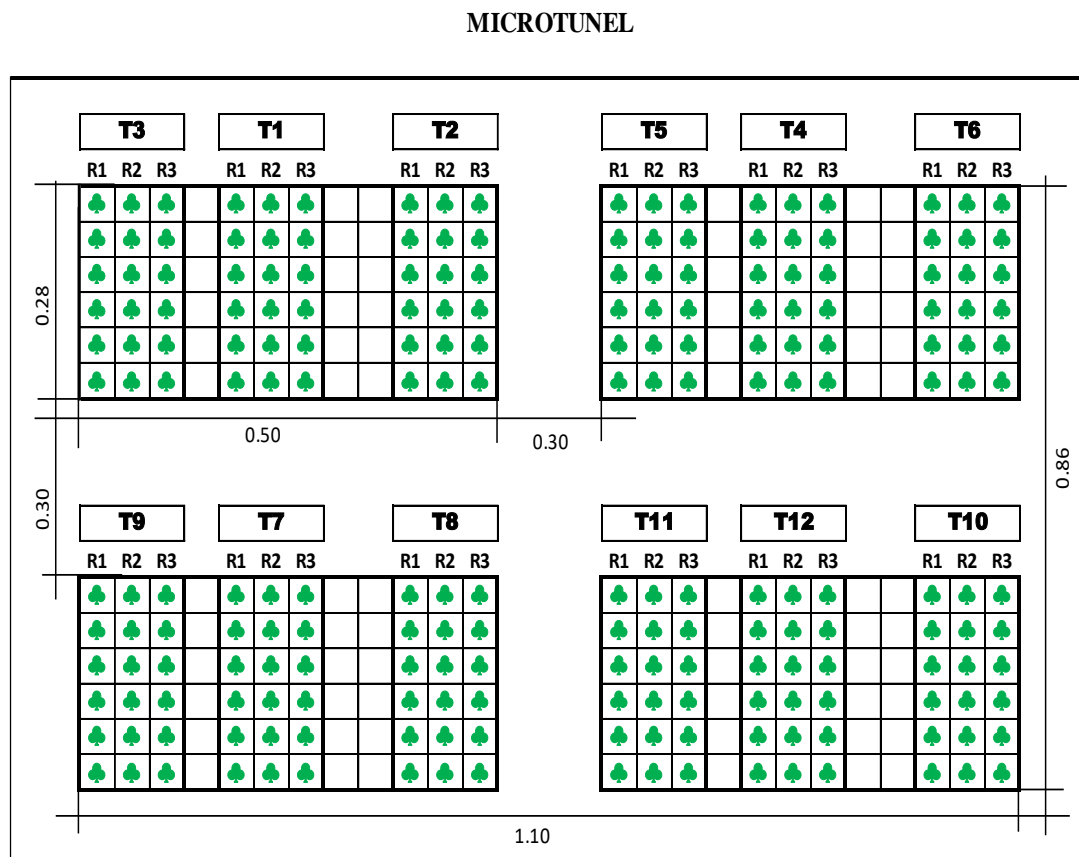
Distribución de factores y tratamientos en C. pubescens

Tratamiento	Factor A: Dosis		Interacción A x B
	regulador de crecimiento (ml/l)	Factor B: Sustrato	
T1	0 (a0)	S1 (1 T.A + 1 AR)	b1
T2	0 (a0)	S2 (2 T.A + 1 AR)	b2
T3	0 (a0)	S3 (1 T.A + 2 AR)	b3
T4	3 (a1)	S1 (1 T.A + 1 AR)	b1
T5	3 (a1)	S2 (2 T.A + 1 AR)	b2
T6	3 (a1)	S3 (1 T.A + 2 AR)	b3
T7	5 (a2)	S1 (1 T.A + 1 AR)	b1
T8	5 (a2)	S2 (2 T.A + 1 AR)	b2
T9	5 (a2)	S3 (1 T.A + 2 AR)	b3
T10	7 (a3)	S1 (1 T.A + 1 AR)	b1
T11	7 (a3)	S2 (2 T.A + 1 AR)	b2
T12	7 (a3)	S3 (1 T.A + 2 AR)	b3

Nota. S: sustrato; T.A: tierra agrícola; AR: arena

Figura 2.

Diseño de la investigación bajo un DCA simple



Nota. Elaboración propia.

2.5. Métodos, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

La investigación tuvo dos objetivos específicos, los cuales fueron agrupados, en dos componentes. Componente **II**: *Determinar el comportamiento vegetativo de los esquejes de quina bajo los efectos de dosis de auxinas y sustratos*. Componente **I**: *Determinar el efecto de auxinas y sustratos en la capacidad rizogénica y biomasa de los esquejes de quina* y Para el cumplimiento de todos los componentes, se siguió una metodología similar para los dos, desarrollados de la siguiente manera:

Colecta de material vegetal (esquejes)

Los esquejes fueron colectados del bosque montano Conila con coordenadas S 6° 11' 49,1" W 078° 03' 14,9", altitud 2057 m s.n.m. Para la selección de la planta madre se usó la cartilla de identificación de la especie realizada por el Herbario de la

Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias – UNTRM (KUÉLAP) (Anexo-Figura 19). La selección consistió en ubicar una sola planta matriz de quina con tamaño mayor a 2 m y en etapa fenológica de crecimiento. Ésta, fue seleccionada por presentar un buen porte, fuste recto, buena formación de la copa y libre de plagas y enfermedades (Ver anexo Figura 20).

Con una tijera telescópica, se cortaron ramas plagiotrópicas, luego, se cortaron en tamaño de 7 a 10 cm (Anexo 3, Figura 21). Éstos fueron cubiertos con papel craft y humedecidos, para depositarlos en cajas de tecnopor debidamente esterilizadas. Durante la colecta se tuvo consideraciones como el horario (por la mañana), cortes de las hojas de los brotes, para evitar la pérdida de agua por transpiración. El material, finalmente fue trasladado a vivero para la preparación y fase de tratamiento.

Preparación de sustrato

El sustrato general, estuvo constituido por las mezclas proporcionales a base de tierra agrícola y arena de cerro. El primero, fue colectado de una parcela sin intervención agrícola en el Anexo Tingo, distrito Conila. Para ello, se extrajo la parte superficial (20 cm de profundidad) empleando picos y pala recta, depositándolos en bolsas plásticas limpias. En vivero, éstos, fueron pasados por una zaranda de 3/8”, para uniformizar las partículas finas. Por otro lado, el sustrato arena de cerro, fue obtenido de la misma zona, pasando por un proceso de desinfección con agua hervida (100 °C). Luego, se mezcló con tierra agrícola, según las proporciones 1:2 v/v; 1:1 v/v y 2:1 v/v respectivamente. Finalmente, se depositó sobre un plástico de polietileno negro, para el secado y almacenamiento.

Preparación de la solución de auxinas

Se empleó el regulador de crecimiento comercial Root-Hor (0,4% ácido naftalenacético ANA + 0,1% ácido indolbutírico AIB). Éste, fue preparado en agua esterilizada con concentraciones volumétricas de 3 ml/L, 5 ml/L y 7 ml/L respectivamente (Anexo 3, Figura 22 y 23). La solución, se dejó reposar por un tiempo de 10 minutos y luego fueron almacenadas en tubos falcom, sin exposición directa a la luz.

Preparación de estaquillas y tratamiento con auxinas

Las estaquillas procedentes de campo, pasaron por un proceso de desinfección con fungicida a base de mancozeb + cymoxanil, en una concentración de 1 g/L de agua (Anexo 3, figura 24). Sobre la solución se sumergieron los esquejes de quina por 30 segundos, luego, fueron colocados en papel craft a temperatura ambiente. El siguiente proceso fue cortar las hojas, dejando un par y con 50% de área foliar.

La preparación de las estaquillas, consistió, en realizar cortes del tallo de manera transversal al eje, dejando un tamaño promedio de 5 a 7 cm (Anexo 3, figura 25). Posteriormente, se eliminó el exceso de savia, con un papel toalla y finalmente fueron tratadas con la auxina, según las dosis en estudio. El tiempo de sumergimiento de las estacas en la hormona, fue 12 horas.

Siembra y colocación en microtúnel

Las estaquillas tratadas con auxina, fueron depositadas en papel Kraft por 10 minutos a temperatura ambiente (20 °C). Este proceso, fue fundamental, para eliminar el exceso de auxina y cicatrizar bien las lesiones generadas por los cortes. Luego, se sembró en las bandejas plásticas de 72 cavidades (50 x 28 x 4cm respectivamente), mismo que contuvo los sustratos combinados. Los esquejes fueron introducidos la base a 2 cm de profundidad, luego, se presionó con el sustrato, para no dejar cámaras de aire (Anexo 3, figura 26). Finalmente, se aplicó un riego pulverizado, para posteriormente dejarlos en el microtúnel.

Evaluación

La evaluación de supervivencia se realizó cada 7 días, durante los 60 días (duración de la investigación). Mientras que, la generación de callos y enraizamiento de las estaquillas, se realizó a 60 días, una vez finalizado la investigación, con la finalidad de no dañar e interrumpir la fase de enraizamiento.

Objetivo específico 1

Mortalidad y Supervivencia: se tomó datos con un intervalo de 7 días, estimando la mortalidad, mediante la fórmula logarítmica propuesta por Aguirre-Mendoza et al. (2019) (Figura 27).

$$m = (N_s - N_o) * 100$$

Dónde:

m = Mortalidad, expresada en %/días

N_o = Número de estacas en primera evaluación

N_s = Número de estacas sobrevivientes

Objetivo específico 2

Enraizamiento: para el enraizamiento, se contabilizó las estacas que presenten al menos una raíz con tamaño mayor a 1 mm (Rivera-Rodríguez et al, 2016) (Figura 29 y 30). Luego en Excel se transformó a porcentaje empleando la siguiente fórmula.

$$\text{Enraizamiento} = \frac{\text{N}^\circ \text{ estacas con raíz}}{\text{N}^\circ \text{ total de estacas}} \times 100$$

Número de raíces: se contabilizó las raíces que presenten un tamaño mayor a 1 mm (Rivera-Rodríguez et al, 2016).

Tamaño de raíces: con un vernier digital se midió las raíces desde la base hasta el ápice. Todos los datos fueron registrados en una libreta de campo.

Callosidad: se contabilizó las estaquillas con presencia de callos (color blanquecino en la parte de corte) (Figura 28). Luego se usó la fórmula para estimar en porcentaje:

$$\text{Callosidad} = \frac{\text{N}^\circ \text{ estacas con callo}}{\text{N}^\circ \text{ total de estacas}} \times 100$$

2.6. Análisis Estadístico de los Datos

Los datos de mortalidad y supervivencia, fueron recopilados en una libreta física, luego fueron pasado a Excel, para elaborar una matriz general de datos. Los parámetros de enraizamiento, también fueron sistematizados en una matriz general en Excel (Anexo 2, tabla 8). Luego, fueron analizados el cumplimiento de los supuestos de normalidad (Shapiro Wilk) y homogeneidad de varianzas (Levene). Los datos, normales y homogéneos fueron analizados mediante el ANOVA (*P-valor* < 0,05) y sus medias fueron analizados con el test de Tukey ($\alpha = 5\%$). Se empleó el software estadístico, InfoStat versión 2020.

III. RESULTADOS

Sección I: Comportamiento vegetativo de esquejes de *C. pubescens* con reguladores de crecimiento y sustratos

Supervivencia

Tabla 3.

ANOVA para el porcentaje de sobrevivencia de esquejes de *C. pubescens* bajo los efectos de sustratos y dosis de auxinas

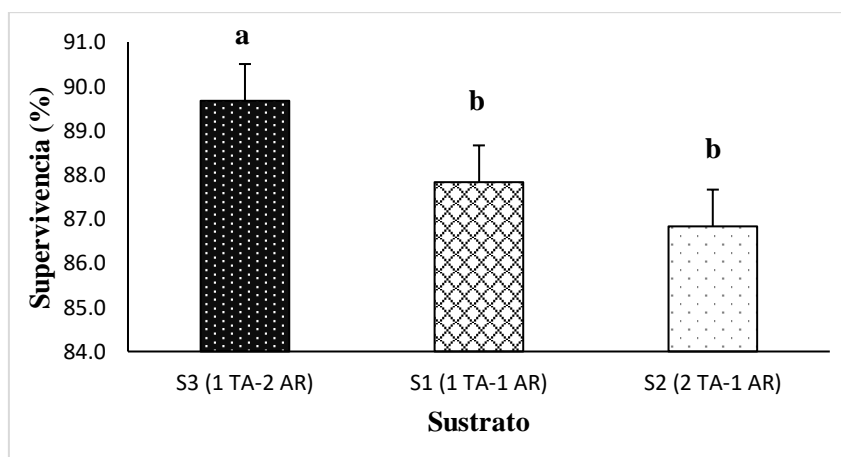
F. V	S.C	gl	C.M	F-Valor	P-Valor
Sustrato	49,6	2	24.8	18.6	<0,0001**
Dosis de auxinas	274	3	91.3	68.5	<0,0001**
Sustrato*Dosis de auxinas	672	6	112	84	<0,0001**
Error experimental	32	24	1.33		
Total	1027,6	35			

Nota. **=altamente significativo (P -valor < 0,01); *=significativo (P -valor < 0,05); F.V.: fuente de variación; SC: suma de cuadrados; gl: grados de libertad; CM: cuadrados medio; F: Fisher

La tabla 3 muestra el análisis de varianza ANOVA ($P < 0,05$), para la variable supervivencia de los esquejes de *C. pubescens*. Se observa diferencias altamente significativas en el factor sustrato, dosis de auxina y la interacción de factores.

Figura 3

Test de Tukey (5%) para porcentaje de supervivencia de esquejes de *C. pubescens* bajo el efecto de sustratos.



Nota. S1 (1 tierra agrícola + 1 arena), S2 (2 tierra agrícola + 1 arena), S3 (1 tierra agrícola + 2 arena).

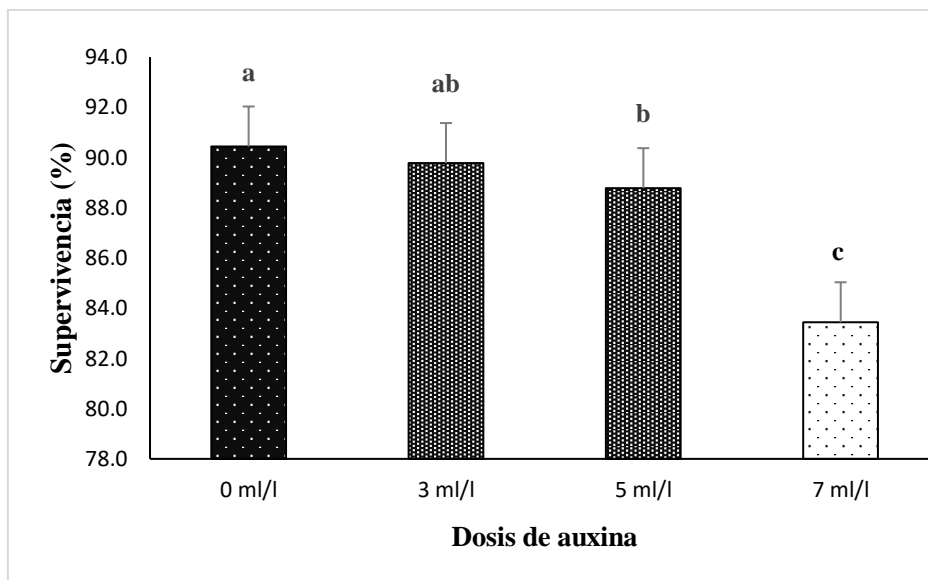
Letras diferentes manifiestan diferencias significativas (Tukey, $\alpha = 0,05$).

En la Figura 3, se muestra la comparación múltiple de Tukey ($\alpha = 0,05$) para la supervivencia, bajo el efecto de sustratos, donde se observa que los esquejes de quina mostraron alta supervivencia con el uso del sustrato S3 (1 tierra agrícola + 2 de arena) con un 89,7 %; mostrando el pico más bajo S1 (1 tierra agrícola + 1 arena) y S2 (2 tierra agrícola + 1 arena) con 87,8 % y 86,8 % respectivamente.

Figura

4.

Test de Tukey (5%) para el porcentaje de supervivencia de esquejes de C. pubescens bajo el efecto de dosis de auxinas

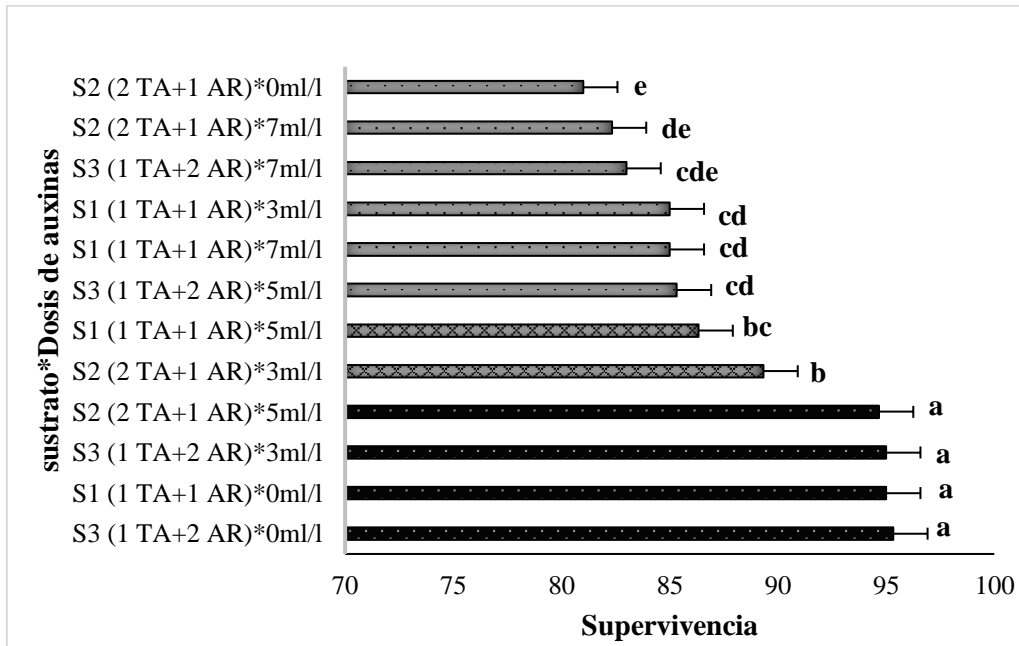


Nota. Letras diferentes manifiestan diferencias significativas (Tukey, $\alpha = 0,05$).

En la Figura 4, se muestra la comparación múltiple de Tukey ($\alpha = 0,05$), donde se reporta que los esquejes de quina bajo el efecto de dosis de auxinas, se obtuvo diferencia altamente significativa, sin la aplicación de auxinas y los esquejes que fueron tratadas con la dosis más alta de auxina (7 ml/L) tuvieron el menor porcentaje de supervivencia con el 83 %.

Figura 5.

Test de Tukey (5%) para el porcentaje de supervivencia de esquejes de *C. pubescens*, bajo la interacción sustrato y dosis de auxinas.



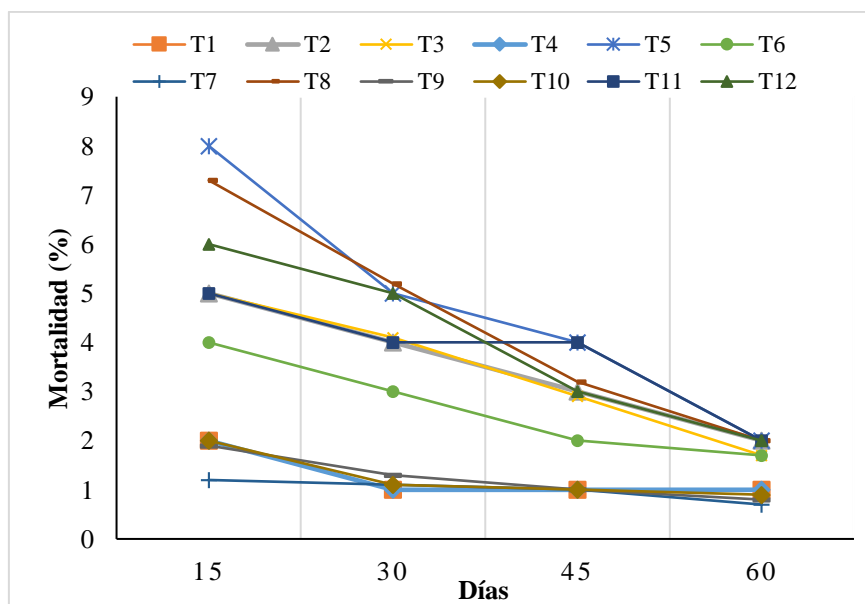
Nota. Letras diferentes manifiestan diferencias significativas (Tukey, $\alpha = 0,05$).

En la Figura 5, se muestra la comparación múltiple de Tukey (5%) para el porcentaje de supervivencia, bajo el efecto de la interacción de factores; sustrato*dosis de auxinas. Se observa que los esquejes tuvieron mayor sobrevivencia con la interacción S3 (1 TA+2 AR) *0 ml/l, S1 (1 TA+1 AR) *0 ml/l, S3 (1 TA+2 AR) *0 ml/l y S2 (2 TA+1 AR) *5 ml/l, alcanzó una diferencia significativa con un 95,3 %; 95 %; 95 % y 94,7 % respectivamente, frente a las demás interacciones.

Mortalidad

Figura 6.

Curva de mortalidad de esquejes de *C. pubescens*, bajo el efecto sustratos y dosis de auxinas



En la Figura 6, se observa la mortalidad por días; desde los 15 hasta el día 60 de los esquejes de quina bajo los efectos de los tratamientos, en general se encontró que su mortalidad fue mayor en los primeros 15 días, siendo la etapa más crítica, el cual fue decreciendo en las siguientes evaluaciones hasta los 60 días, llegando a menos del 2% de mortalidad (4 veces menor a la mortalidad inicial).

Sección II: Capacidad rizogénica y biomasa de esquejes de quina

Enraizamiento

Tabla 4.

ANOVA para el porcentaje de enraizamiento *C. pubescens*

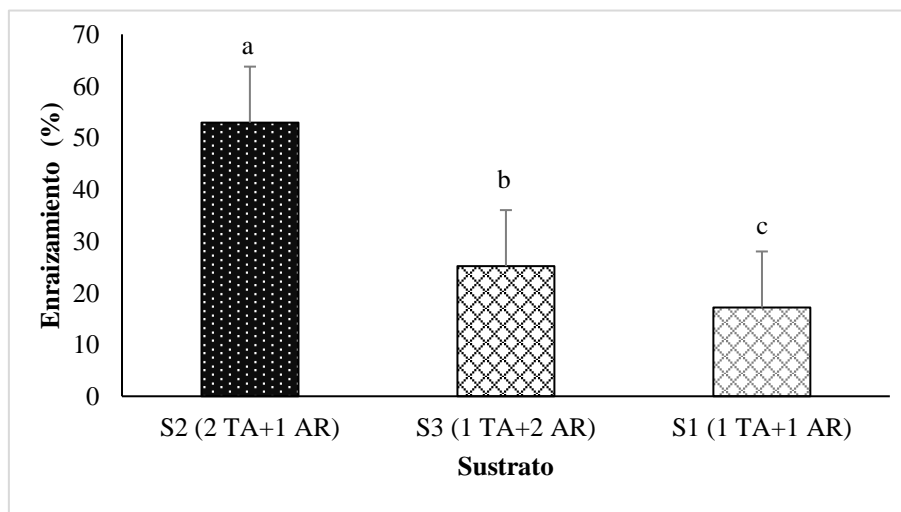
F. V	S.C	gl	C.M	F-Valor	P-Valor
Sustrato	8448,5	2	4224	1289	<0,0001**
Dosis de auxinas	8558,9	3	2853	870	<0,0001**
Sustrato*Dosis de auxinas	2840,6	6	473	144	<0,0001**
Error experimental	78,67	24	3		
Total	19926,75	35			

Nota. **=altamente significativo ($P\text{-valor} < 0,01$); F.V.: fuente de variación; SC: suma de cuadrados; gl: grados de libertad; CM: cuadrados medio; F: Fisher

En la Tabla 4, se muestra el análisis de varianza ANOVA ($P < 0,05$), para el porcentaje de enraizamiento, indica que, existió diferencias estadísticas significativas en el factor sustrato y dosis de auxinas aplicados para esquejes, así mismo, se reporta diferencias significativas en la interacción de factores.

Figura 7.

Test de Tukey (5%) para el porcentaje de enraizamiento de esquejes de C. pubescens, bajo el efecto de sustratos.

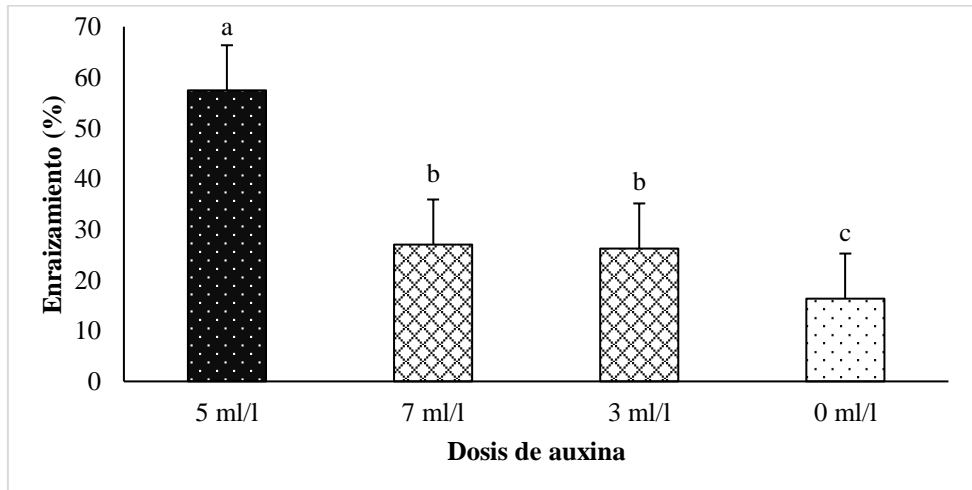


Nota. Letras diferentes manifiestan diferencias significativas (Tukey, $\alpha = 0,05$).

la Figura 7, se muestra el test post hoc de Tukey ($\alpha = 0,05$), donde S2 (2 tierra agrícola + 1 arena) favoreció el enraizamiento de los esquejes de quina con más del 50% en los tratamientos, por su parte los sustratos S3 (1 tierra agrícola + 2 de arena) y S1(1 tierra agrícola + 1 arena) no superaron el 30 % de enraizamiento.

Figura 8.

Test de Tukey (5%) para el porcentaje de enraizamiento de esquejes de C. pubescens, bajo el efecto de dosis de auxinas

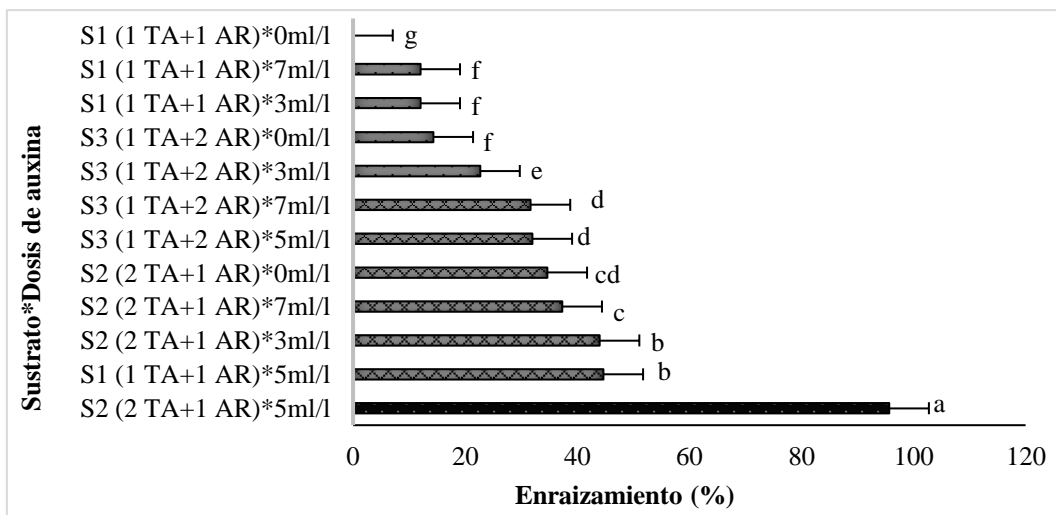


Nota. Letras diferentes manifiestan diferencias significativas (Tukey, $\alpha = 0,05$).

En la Figura 8, se muestra el test post hoc de Tukey ($\alpha = 0,05$), para la el porcentaje de enraizamiento de estaquillas, bajo la aplicación de auxinas. Las estaquillas con la dosis 5 ppm alcanzo una diferencia significativa frente a las otras dosis de auxina superando un 50 % de enraizamiento.

Figura 9.

Test de Tukey (5%) para el porcentaje de enraizamiento en los esquejes de C. pubescens, bajo la interacción de factores.



Nota. Letras diferentes manifiestan diferencias significativas (Tukey, $\alpha = 0,05$).

En la Figura 9, se muestra la comparación múltiple de Tukey (5%) para el porcentaje de enraizamiento, bajo el efecto de la interacción de factores; sustrato*dosis de auxinas, reportando que el sustrato 2 (S2) con la dosis 5 ml/l alcanzo el 95,7 % de estaquillas enraizadas, siendo altamente significativo frente a las demás interacciones.

Número de raíces

Tabla 5.

ANOVA para el Número de raíces C. pubescens, bajo los efectos de sustratos y auxinas

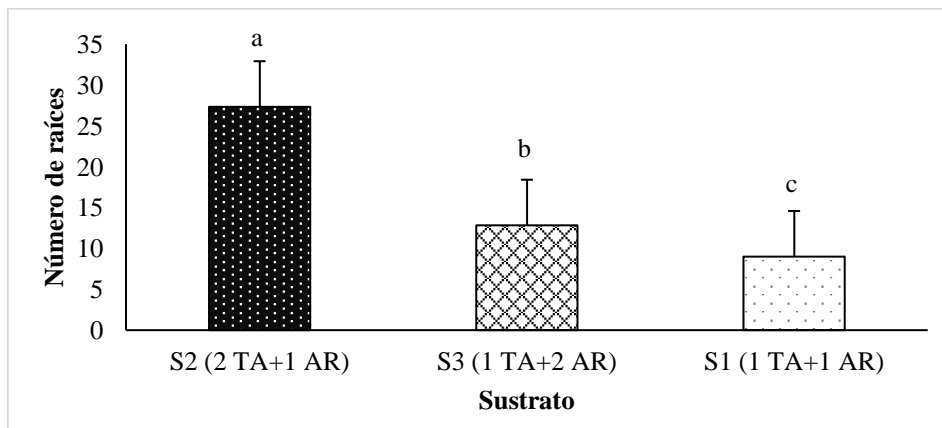
F. V	S.C	G. L	C.M	F-Valor	P-Valor
Sustrato	2244,2	2	1122	1224	0,0001**
Dosis de auxinas	2427	3	809	883	0,0001**
Sustrato*Dosis de auxinas	839,33	6	140	153	0,0001**
Error experimental	22	24	1		
Total	5532,56	35			

Nota. **=altamente significativo (P -valor < 0,05); F.V.: fuente de variación; SC: suma de cuadrados; gl: grados de libertad; CM: cuadrados medio; F: Fisher

La Tabla 5, muestra el análisis de varianza ANOVA ($P < 0,05$), para el número de raíces, observando diferencias altamente significativas en los dos factores y la interacción de ambos.

Figura 10.

Test de Tukey (5%) para el número de raíces de esquejes de C. pubescens, bajo el efecto de sustratos.

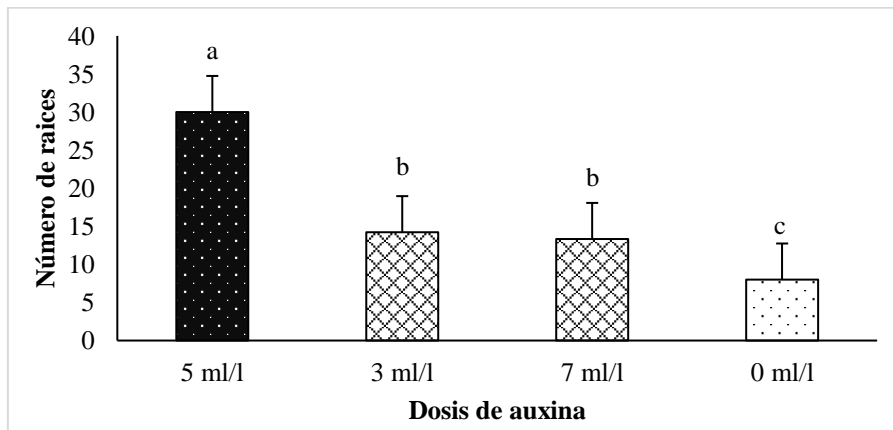


Nota. Letras diferentes manifiestan diferencias significativas (Tukey, $\alpha = 0,05$).

En la Figura 10, se muestra el test post hoc de Tukey ($\alpha = 0,05$), donde S2 (2 tierra agrícola + 1 arena) favoreció el crecimiento de raíces de quina, seguido del sustrato 3 (1 tierra agrícola + 2 de arena) y S1 (1 tierra agrícola + 1 arena) que alcanzaron 12 raíces en promedio.

Figura 11.

Test de Tukey (5%) para el número de raíces de esquejes de C. pubescens, bajo el efecto de dosis de auxinas

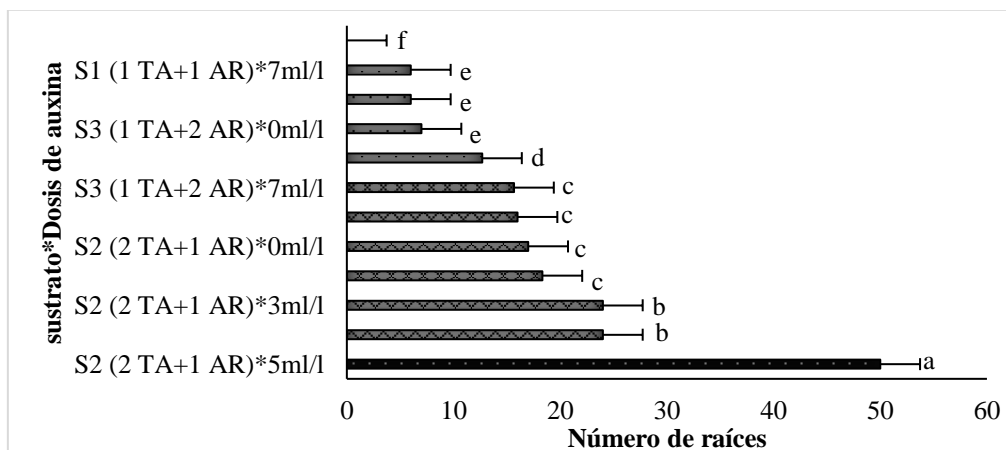


Nota. Letras diferentes manifiestan diferencias significativas (Tukey, $\alpha = 0,05$).

En la Figura 11, se muestra el test post hoc de Tukey ($\alpha = 0,05$) para número de raíces, bajo efecto de dosis de auxinas, donde la dosis 5ml/L alcanzó una diferencia significativa frente a las otras dosis en el número de raíces.

Figura 12.

Test de Tukey (5%) para el número de raíces de C. pubescens, bajo la interacción de factores



Nota. Letras diferentes manifiestan diferencias significativas (Tukey, $\alpha = 0,05$).

En la Figura 12, se muestra la comparación múltiple de Tukey (5%) para el número de raíces, bajo el efecto de la interacción de factores (sustrato*dosis de auxinas), reportando que el sustrato 2 (S2) con la dosis 5 ml/L alcanzo en promedio 50 raíces de los esquejes, siendo altamente significativo frente a las demás interacciones.

Tamaño de raíz

Tabla 6.

Análisis de varianza para el tamaño de raíz, bajo los efectos de sustratos y dosis de auxinas en estaquillas de *C. pubescens*

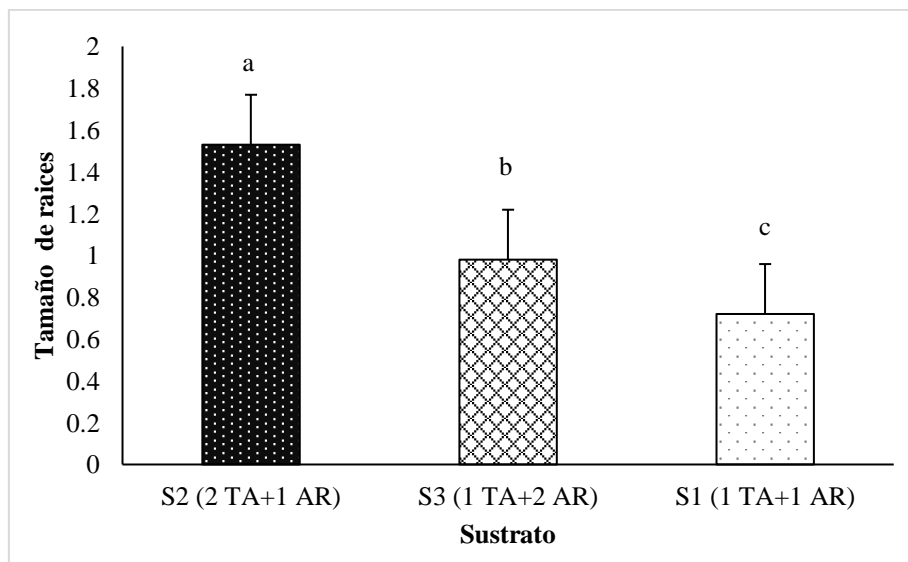
F. V	S.C	gl	C.M	F-Valor	P-Valor
Sustrato	4,09	2	2	254	<0,0001**
Dosis de auxinas	3,95	3	1	164	<0,0001**
Sustrato*Dosis de auxinas	1,74	6	0	36	<0,0001**
Error experimental	0,19	24	0		
Total	9,98	35			

Nota. **=altamente significativo (P -valor < 0,01); F.V.: fuente de variación; SC: suma de cuadrados; gl: grados de libertad; CM: cuadrados medio; F: Fisher

El análisis de varianza ANOVA ($P < 0,05$), indica que existió diferencias altamente significativas para cada factor independiente y en interacción, indica que, existió diferencias altamente significativas en el factor sustrato y dosis de auxinas (Tabla 6).

Figura 13.

Test de Tukey (5%) para el tamaño de raíces de *C. pubescens*, bajo el efecto de sustratos.

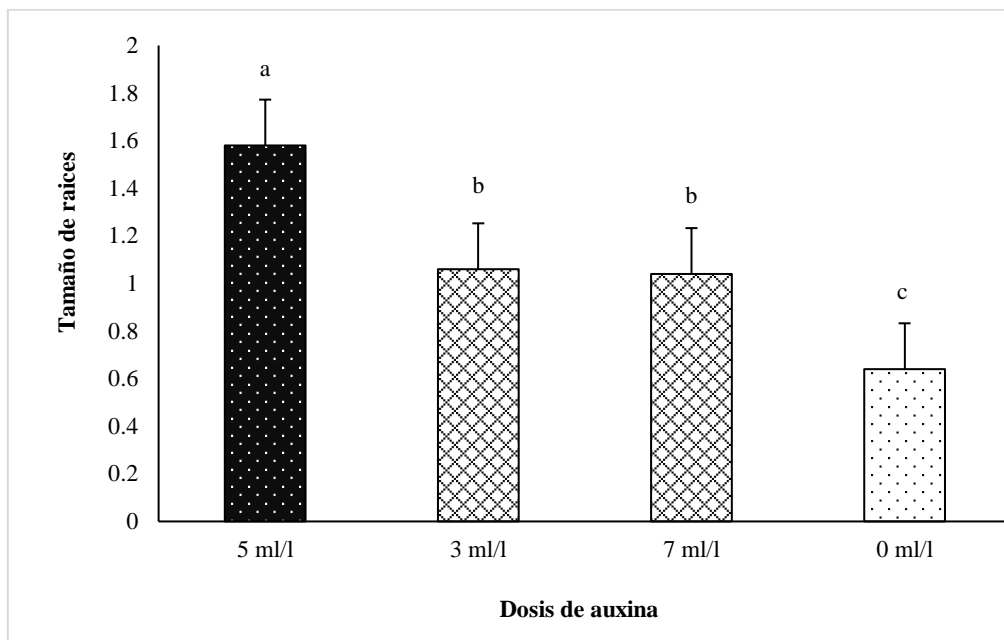


Nota. Letras diferentes manifiestan diferencias significativas (Tukey, $\alpha = 0,05$).

En la Figura 13, se muestra el test post hoc de Tukey ($\alpha = 0,05$), donde S2 (2 tierra agrícola + 1 arena) favoreció el tamaño de raíces de quina alcanzando más de 1,5 cm, por su parte los sustratos: S3 (1 tierra agrícola + 2 de arena) y S1 (1 tierra agrícola + 1 arena) obtuvieron menos de 1 cm.

Figura 14.

Test de Tukey (5%) para el Tamaño de raíz de C. pubescens, bajo el efecto de dosis de auxinas

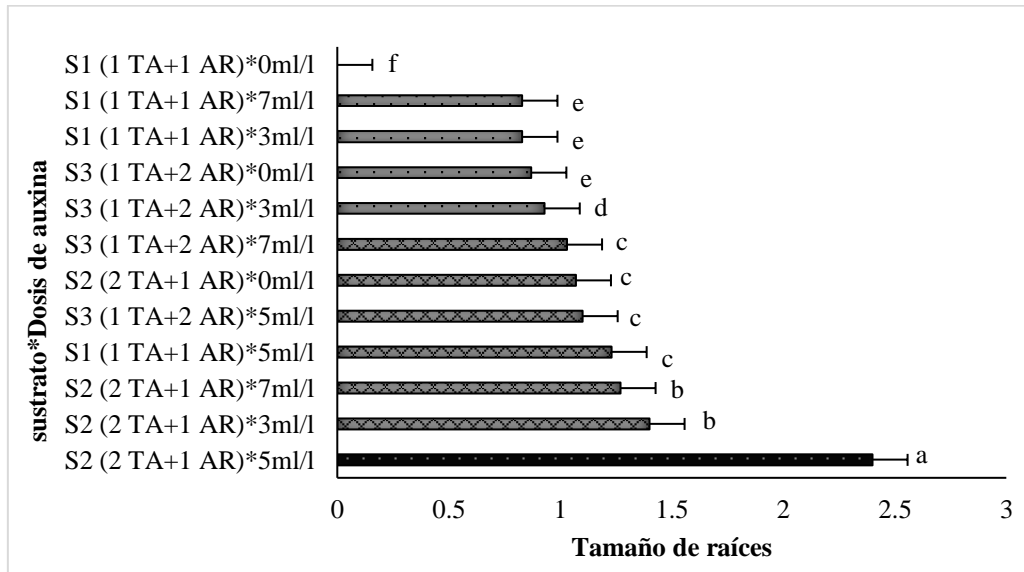


Nota. Letras diferentes manifiestan diferencias significativas (Tukey, $\alpha = 0,05$).

En la Figura 14, se muestra el test post hoc de Tukey ($\alpha = 0,05$), donde la dosis 5 ml/L alcanzo una diferencia altamente significativa con 1,58 cm, mientras que los demás tratamientos solo alcanzaron 1 cm y sin la aplicación de auxinas solo 0,6 cm.

Figura 15.

Test de Tukey (5%) para el tamaño de raíces en las estaquillas C. pubescens, bajo la interacción de factores.



Nota. Letras diferentes manifiestan diferencias significativas (Tukey, $\alpha = 0,05$).

En la Figura 15, se muestra la comparación múltiple de Tukey (5%) para el tamaño de raíces, bajo el efecto de la interacción de factores (sustrato*dosis de auxinas), reportando que el sustrato 2 (S2) con la dosis 5 ml/L alcanzo 2,4 cm de tamaño en las raíces de los esquejes, siendo altamente significativo frente a las demás interacciones.

Callosidad

Tabla 7.

ANOVA para el porcentaje de callosidad, bajo los efectos de sustratos y dosis de auxinas

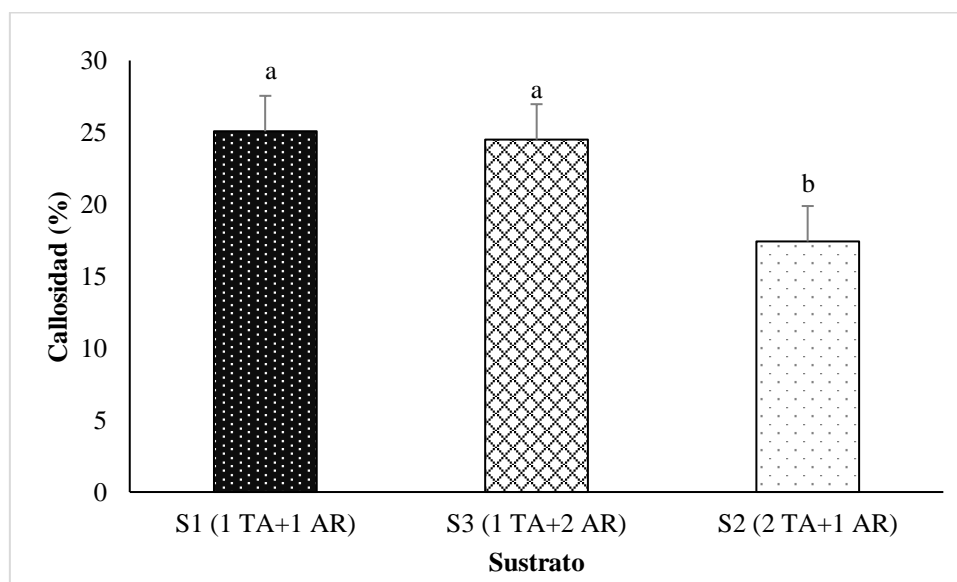
F. V	S.C	gl	C.M	F-Valor	P-Valor
Sustrato	437,1	2	218,6	68,4	<0,0001**
Dosis de auxina	686,4	3	228,8	71,6	<0,0001**
Sustrato*Dosis de auxina	617,72	6	102,9	32,2	<0,0001**
Error	76,7	24	3,2		
Total	1818	35			

Nota. **=altamente significativo ($P\text{-valor} < 0,01$); *=significativo ($P\text{-valor} < 0,05$); F.V.: fuente de variación; SC: suma de cuadrados; gl: grados de libertad; CM: cuadrados medio; F: Fisher

La Tabla 7, muestra el análisis de varianza ANOVA ($P < 0,05$), observando diferencias significativas para los factores dosis de auxina y sustrato, así como la combinación de ambos; sugiriendo que éstos, tuvieron efectos en la variable estudiada.

Figura 16.

Test de Tukey (5%) para el porcentaje de callosidad de esquejes de C. pubescens, bajo el efecto de sustratos.

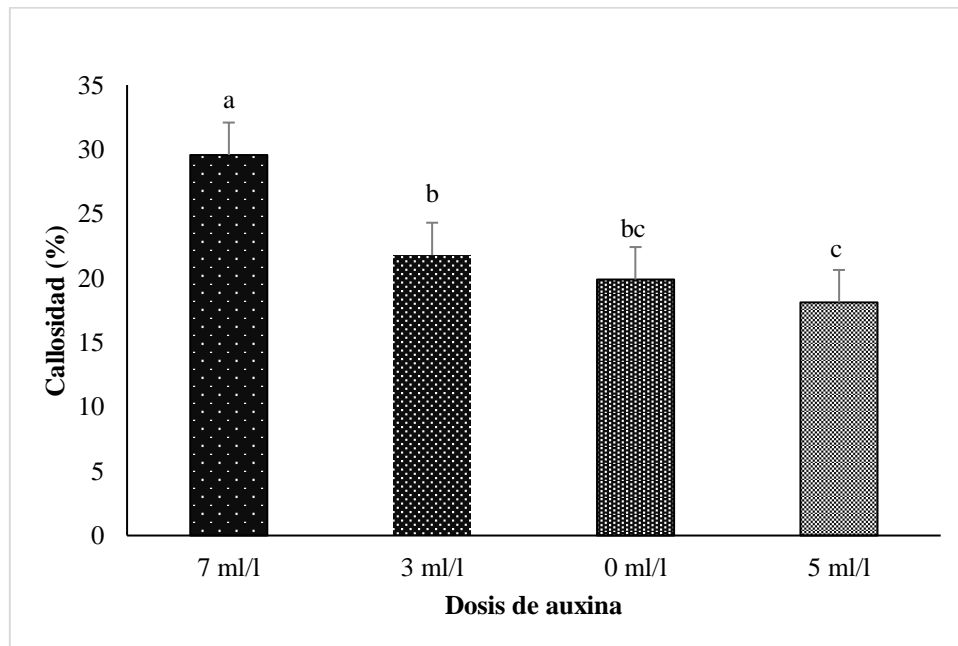


Nota. Letras diferentes manifiestan diferencias significativas (Tukey, $\alpha = 0,05$).

En la Figura 16, se muestra el test post hoc de Tukey ($\alpha = 0,05$) para la variable porcentaje de callosidad nos muestra que, S1 (1 tierra agrícola + 1 arena), S3 (1 tierra agrícola + 2 de arena) benefició la variable de una manera significativa frente al sustrato S2 (2 tierra agrícola + 1 arena) que estuvo por debajo del 20 %.

Figura 17.

*Test de Tukey (5%) para el porcentaje de callosidad de esquejes de *C. pubescens*, bajo el efecto de dosis de auxinas*

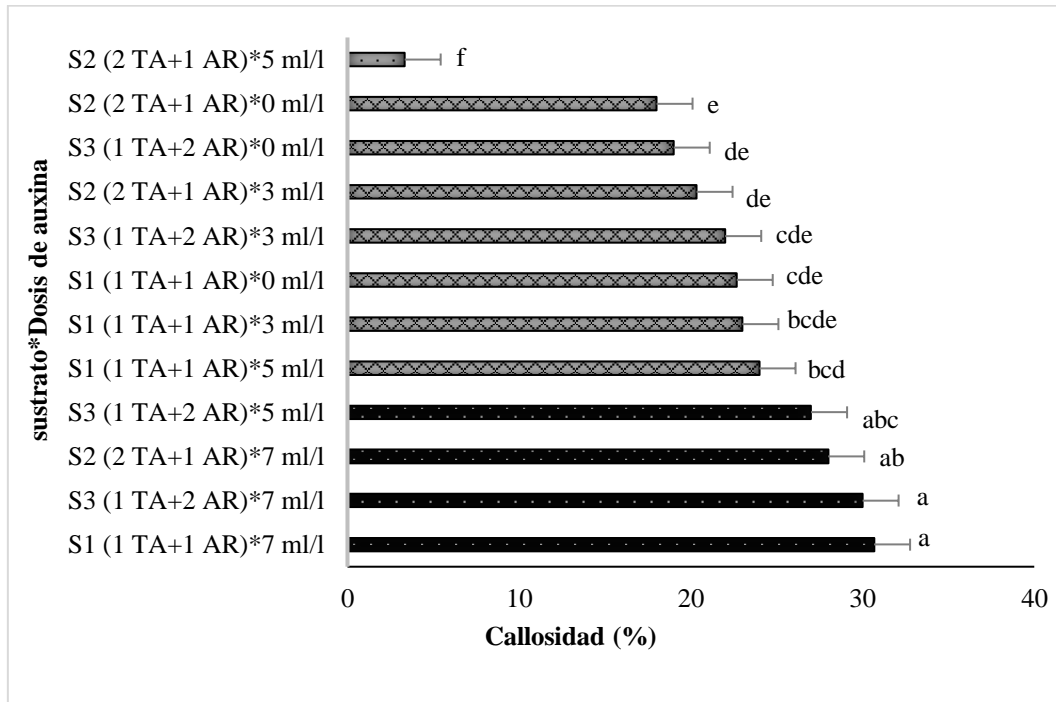


Nota. Letras diferentes manifiestan diferencias significativas (Tukey, $\alpha = 0,05$).

En la Figura 17, se muestra el test post hoc de Tukey ($\alpha = 0,05$) para el porcentaje de callosidad, donde la dosis 7 ml/L alcanzó el 30% con una diferencia significativa frente a las dosis 3ml/L, 5ml/L y a los esquejes sin aplicación de auxinas, los cuales están por debajo del 22 %

Figura 18.

Test de Tukey (5%) para el porcentaje de callosidad en los esquejes, bajo la interacción de factores.



Nota. Letras diferentes manifiestan diferencias significativas (Tukey, $\alpha = 0,05$).

En la Figura 18, se muestra la comparación múltiple de Tukey (5%) para el porcentaje de callosidad, bajo el efecto de la interacción de factores (sustrato*dosis de auxinas), reportando que, la dosis de auxina 7 ml/L con la interacción de los tres sustratos ha obtenido una callosidad por encima del 25 %, pero no han obtenido una diferencia significativa.

IV. DISCUSIÓN

Comportamiento vegetativo de *C. pubescens*

La supervivencia de quina, se encontró que las siguientes interacciones S3: 1 TA+2 AR*0 ml/L, S1: 1 TA+1 AR *0 ml/L, S3: 1 TA+2 AR *0 ml/L, lograron mayor porcentaje de sobrevivencia con un 95 %. Siendo superior a los reportados por Sánchez et al. (2020), donde lograron una sobrevivencia de 58,67 % de estaquilla de quina con arena. En contraste, Vargas et al. (2023), refieren que, los sustratos con mayor contenido de arena generaron mayor sobrevivencia, y al incrementar el contenido de tierra agrícola y materia orgánica, disminuyó la sobrevivencia de estaquillas de café. Esto probablemente, se dio por el tipo de material vegetal utilizado, y particularmente las estaquillas de quina son suculentas, teniendo mayor afectación por los sustratos, sobre todo aquellos con alta cantidad de materia orgánica, ya que absorben mayor cantidad de agua, que afecta la oxigenación y facilita la proliferación de patógenos (Mesén, 1998).

En el caso de la mortalidad, se ha realizado cuatro evaluaciones en 60 días, encontrando que, el porcentaje de mortandad disminuye según los días de permanencia en el microtúnel. En la primera evaluación (a los 15 días), se encontró, mayor mortalidad con el T8=2 TA + 1 AR * 7 ml/L de root-hor) (7,3%), seguido de T12=1 TA + 2 AR* 7 ml/L de root-hor), superando a los demás tratamientos en 1,4%. No obstante, en la tercera y cuarta evaluación, la mortalidad se redujo considerablemente a un 2% en promedio.

Vargas et al. (2023), concluyeron que, la auxina comercial root-hor, genera efectos dritrimentales en las estaquillas de café (Rubiaceae), probablemente por la presencia de ácido naftalen acético - ANA, reportándose a una concentración de 0,4 %, no obstante, Malpartida (2022), concluyeron que, el root-hor a una concentración de (8 ml/L), manifestaron efectos positivos durante la fase de enraizamiento de esquejes de vid.

Enraizamiento y biomasa de esquejes de *C. pubescens*

La dosis de auxinas (root-hor) y combinación de sustratos, mostraron efectos favorables en el enraizamiento y biomasa de esquejes de *C. pubescens*, evaluados a 60 días en microtúnel.

Dentro del efecto de la dosis de auxinas root-hor (0,4% ANA + 0,1 AIB) en el enraizamiento, sobresalió la dosis 5 ml/L, alcanzado un enraizado de 57,4 %, este superó a la dosis 7 ml/L y 3 ml/L, con efectos directamente proporcionales a las concentraciones empleadas. Respecto al factor sustrato, S2 (2 TA+1 AR) mostró un efecto superlativo en el enraizamiento, alcanzado 52,9 %, superando hasta en 2,1 veces al S3 (1 TA+2 AR) y en 3,1 veces a S1 (1 TA+1 AR).

Los resultados, concuerdan con los reportados por Sánchez et al. (2020), quienes lograron un enraizamiento de 49,17 % en estacas de *C. officinalis*, tratados con AIB-98% a una concentración de 2000 ppm y empleando un sustrato combinado de arena + turba 1:1 v/v. En la misma línea, Sánchez et al (2021), alcanzaron enraizamientos de 54,77%, con valores ligeramente superiores al estudio, pero emplearon estaquillas basales, mientras que, con estaquillas apicales, reportaron un valor inferior (40,10 %).

En otro estudio, Montañó et al. (2017), lograron enraizamientos de quina, variando en rangos de 88,33 % a 96,67 %, con tratamientos y sin tratamientos auxínicos, sugiriendo que, un factor importante en la fase de enraizamiento, es el manejo de los ambientes de estudio. La alta diferencia reportada, también pudo ser estar afectada, por la procedencia del material vegetal, ya que, los autores, trabajaron con brotes colectados de plantas aclimatadas en jardines clonales. Mientras que, en este estudio, se emplearon materiales vegetativos colectados directamente de campo. Aunque, con la interacción de los factores, se lograron enraizamientos promedios de 95,7%, considerándose con un enraizamiento alto, sobre todo para la quina. En la misma línea, Malpartida (2022), concluyeron que, el root-hor a una concentración de (8 ml/L), es una hormona muy eficiente en la estimulación de la formación de raíces y crecimiento de los mismos.

No obstante, contradictoriamente, Vargas et al. (2023), reportaron que, las estaquillas de café (familia Rubiaceae), tratadas con auxina AIB-98 % y sustrato arena + turba, mostraron altos índices de enraizamiento y crecimiento radicular. Pero, con la hormona root-hor, no lograron inducir el enraizamiento de las estaquillas, generando alta mortalidad, superados por el testigo. Lo que hace suponer que, las auxinas y las especies vegetales para algunos casos, no muestran una buena compatibilidad.

García et al. (2005), mencionan que, las auxinas, son claves en la división celular, sobresaliendo el ácido indol butírico - AIB y ácido naftalen acético – ANA, pero ambos pueden generar efectos diferenciados, en función a la especie vegetal estudiada. Los

mismos autores, también resaltan que, el sustrato es otro factor, indispensable en la propagación vegetativa, ya que, éstos generan efectos indirectos en la formación de raíces, brindando condiciones adecuadas (regulación de temperatura, aireación, suministro de nutrientes y humedad) para la sobrevivencia y enraizamiento de las estaquillas (Hartmann et al., 2011; Martínez-Gutiérrez et al., 2016).

Si bien, la quina es una especie nativa con características y comportamientos particulares, este estudio, con los demás estudios contrastados, reportan que, es factible propagarlo vegetativamente, empleando auxinas y sustratos de bajo nivel tecnológico, no obstante, aún se carece de metodologías eficientes, con resultados prometedores para futuras propagaciones masivas de quina. A pesar que, algunos investigadores, han considerado a la quina, como una especie difícil enraizar, suponiendo hipotéticamente que, el contenido de alcaloide “quinina”, pudiera generar un efecto inhibir de la división celular de las estacas (Villar *et al.*, 2018)

V. CONCLUSIONES

Dentro del comportamiento vegetativo de estaquillas de *C. pubescens*, la sobrevivencia y mortalidad estuvieron mayormente influenciados por el factor sustrato. Observando que, a medida que se incrementó la proporción de tierra agrícola, la mortalidad fue mayor, mientras que, en el sustrato con mayor proporción de arena, existió mayor sobrevivencia. La curva de mortalidad tuvo una fluctuación decreciente, mostrando mayor mortalidad durante los primeros 30 días y menor mortalidad hasta los 60 días.

Resulta factible propagar vegetativamente *C. pubescens*, mediante estaquillas. El éxito de enraizamiento y ganancia de biomasa de las estaquillas, va estar en función a la dosis de auxina aplicada, siendo la dosis adecuada 5 ml/L. Por su parte, el sustrato combinado en la proporción 2:1 de tierra agrícola y arena respectivamente, fueron el tratamiento con mayor efectividad en las características rizogénicas de quina. La interacción de estos dos factores en cantidades adecuadas, potencia el enraizamiento de esquejes de quina con valores superiores al 90%.

La propagación vegetativa, empleando fitorreguladores y sustratos disponibles, de bajo costo, presentan una alta eficiencia. Por lo que, estas metodologías desarrolladas, generan expectativas promisorias para propagar masivamente esta especie autóctona, con fines de repoblamiento y conservación.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda validar la investigación en diferentes ambientes, para estudiar la factibilidad técnica y económica de la propagación vegetativa de quina.

Se recomienda emplear otras auxinas comerciales, para minimizar los costos y viabilizar la capacidad de transferencia hacia los productores locales.

Se recomienda establecer jardines botánicos con diferentes especies de quina, propagados vegetativamente, con fines de conservación y reproducción masiva.

Se recomienda emplear la hormona root-hor a una dosis de 5 ml/L y un sustrato combinado sin excesos de materia orgánica y suelo agrícola, para futuras propagaciones a nivel de vivero.

Se recomienda, realizar un manejo adecuado de los ambientes de propagación y de las estaquillas, para minimizar la mortalidad y obtener buen porcentaje de prendimiento de las estacas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anda, A. (2002). La Cascarilla. Ed. Universidad Técnica Particular de Loja, Loja – Ecuador. 192 P. <https://doi.org/10.7764/cdi.35.628>
- Aguirre, Z., Gaona, T., Granda, V., & Carrión, J. (2019). Supervivencia, mortalidad y crecimiento de tres especies forestales plantadas en matorral andino en el sur del Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 7(3), 325-340.
- Castañeda, H., Sabaleta, L., Hernández, K., Meza, N., & Sánchez, M. (2019). Comparación de sustratos en la propagación sexual y asexual del árbol de la quina (*Cinchona officinalis*). *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 2(3), 77-85. <https://doi.org/10.25127/aps.20183.407>
- García, R. R., Hernández, J. J., Alcalá, V. M., & Monter, Á. V. (2005). Efecto del ácido indolbutírico (AIB) y tipo de estaca en el enraizado de *Gmelina arborea* Roxb. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 28(4), 319-326. <https://doi.org/10.35196/rfm.2005.4.319>
- Hartmann, H. T., Kester, D. E., & Geneve, R. L. (2011). Hartmann & Kester's plant propagation principles and practices (8 ed.). Estados Unidos: Prentice Hall. https://aggie-horticulture.tamu.edu/faculty/davies/pdf%20stuff/ph%20final%20galley/FrontMatter%20-FrontA01_DAVI4493_08_SE_FM.pdf
- Infante, L., Guamán, V., Serrano, J., Patiño, J., Chamba, L., Arévalo, M., ... & Freire, O. (2016). Estudio fenológico y propagación de *Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch, en la comunidad de Malvas, cantón Zapotillo, provincia de Loja. *Bosques Latitud Cero*, 6(2).
- Malpartida, C. (2022). *Tres dosis de Root-hor en el enraizado de estacas de vid (Vitis vinífera L) variedad borgoña usado como patrón, en condiciones de invernadero, Huánuco 2020*. [Tesis de pregrado, Universidad Agraria de la Selva]. Repositorio institucional de la Universidad Agraria de la Selva <https://hdl.handle.net/20.500.13080/7100>
- Martínez, G. A., Morales, I., Aquino, T., Escamirosa, C., & Hernández, M. (2016). Substrate volume and nursery times for earliness and yield of greenhouse.

Emirates Journal of Food and Agriculture, 28(12), 897-902.
<https://doi.org/10.9755/ejfa.2016-09-1282>

Montaño, E., Serrano, A., Guamán, H., Patiño, M., Zaruma, G., Arévalo, Y., & Ortega, V. (2017). Multiplicación sexual y asexual de *Cinchona officinalis* L., con fines de conservación de la especie. *Tzhoeco*, 9(1), 81-93.
<https://doi.org/10.26495/rtzh179.121509>

Mora, M., Castro, J., Naranjo, A., Alfaro, E., Esquivel, L., & Cascante, I. (2016). Inducción de rizogénesis y crecimiento foliar en estacas de nacedero (*Trichanthera gigantea*). *Alcances Tecnológicos*, 11(1), 33-40.

Rivera, M., Vargas, J., López, J., Villegas, Á., & Jiménez, M. (2016). Enraizamiento de estacas de *Pinus patula*. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 39(4), 385-392.

Sánchez, T., Silva, G., Chichipe, A., Trigos, M., Bobadilla, L., y Jiménez, G., (2020). Influencia de sustratos y concentraciones de ácido indol butírico en la propagación vegetativa de *Cinchona officinalis* L. (quina) en Amazonas, Perú. *Revista Cubana de Ciencias Forestales* 8(2): 241–251.

Santillan, T., Mori, J., Rojas, E., Puscan, A., Cruz, S., & Vela, M. (2021). Multiplicación clonal del árbol de la quina (*Cinchona officinalis*): una alternativa para conservar el árbol nacional de Perú. *Bioagro*, 33(3), 215-222.
<https://doi.org/10.51372/bioagro333.7>

Vargas, J. J. S., Santillan, T. S., López, L. A. A., & Rojas, E. M. (2023). Efecto de sustratos y enraizadores en la propagación vegetativa de *Coffea arabica* var. típica en microtúneles. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 24(2).
https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num2_art:2627

Villar, M., Marcelo, F., & Baselly, J. (2018). Respuesta de la *Cinchona officinalis* L. al método de propagación asexual mediante estacas y esquejes.
<http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/909>

ANEXOS

Anexo 1. Validación científica de la especie estudiada

Figura 19.

Constancia de determinación botánica



UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS



"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

CONSTANCIA DE DETERMINACIÓN BOTÁNICA

A solicitud de la Ph.D. **Ligia Magali García Rosero**. Se proporciona la identidad de los especímenes indicados, con la sigla consignada.

La información proporcionada por el solicitante sobre las muestras es:

Zona de Colección : Depul – Bosque montano Conila
Distrito : Conila
Provincia : Luya
Región : Amazonas
Colector : Tito Sánchez Santillán

N° COL	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA
Cinchona Sp. 1	<i>Cinchona macrocalyx</i> Pav. ex DC.	Rubiaceae
Cinchona Sp. 2	<i>Cinchona pubescens</i> Vahl	Rubiaceae



Determinador: **Ing. M.Sc. Eli Pariente Mondragón**
Profesor Auxiliar Dpto. Ingeniería y Ciencias Agrarias
Jefe del Laboratorio de Dendrología y Herbario
UNTRM (KUE LAP).

Chachapoyas, 12 de abril 2021

Herbario KUE LAP, Institución Científica Nacional Depositaria de Material Biológico (ICNDMB), Código de Autorización N° AUT-ICND-2020-001

Anexo 2. Base de datos

Tabla 8.

Datos de las variables capacidad rizogénica, biomasa y capacidad vegetativa de C. pubescens, bajo el efecto de reguladores de crecimiento y sustratos

TT	Sustrato	Dosis de auxina	Callosidad %	Enraizamiento %	Nº de raíz	Tamaño de raíz cm	Supervivencia %
T1	S1 (1 TA+1 AR)	0	20	0	0	0	96
T1	S1 (1 TA+1 AR)	0	25	0	0	0	95
T1	S1 (1 TA+1 AR)	0	23	0	0	0	94
T2	S1 (1 TA+1 AR)	3	23	10	5	0.8	86
T2	S1 (1 TA+1 AR)	3	24	12	6	0.8	85
T2	S1 (1 TA+1 AR)	3	22	14	7	0.9	84
T3	S1 (1 TA+1 AR)	5	22	46	25	1.3	87
T3	S1 (1 TA+1 AR)	5	24	45	24	1.2	86
T3	S1 (1 TA+1 AR)	5	26	43	23	1.2	86
T4	S1 (1 TA+1 AR)	7	29	10	5	0.8	86
T4	S1 (1 TA+1 AR)	7	32	12	6	0.8	85
T4	S1 (1 TA+1 AR)	7	31	14	7	0.9	84
T5	S2 (2 TA+1 AR)	0	17	33	16	1.2	82
T5	S2 (2 TA+1 AR)	0	18	35	17	1	80
T5	S2 (2 TA+1 AR)	0	19	36	18	1	81
T6	S2 (2 TA+1 AR)	3	20	44	24	1.4	91
T6	S2 (2 TA+1 AR)	3	21	46	25	1.5	90
T6	S2 (2 TA+1 AR)	3	20	42	23	1.3	87
T7	S2 (2 TA+1 AR)	5	4	95	50	2.2	95
T7	S2 (2 TA+1 AR)	5	5	94	51	2.4	95
T7	S2 (2 TA+1 AR)	5	1	98	49	2.6	94
T8	S2 (2 TA+1 AR)	7	30	35	17	1.2	84
T8	S2 (2 TA+1 AR)	7	30	39	20	1.3	81
T8	S2 (2 TA+1 AR)	7	24	38	18	1.3	82
T9	S3 (1 TA+2 AR)	0	19	15	7	0.9	97
T9	S3 (1 TA+2 AR)	0	18	12	6	0.8	95
T9	S3 (1 TA+2 AR)	0	20	16	8	0.9	94
T10	S3 (1 TA+2 AR)	3	23	22	13	0.9	96
T10	S3 (1 TA+2 AR)	3	22	21	12	1	95
T10	S3 (1 TA+2 AR)	3	21	25	13	0.9	94
T11	S3 (1 TA+2 AR)	5	29	33	16	1.1	85
T11	S3 (1 TA+2 AR)	5	25	33	17	1.2	86
T11	S3 (1 TA+2 AR)	5	27	30	15	1	85
T12	S3 (1 TA+2 AR)	7	30	33	16	1.1	84
T12	S3 (1 TA+2 AR)	7	31	30	15	1	83
T12	S3 (1 TA+2 AR)	7	29	32	16	1	82

Anexo 3. Panel Fotográfico

Figura 20.

Planta matriz de C. pubescens



Figura 21.

Recolección de esquejes de C. pubescens



Figura 22.

Preparación de dosis de auxinas (Root-Hor)



Figura 23.

Combinación de dosis de auxinas en tres concentraciones

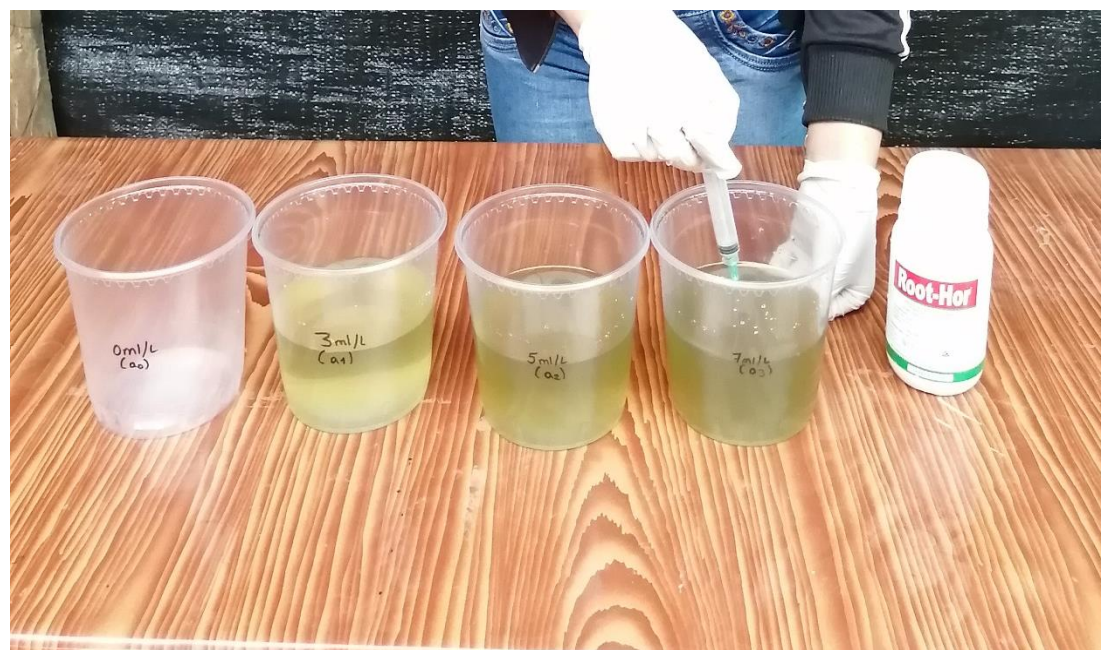


Figura 24.

Desinfección de esquejes C. pubescens en fungicida a base de mancozeb más cymoxanil



Figura 25.

Preparación de esquejes de C. pubescens



Figura 26.

Siembra de esquejes de quina tratadas con diferentes dosis de auxinas



Figura 27.

*Evaluación de mortalidad y sobrevivencia de esquejes de *C. pubescens**



Figura 28.

Evaluación de callosidad de los esquejes de C. pubescens, con diferentes sustratos y dosis de auxina



Nota. Efecto del tratamiento T4

Figura 29.

Evaluación de enraizamiento de esquejes de C. pubescens, con diferentes sustratos y dosis de auxina



Nota. Efecto del tratamiento T7

Figura 30.

*Evaluación del número de raíces del esqueje *C. pubescens*, con diferentes sustratos y dosis de auxina*



Nota. Efecto del tratamiento T8

Anexo 4. Ficha técnica

Figura 31.

Ficha técnica de la hormona utilizado para el enraizamiento de esquejes.

FICHA TECNICA



FICHA TÉCNICA "ROOT- HOR"®

EMPRESA: Comercial Andina Industrial S.A.C.

PRODUCTO: **Root-Hor**® - Regulador de crecimiento

I.- N°. REG. PBUA N° 057-SENASA

II.- INGREDIENTES ACTIVOS:

• Ácido Alfa Naftalenacético	0.40 %
• Ácido 3 Indol Butírico	0.10 %
• Ácidos Nucleicos	0.10 %
• Sulfato de Zinc	0.40 %
• Solución Nutritiva	95.40 %

III.- CARACTERÍSTICAS: Físico - Químicas

• Estado Físico	Líquido
• Color	Turquesa
• Olor	Característico
• Densidad	1.03 +/- 0.01
• PH	2.5 +/- 0.2
• Solubilidad en agua	100 % Soluble
• Estabilidad	Estable
• Inflamabilidad	No inflamable
• Explosividad	No explosivo
• Corrosividad	No corrosivo
• Combustibilidad	No combustible
• Estabilidad de almacenamiento	Estable 2 años

IV.- FORMULACIÓN: Concentrado Soluble.



Grupo
Andina