

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



ESCUELA DE POSGRADO

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO
EN GESTIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE**

**EFECTO DE HONGOS MICORRIZICOS
ARBUSCULARES Y ABONOS ORGÁNICOS EN
PLANTAS DE QUINA (*Cinchona officinalis* L.) BAJO
CONDICIONES DE INVERNADERO Y VIVERO**

Autor : Bach. Tito Sanchez Santillan

Asesor : Mg. Segundo Grimaldo Chavez Quintana

Registro: (.....)

CHACHAPOYAS – PERÚ

2023

Autorización de Publicación de la Tesis en el Repositorio Institucional de la UNTRM



ANEXO 6-H

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS DE MAESTRÍA (X)/DOCTORADO () EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM

1. Datos de autor 1

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): Sanchez Santillan Tito
DNI N°: 73603700
Correo electrónico: tito.sanchez@untrm.edu.pe
Nombre de la Maestría (X) / Doctorado (): Bach. para el Desarrollo Sustentable

Datos de autor 2

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): _____
DNI N°: _____
Correo electrónico: _____
Nombre de la Maestría () / Doctorado (): _____

2. Título de la tesis para obtener el grado académico de Maestro (X) / Doctor ()

Efecto de hongos micorrizicos arbusculares y otros organismos en plantas de quinua (Lupinus albus L.) bajo condiciones de invernadero y vivero

3. Datos de asesor 1

Apellidos y nombres: Segundo Grimaldo Chavez Quintana
DNI, Pasaporte, C.E N°: 744012637
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>) 0000-0002-0946-3445

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 Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos- OCDE (ejemplo: Ciencias médicas, Ciencias de la Salud-Medicina básica-Immunología)

https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html
Otras ingenierías, otras tecnologías, Alimentos y bebidas

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, 30 / marzo / 2023


Firma del autor 1

Firma del autor 2


Firma del Asesor 1

Firma del Asesor 2

Dedicatoria

A mis padres Francisco Sanchez Valerin, Magdalena Santillan Guelac y hermanos Samuel y Cristina por brindarme su apoyo incondicional durante toda mi formación profesional.

Agradecimiento

Al Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico por el financiamiento
mediante el contrato 103-2021 FONDECYT.

A la empresa Servicios Generales Jucusbamba EIRL, Instituto de Investigaciones de la
Amazonía Peruana y a todas las personas de las diferentes instituciones que han
participado de manera directa e indirecta durante la realización del presente trabajo de
investigación.

Al Mg. Segundo Grimaldo Chavez Quintana, por su asesoramiento técnico durante todo
el proceso de ejecución del trabajo de investigación.

A las personas que apoyaron en diversas actividades: Alexander Zumaeta Cachay,
María Huamán Vela y Marly Guelac Santillan.

**Autoridades de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de
Amazonas**

Ph.D. Jorge Luis Maicelo Quintana

RECTOR

Dr. Oacar Andrés Gamarra Torres

VICERRECTOR ACADÉMICO

Dra. María Nelly Luján Espinoza

VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN

Dr. Efrain Manuelito Castro Alayo

DIRECTOR DE LA ESCUELA DE POST GRADO

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 6-L

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO (X)/ DOCTOR ()

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (X)/Profesional externo (), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada Efecto de hongos micorrizicos arbusculares y abonos orgánicos en plantas de quina (Cinchona officinalis L.) bajo condiciones de invernadero y vivero; cuyo autor Bach. Tito Sanchez Santillan es estudiante del _____ ciclo/egresado (X) de la Escuela de Posgrado, Maestría (X) / Doctorado () en Gestión para el Desarrollo Sustentable, con correo electrónico institucional tito.sanchez@untrm.edu.pe

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, 30 de marzo de 2023



Firma y nombre completo del Asesor
Segundo Grimaldo Chavez Avintana

Jurado evaluador de la Tesis



Dr. Segundo Manuel Oliva Cruz
Presidente



Dr. Santos Triunfo Leiva Espinoza
Secretario



Ph.D. Ligia Magali García Rosero
Vocal

Constancia de originalidad de la Tesis



UNTRM

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

ANEXO 6-Q

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO (X) / DOCTOR ()

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

Efecto de hongos micorrizicos arbusculares y abonos orgánicos en plantas de
quina (Cinchona affinis L.) bajo condiciones de invernadero y vivero

presentada por el estudiante () / egresado (X) Bach. Tito Sanchez Santillan

de la Escuela de Posgrado, Maestría (X) / Doctorado () en Gestión para el
Desarrollo Sustentable

con correo electrónico institucional tito.sanchez@untrm.edu.pe

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

- 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.
- 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, 02 de febrero del 2023


SECRETARIO


PRESIDENTE


VOCAL

OBSERVACIONES:

.....
.....

Acta de Sustentación de la Tesis



ANEXO 6-5

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO (X) / DOCTOR ()

En la ciudad de Chachapoyas, el día 10 de Marzo del año 2023 siendo las 16 horas, el aspirante Tito Sanchez Santillán, Asesorado por Mg. Segundo Gimelto Chavez Quintana, defiende en sesión pública presencial (X) a distancia () la Tesis titulada: Efecto de hongos micorrizicos arbusculares y abonos orgánicos en plantas de quina (Cinchona officinalis L.) bajo condiciones de invernadero y vivo para obtener el Grado Académico de Maestro (X)/Doctor () en Gestión para el desarrollo Sustentable, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, conformado por:

Presidente: Dr. Segundo Manuel Oliva Cruz
Secretario: Dr. Santos Triunfo Leiva Espinoza
Vocal: Ligia Magali García Poseu, Ph.D.

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y método, 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 de Maestría (X)/Doctorado (), en términos de:

A probado (X) por Unanimidad (X)/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 17:30 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Grado Académico de Maestro (X)/Doctor ().

[Signature]
SECRETARIO

[Signature]
VOCAL

[Signature]
PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

.....
.....

Índice o Contenido 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 o Contenido General	x
Índice de Tablas	xi
Índice de Figuras	xiii
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
I. INTRODUCCIÓN	17
II. MATERIAL Y MÉTODOS	20
III. RESULTADOS	39
IV. DISCUSIÓN	57
V. CONCLUSIONES	62
VI. RECOMENDACIONES	63
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
ANEXOS	71

Índice de Tablas

Tabla 1. Distribución de factores y tratamientos en <i>Cinchona officinalis</i> L.....	21
Tabla 2. Escala de determinación del riesgo económico del sistema de producción de quina.....	35
Tabla 3. Escala de determinación de pérdida de cobertura del suelo y deterioro de ecosistemas con el sistema de producción.....	36
Tabla 4. Escalas Likert para determinar el indicador de sostenibilidad social.....	37
Tabla 5. Análisis de varianza para las variables biométricas de quina inoculados con hongos micorrízicos, abonos orgánicos en dos ambientes	39
Tabla 6. Efecto de la interacción de factores (hongo micorrízico*abono*ambiente) en la biometría de <i>C. officinalis</i>	40
Tabla 7. Efecto individual de los hongos micorrízicos, abonos orgánicos y ambientes en la biometría de <i>C. officinalis</i>	41
Tabla 8. Análisis de varianza para la sobrevivencia de quina inoculadas con hongos micorrízicos arbusculares, abono orgánico en diferentes ambientes.....	42
Tabla 9. Análisis de varianza ($P < 0,05$) para la velocidad de crecimiento de plantas de quina con diferentes tratamientos.....	44
Tabla 10. Análisis de correlación de Pearson, para la biometría radicular y foliar de plántones de quina.....	48
Tabla 11. Prueba no paramétrica según Kruskal-Wallis y Student-Newman-Keuls, para la colonización micorrízica en <i>C. officinalis</i>	48
Tabla 12. Prueba no paramétrica según Kruskal-Wallis y Student-Newman-Keuls, para la longitud de micelio extraradicular en <i>C. officinalis</i>	50
Tabla 13. Diversidad de géneros de tres inóculos de HMA aplicados a quina.....	51
Tabla 14. Análisis de la factibilidad económica (rentabilidad económica) para la producción quina diferentes sistemas.....	53
Tabla 15. Análisis de sostenibilidad económica para la producción de quina con el sistema tecnificado.....	54
Tabla 16. Análisis de sostenibilidad ambiental con producción de quina bajo el sistema tecnificado.....	54
Tabla 17. Indicador social relacionado a la producción de quina y adaptación del sistema.....	55

Tabla 18. Georreferenciación de puntos de colecta de HMA autóctonos en la región Amazonas.....	71
Tabla 19. Análisis físico-químico de suelo micorrízico colectado de poblaciones naturales de quina.....	71
Tabla 20. Análisis físico-químico de abonos orgánicos.....	72
Tabla 21. Estimación del costo de producción de quina con proyecto y sin proyecto.....	72
Tabla 22. Consolidado de datos para estimar los indicadores de sostenibilidad de producción de quina-encuestas.....	74
Tabla 23. Comparación de la factibilidad técnica con proyecto y sin proyecto.....	75

Índice de Figuras

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.....	20
Figura 2. Distribución de tratamientos bajo un DCA con arreglo tri-factorial en invernadero y vivero.....	23
Figura 3. Zonas de colecta de hongos micorrízicos arbusculares en poblaciones naturales de quina.....	26
Figura 4. Escala de medición para la colonización micorrízica en raíces.....	30
Figura 5. Test post hoc Tukey (5%) para la sobrevivencia de quina inoculadas con HMA, abonos y en diferentes ambientes.....	43
Figura 6. Test post hoc Tukey 5% para la sobrevivencia de quina bajo el efecto individual de abonos orgánicos y ambientes.....	43
Figura 7. Efecto de la interacción de hongos micorrízicos arbusculares, abonos y ambiente en la velocidad de crecimiento de <i>C. officinalis</i>	45
Figura 8. Prueba de Tukey (5%) para la velocidad de crecimiento de <i>C. officinalis</i> bajo el efecto individual de factores.....	46
Figura 9. Efecto de hongos micorrízicos arbusculares, abonos orgánicos y ambientes en la velocidad de crecimiento de quina	47
Figura 10. Representación gráfica con diseño tela de araña, de los indicadores de sustentabilidad.....	56
Figura 11. Colecta de semillas de <i>Cinchona officinalis</i> L. - San Jerónimo – Luya.....	75
Figura 12. Germinación de quina en arena – Luya.....	76
Figura 13. Colecta de hongos micorrízicos arbusculares autóctonos – San Jerónimo, Luya.....	76
Figura 14. Multiplicación de esporas de HMA con maíz.....	77
Figura 15. Inoculación con 40 g de HMA autóctonos.....	77
Figura 16. Plántula de quina para repique en invernadero y vivero.....	78
Figura 17. Área foliar de plantas de quina inoculadas HMA LEY y gallinaza.....	78
Figura 18. Sistema radicular de plantas de quina sin hongo micorrízico y sin abono.....	79
Figura 19. Sistema radicular de plantas de quina tratadas con gallinaza y hongo micorrízico LEY.....	79
Figura 20. Colonización micorrízica en raíz de <i>C. officinalis</i> con HMA LEY.....	80

Figura 21. Evaluación de micelio extraradicular del inóculo LEY.....	80
Figura 22. Aislamiento de esporas de HMA - estereoscopio 4,5 X.....	81
Figura 23. Observación de esporas de HMA para identificación de morfotipos - microscopio 100 X.....	82
Figura 24. Difusión de resultados y aplicación de encuesta a los socios de AFOTUR....	82
Figura 25. Difusión de resultados y aplicación de encuesta a personas de la empresa Jucusbamba.....	83
Figura 26. Validación de instrumento por experto 1.....	84
Figura 27. Validación de instrumento por experto 2.....	85
Figura 28. Validación de instrumento por experto 3.....	86
Figura 29. Formato de encuesta aplicada a socios de AFOTUR.....	87

RESUMEN

La investigación tuvo por objetivo evaluar el efecto de hongos micorrízicos arbusculares y abonos orgánicos en el crecimiento y comportamiento vegetativo de quina (*Cinchona officinalis* L.) bajo condiciones de invernadero y vivero. Se instaló con un diseño completo al azar con arreglo factorial 4A x 3B x 2C (A: hongo micorrízico; B: abonos orgánicos; C: ambientes), dando 24 tratamientos y 72 unidades experimentales. En campo, se colectó los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) de la provincia de Chachapoyas (Leymebamba) y Luya (San Jerónimo y Conila) y en simultáneo se colectó las semillas de quina. Del mismo modo, en vivero los HMA fueron multiplicados con maíz (80 días) y germinación de semillas de quina (60 días). Posteriormente las plantas de quina fueron inoculadas con 40 g HMA y 40 g de abono orgánico. Se encontró que el T6 (LEY-GALL-INV) tuvo efecto en la altura de planta, velocidad de crecimiento (11,5 cm; 0,081 cm/día) y materia seca radicular (79,9 mg). Mientras que, T8 (SJ-GALL-INV) influyó favorablemente en el área foliar de la quina (885,8 cm²). Por su parte el T5 (LEY-HUM-INV) mostró efectos favorables en el número, tamaño y materia seca de las raíces (45,0; 18,7 cm; 317,8 mg). En el comportamiento de las plantas, se observó que, la quina logró una sobrevivencia de 100% a nivel de invernadero y 93,7% a nivel de vivero. La propagación de quina con el sistema tecnificado (HMA + abonos orgánicos + invernadero) mostró una buena relación beneficio costo (B/C) de S/. 1,4 soles, superando al sistema intermedio y convencional (S/.1,1; S/.1,0). El indicador de sostenibilidad alcanzado fue 3,19, superando el valor umbral establecido (2,0). Por lo que, los HMA autóctonos, en interacción con los abonos orgánicos y el sistema tecnificado, favorecen sustancialmente el crecimiento de la quina, mostrando rentabilidad y sostenibilidad.

Palabras claves: cascarilla, biodiversidad, micorrizas autóctonas, Rubiaceae, sostenibilidad.

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the effect of arbuscular mycorrhizal fungi and organic fertilizers on the growth and vegetative behavior of cinchona (*Cinchona officinalis* L.) under greenhouse and nursery conditions. It was set up with a complete randomized design with factorial arrangement 4A x 3B x 2C (A: mycorrhizal fungus; B: organic fertilizers; C: environments), giving 24 treatments and 72 experimental units. In the field, arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) were collected in the provinces of Chachapoyas (Leymebamba) and Luya (San Jerónimo and Conila) and simultaneously the seeds of cinchona were collected. Similarly, in the nursery, the AMF were multiplied with corn (80 days) and germination of cinchona seeds (60 days). Subsequently, the cinchona plants were inoculated with 40 g AMF and 40 g of organic fertilizer. It was found that T6 (LEY-GALL-INV) had an effect on plant height, growth rate (11.5 cm; 0.081 cm/day) and root dry matter (79.9 mg). Meanwhile, T8 (SJ-GALL-INV) favorably influenced the leaf area of cinchona (885.8 cm²). T5 (LEY-HUM-INV) showed favorable effects on the number, size and dry matter of roots (45.0; 18.7 cm; 317.8 mg). In the behavior of the plants, it was observed that quinine achieved 100% survival at the greenhouse level and 93.7% at the nursery level. The propagation of quinine with the technified system (AMF + organic fertilizers + greenhouse) showed a good benefit-cost ratio (B/C) of S/. 1.4 soles, surpassing the intermediate and conventional systems (S/.1.1; S/.1.0). The sustainability indicator achieved was 3.19, exceeding the established threshold value (2.0). Therefore, native AMF, in interaction with organic fertilizers and the technified system, substantially favor the growth of quinine, showing profitability and sustainability.

Key words: husk, biodiversity, native mycorrhizae, Rubiaceae, sustainability.

I. INTRODUCCIÓN

El género *Cinchona* perteneciente a la familia Rubiaceae, posee un gran valor medicinal y es considerada una especie emblemática del Perú (Raheem et al., 2004). Su distribución va desde las zonas altoandinas y amazónicas en países como Bolivia, Ecuador, Colombia, Venezuela y Perú (Barrutia Rodríguez et al., 2020; Gómez et al., 2018). En su hábitat natural, la supervivencia de la quina depende de la dispersión de sus semillas (Fernández-Zárate et al., 2022). Sin embargo, a pesar de la facilidad de diseminación de las mismas, su capacidad regenerativa es limitada, ya que pierden rápidamente su viabilidad (Lima Jiménez et al., 2018; Valdiviezo et al., 2018). Por otro lado, se suma la alteración ecológica que han sufrido, por actividades antropogénicas (Dey et al., 2009; Yaguana et al., 2016), amenazando sus hábitats naturales, con la invasión por especies exóticas (Guevara et al., 2004; Holl, 1999).

Según Albán-Castillo et al. (2020), en la actualidad se carece de información confiable, sobre el manejo silvicultural de las especies de quina en general, así como de los requerimientos edafo-climáticos que éstos necesitan, siendo prematuro pensar en un repoblamiento masivo. En un estudio realizado por Villar Cabeza et al. (2018), indican que la quina se puede propagar en vivero, siendo indispensable el uso de turba (hojas de árboles descompuestos en el bosque), ya que aporta nutrientes y regula el pH del suelo favoreciendo el desarrollo de la quina. Por otro lado, este sustrato alberga en su estructura a una diversidad de microorganismos benéficos para las plantas, dentro de ellos, destacan los hongos micorrízicos arbusculares autóctonos (Sierra & Botía, 2018).

El uso de hongos micorrízicos arbusculares autóctonos es una alternativa muy viable para la producción de todo tipo de plantas cultivables en ambientes controlados. Pero, para usarlos como inoculantes, éstos deben multiplicarse en vivero, empleando cultivos trampas (gramíneas), de tal forma que se tenga mayor número de esporas en una pequeña cantidad de inoculante sólido (Del Águila et al., 2018). Berruti et al. (2016), refieren que las metodologías desarrolladas sobre el uso y manejo de HMA, tuvieron su inicio en el año 1980, destacándose por su impacto que puede generar frente al uso excesivo de fertilizantes sintético.

Los hongos micorrízicos arbusculares, son capaces de translocar agua y nutrientes hacia las plantas, siendo su principal beneficio la traslocación del macroelemento fósforo (elemento no móvil el suelo) (Jakobsen & Hammer, 2015; Rojas et al., 2019). Éstos,

además, pueden captar el agua higroscópica retenida en el suelo, a través del micelio extra-radicular, aun cuando las condiciones edafoclimáticas son poco favorables para las plantas (estrés hídrico, alto contenido de sales, suelos degradados y contaminados) (Tristão et al., 2006). Gracias a su potencial biofertilizante, los HMA ayudan al buen crecimiento y desarrollo de las plantas de forma superlativa en comparación a las plantas no inoculadas (Hernández-Acosta et al., 2020).

Otro factor importante en la reproducción de plantas, son los abonos orgánicos. A nivel de vivero, éstos pueden aplicarse como sustrato, cobertura y fuente de nutrientes (Peña et al., 2010). El nutriente más sobresaliente es el N orgánico, siendo aprovechados por las plantas, posterior al proceso de mineralización (Medina et al., 2010). No obstante, no es el único nutriente presente, se destacan a otros elementos como potasio, calcio y magnesio (Miyasaka et al., 2001). Como enmienda, los abonos mejoran las propiedades físicas del suelo, aumentan la capacidad de retención de humedad, mejoran el pH y disminuye la tasa de evaporación (Courtney et al., 2008).

En investigaciones afines, Jiménez Ortiz et al. (2019), afirman que, los HMA y abonos orgánicos, muestran compatibilidad positiva. De tal manera, la interacción de ambos, potencian los beneficios en las plantas, siendo los abonos mayormente estudiados el compost, humus de lombriz y gallinaza. La relación que desempeñan, son complementarias, por un lado los abonos son fuentes de nutrientes y los HMA los transportan hacia las plantas (Ojeda-Quintana et al., 2020).

En términos de beneficios, Díaz-Franco et al. (2017), refieren que los HMA en asociatividad con abonos orgánicos, muestran una buena factibilidad ambiental (menos uso de fertilizantes sintéticos) y buena factibilidad económica (mayor relación beneficio/costo) (Guerrero et al., 1995; Bolívar et al., 2009). Naturalmente, estas afirmaciones, permiten repensar su uso en la propagación masiva de la quina, sugiriendo como una alternativa ecológica (Catovsky et al., 2002).

En un estudio reciente, Fernández-Zárate et al. (2022), mencionan que la quina presenta una buena simbiosis con hongos micorrízicos arbusculares comerciales, logrando un buen crecimiento con la inoculación con el complejo *Glomus*. En cuanto a la simbiosis de especies del género *Cinchona* con hongos micorrízicos arbusculares autóctonos existe poca información, tanto en condiciones naturales y condiciones externas. Aunque, Gómez et al. (2018) sostienen que la mayoría de las especies forestales poseen alta capacidad

simbiótica con diversos microorganismos benéficos. Sobre todo, las especies de la familia Rubiaceae, consideradas altamente micotróficos (Trejo et al., 2011).

Con la información contrastada, la presente investigación estuvo dividida en tres objetivos específicos. El primer y segundo objetivo, fue determinar el efecto de los hongos micorrízicos arbusculares, abonos orgánicos y ambientes en el crecimiento y, comportamiento vegetativo de quina (*Cinchona officinalis* L.), el tercer objetivo fue evaluar la factibilidad económica de la producción de quina y el cuarto objetivo fue determinar la sostenibilidad de producción de quina bajo diferentes sistemas, con fines de una propagación masiva y posterior repoblamiento.

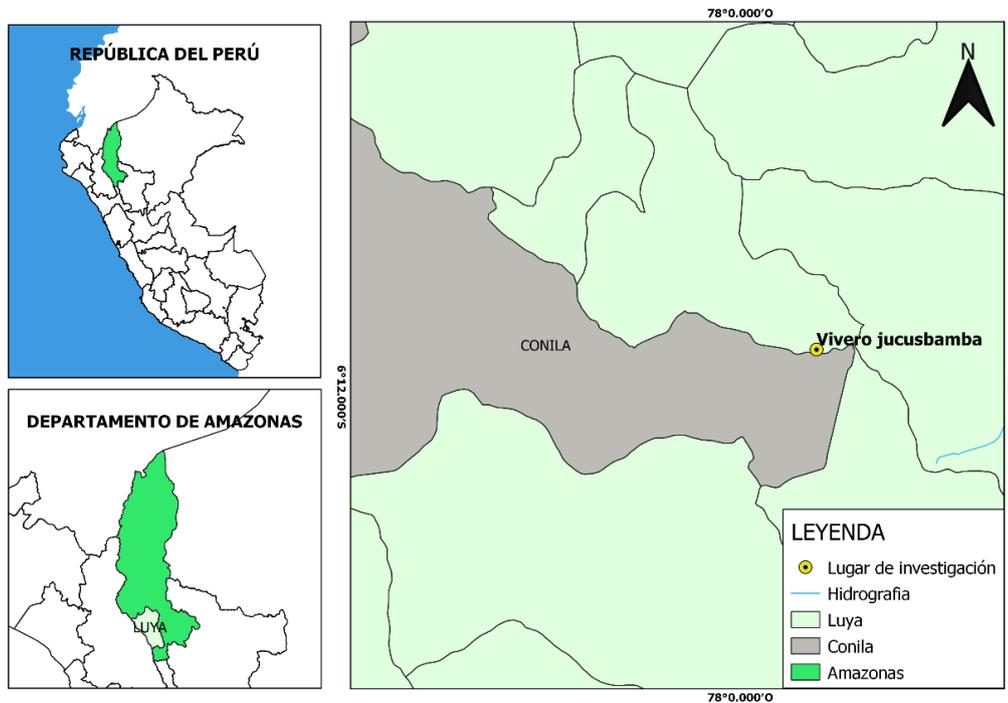
II. MATERIAL Y MÉTODOS

Área de Estudio

El estudio tuvo dos etapas: la primera etapa fue fase de vivero ejecutada en la empresa Servicios Generales Jucusbamba E.I.R.L., ubicado en el anexo el Tingo, distrito Conila, provincia Luya, región Amazonas; con coordenadas Latitud $6^{\circ} 11' 28,48''$; longitud S $77^{\circ} 59' 4,71''$ W y altitud 2341 m.s.n.m. La zona posee un clima frío todo el año, con temporadas de lluvia en los meses de noviembre – marzo, la temperatura oscila desde los 10°C (noche) hasta los 25°C (día) y humedad relativa (60 % - 80 %). La siguiente etapa correspondió a la evaluación de parámetros fúngicos de los hongos. Esto se llevó a cabo en el laboratorio de microbiología del Instituto de Investigaciones de la Amazonía de la Amazonía Peruana en la ciudad de Tarapoto.

Figura 1.

Mapa de ubicación del área de estudio



Nota. Vivero Jucusbamba, anexo el Tingo, distrito Conila, provincia Luya-Amazonas. Elaboración propia.

Métodos, Técnicas e Instrumentos

La investigación estuvo dividida en tres objetivos específicos, clasificándolos de la siguiente manera: el **objetivo específico 1** correspondió al *efecto de hongos micorrízicos arbusculares, abonos orgánicos y ambientes en la biometría de quina*, el **objetivo específico 2** correspondió al *efecto de hongos micorrízicos arbusculares, abonos orgánicos y ambientes en el comportamiento vegetativo de quina*, el **objetivo específico 3** estuvo referida a la *evaluación de la factibilidad económica de producción de quina con diferentes sistemas* y el **objetivo específico 4** correspondió a la *evaluación de la sostenibilidad de producción de quina bajo diferentes sistemas*. Cada objetivo específico presentó actividades, las mismas que tuvieron su metodología, descritas en el texto.

Objetivo Específico 1 y 2: Efecto de los Hongos Micorrízicos Arbusculares, Abonos Orgánicos y Ambientes en la Biometría y, Comportamiento Vegetativo de Quina

Diseño. La investigación se instaló bajo un diseño completo al azar (DCA), con arreglo tri-factorial (4A x 3B x 2C), con 24 tratamientos, 3 repeticiones y 6 submuestras; dando un total de 432 plantas en el experimento, todas evaluables.

Tabla 1.

Distribución de factores y tratamientos en Cinchona officinalis L.

Tratamiento	Factor A: Hongos micorrízicos	Factor B: abono orgánico	Factor C: ambiente	Interacción A x B x C
T1	SHMA (a ₀)	sin abono (b ₀)	Invernadero (c ₁)	a ₀ b ₀ c ₁
T2	SHMA (a ₀)	humus de lombriz (b ₁)	Invernadero (c ₁)	a ₀ b ₁ c ₁
T3	SHMA (a ₀)	gallinaza (b ₂)	Invernadero (c ₁)	a ₀ b ₂ c ₁
T4	LEY (a ₁)	sin abono (b ₀)	Invernadero (c ₁)	a ₁ b ₀ c ₁
T5	LEY (a ₁)	humus de lombriz (b ₁)	Invernadero (c ₁)	a ₁ b ₁ c ₁
T6	LEY (a ₁)	gallinaza (b ₂)	Invernadero (c ₁)	a ₁ b ₂ c ₁
T7	SJ (a ₂)	sin abono (b ₀)	Invernadero (c ₁)	a ₂ b ₀ c ₁
T8	SJ (a ₂)	humus de lombriz (b ₁)	Invernadero (c ₁)	a ₂ b ₁ c ₁
T9	SJ (a ₂)	gallinaza (b ₂)	Invernadero (c ₁)	a ₂ b ₂ c ₁
T10	CON (a ₃)	sin abono (b ₀)	Invernadero (c ₁)	a ₃ b ₀ c ₁
T11	CON (a ₃)	humus de lombriz (b ₁)	Invernadero (c ₁)	a ₃ b ₁ c ₁
T12	CON (a ₃)	gallinaza (b ₂)	Invernadero (c ₁)	a ₃ b ₂ c ₁
T13	SHMA (a ₀)	sin abono (b ₀)	Vivero (c ₂)	a ₀ b ₀ c ₂

T14	SHMA (a ₀)	humus de lombriz (b ₁)	Vivero (c ₂)	a ₀ b ₁ c ₂
T15	SHMA (a ₀)	gallinaza (b ₂)	Vivero (c ₂)	a ₀ b ₂ c ₂
T16	LEY (a ₁)	sin abono (b ₀)	Vivero (c ₂)	a ₁ b ₀ c ₂
T17	LEY (a ₁)	humus de lombriz (b ₁)	Vivero (c ₂)	a ₁ b ₁ c ₂
T18	LEY (a ₁)	gallinaza (b ₂)	Vivero (c ₂)	a ₁ b ₂ c ₂
T19	SJ (a ₂)	sin abono (b ₀)	Vivero (c ₂)	a ₂ b ₀ c ₂
T20	SJ (a ₂)	humus de lombriz (b ₁)	Vivero (c ₂)	a ₂ b ₁ c ₂
T21	SJ (a ₂)	gallinaza (b ₂)	Vivero (c ₂)	a ₂ b ₂ c ₂
T22	CON (a ₃)	sin abono (b ₀)	Vivero (c ₂)	a ₃ b ₀ c ₂
T23	CON (a ₃)	humus de lombriz (b ₁)	Vivero (c ₂)	a ₃ b ₁ c ₂
T24	CON (a ₃)	gallinaza (b ₂)	Vivero (c ₂)	a ₃ b ₂ c ₂

Nota. En el factor hongos micorrízicos se tuvieron tres tratamientos, descritos mediante siglas: LEY-Leymebamba, SJ-San Jerónimo, CON-Conila y un testigo descrito como SHMA (sin hongos micorrízicos arbusculares). El factor abono, estuvo conformado por humus de lombriz, gallinaza y un testigo (sin abono).

Modelo aditivo lineal

$$y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + (\tau\beta)_{ij} + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\tau\beta\gamma)_{ijk} + u_{ijkl}$$

$$i = 1, 2, 3, 4; \quad j = 1, 2, 3; \quad k = 1, 2; \quad l = 1, 2, 3$$

Dónde:

Y_{ijkl}: efectos producidos por el nivel i-ésimo del factor A, nivel j-ésimo del factor B y por el nivel k-ésimo del factor C.

i, β_j y γ_k : son los efectos producidos por el nivel i-ésimo del factor A, ($\sum_i \tau_i = 0$), por el nivel j-ésimo del factor B, ($\sum_j \beta_j = 0$) y por el nivel k-ésimo del factor C, ($\sum_k \gamma_k = 0$), respectivamente.

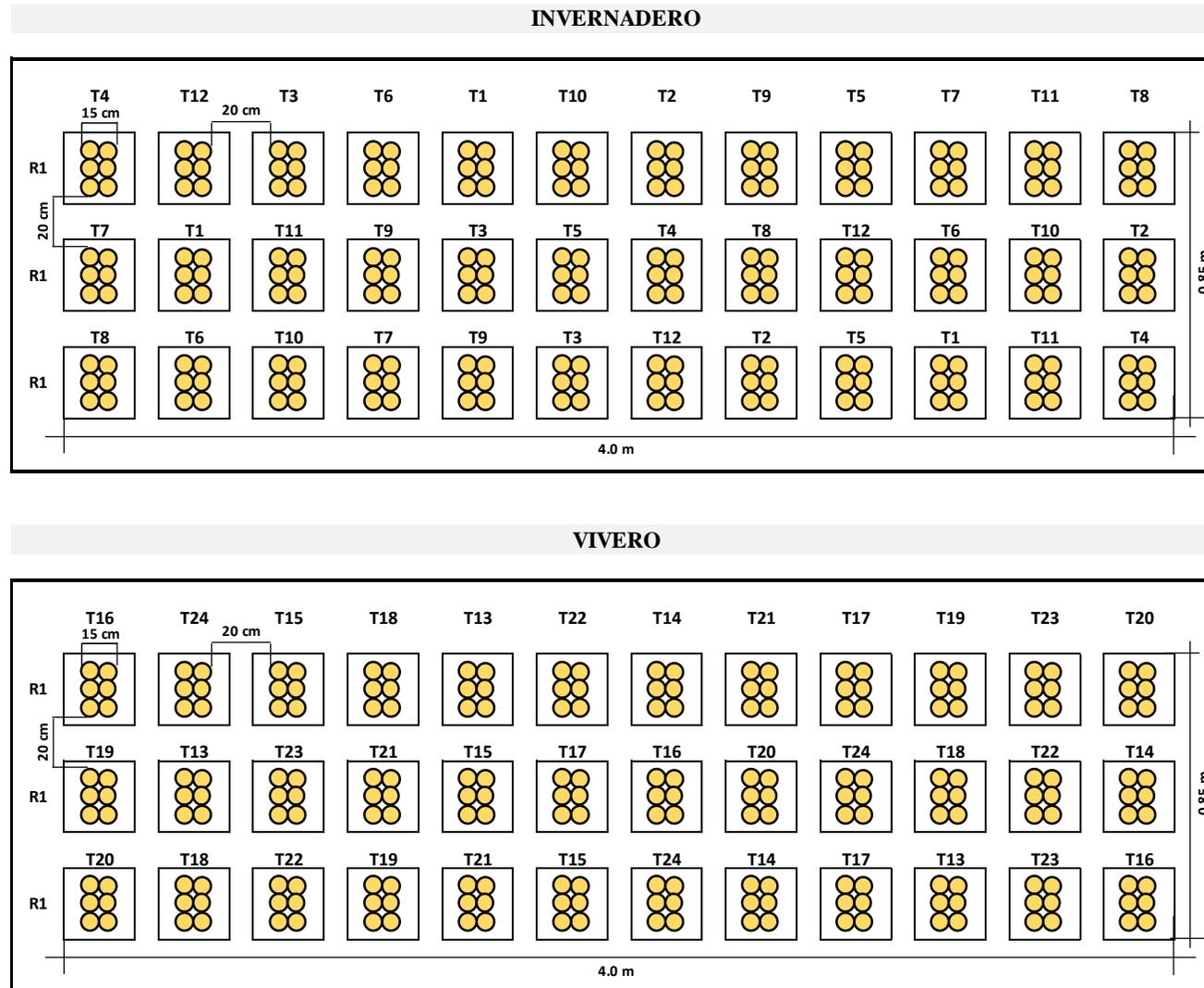
(τ β)_{ij}, (τ γ)_{ik}, (β γ)_{jk} y (τβγ)_{ijk}: son los efectos producidos por las interacciones entre A × B, A × C, B × C respectivamente.

(τβγ)_{ijk}: son efectos producidos por las interacciones entre A × B × C

U_{ijkl}: efecto de las medias

Figura 2.

Distribución de tratamientos bajo un DCA con arreglo tri-factorial en invernadero y vivero



Colecta, Secado y Germinación de semillas. Las semillas fueron colectadas del bosque montano en el distrito San Jerónimo, provincia Luya, región Amazonas. Se seleccionó una planta candidata a semillera de la especie *Cinchona officinalis* L. (coordenadas: este 830040 E; norte 9335802, zona UTM 17), caracterizado mediante DNA BARCODING por Pérez-Ocampo (2021). Para ello, con una tijera telescópica se cortaron frutos de quina (racimos) con madurez fisiológica (color rojo vinoso) (Figura 11), extrayendo en total 3 kg, mismos que fueron colocados en bolsas de polietileno y llevadas a vivero.

El siguiente proceso fue el secado de los frutos, por lo que, éstos fueron colocados uniformemente sobre un cartón a ras piso y en un ambiente fresco, con humedad relativa y luminosidad baja. En este proceso, se logró la dehiscencia de las semillas de quina, adquiriendo un total de 50 gramos de semilla pura en 20 días. Finalmente, éstos fueron guardados en bolsa de papel craft y recipientes herméticos (Fernández-Zárate et al., 2022).

La germinación de semillas se realizó en sustrato arena estéril y en bandejas plásticas de 50 x 40 x 20 cm largo, ancho y profundidad respectivamente (Figura 12). Éstos, previamente pasaron por un tratamiento pre-germinativo, empleando agua caliente a 36 °C por 12 horas. Luego, se realizó un lavado a chorro continuo en una malla plástica para eliminar restos de alcaloide. Las semillas tratadas, finalmente pasaron por un proceso de secado en papel craft por 10 minutos a temperatura ambiente. Por otro lado, la siembra consistió en distribuir las semillas al boleó en el sustrato a una densidad de 4 semillas/cm². Luego, se aplicó una lámina de agua de 50 ml/200 cm², dejándolos en micro-túnel con humedad relativa y temperatura constante. Durante la fase de germinación, se realizó un manejo agronómico, principalmente de la aireación con un intervalo de 2 días por 5 minutos durante 60 días. La metodología empleada en este proceso, fue según el protocolo de germinación de semillas de quina desarrollados por la empresa Servicios Generales Jucusbamba EIRL y con algunas modificaciones mediante el proyecto 103-2021 FONDECYT.

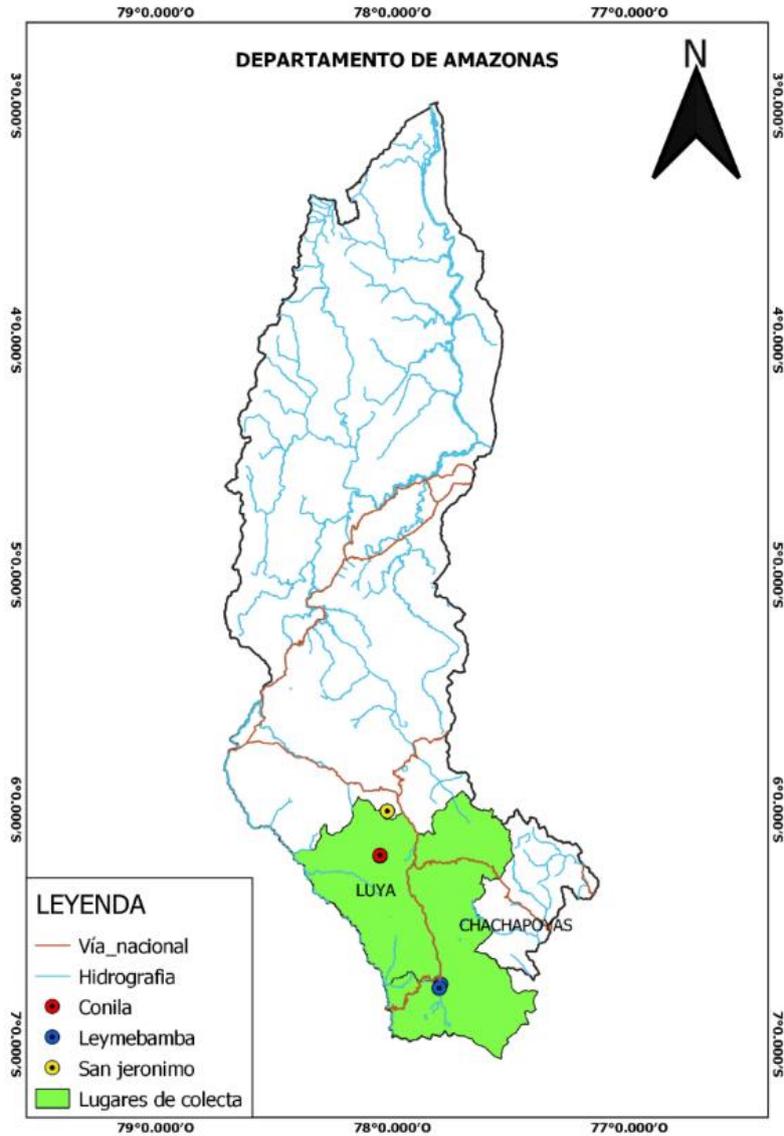
Colecta y Multiplicación de Hongos Micorrízicos Arbusculares. Los hongos micorrízicos fueron colectados de tres zonas con poblaciones naturales de quina, ubicados en el distrito San Jerónimo y distrito Conila en la provincia de Luya y, en el distrito

Leymebamba, provincia de Chachapoyas. Considerando además la georreferenciación por plantas (Tabla 18). Se seleccionaron cinco plantas de quina con tamaño mayor a 2 m, presentando buen fuste, copa y con buena accesibilidad. Luego, con una pala se limpió la zona rizosférica de las plantas y se realizó tres hoyos a una distancia de 30 cm del tallo principal. Estos hoyos estuvieron separados entre sí de una forma triangular, presentando dimensiones de 20 x 20 x 20 cm de ancho, largo y profundidad respectivamente (Figura 13). Se extrajo 1,8 kg de suelo por planta y 9 kg por cada zona seleccionada (Vallejos et al., 2019). El suelo fue colocado en bolsas plásticas, rotulado y trasladado al vivero Jucusbamba.

En vivero, se realizó el proceso de multiplicación de esporas de los HMA contenidas en suelo procedente de campo. El primer paso fue construir cajones de madera con dimensiones 40 x 40 x 30 cm de largo, ancho y profundidad respectivamente, luego se cubrió con plástico para aislarlos del suelo. El siguiente paso fue, mezclar el suelo rizosférico con arena desinfectada, a una proporción volumétrica de 1:2 v/v respectivamente. Luego, se procedió a sembrar maíz (cultivo trampa), para ello se realizaron cinco surcos con distancias de 4 cm, colocando 20 semillas por cada uno y 100 por cajón (Figura 14). Se aplicó un riego controlado, dejando el sustrato a capacidad de campo, para el proceso de germinación y crecimiento del maíz. El proceso de multiplicación tuvo una duración de 80 días, dividido en 60 días de fase de crecimiento y 20 días la fase de estrés hídrico (Vallejos et al., 2019).

Figura 3.

Zonas de colecta de hongos micorrízicos arbusculares en poblaciones naturales de quina



Nota. Mapa geopolítico de la región Amazonas, elaboración propia, 2022.
(Ver Tabla 18-Anexo).

Preparación del Sustrato. El sustrato adicional empleado en el estudio, fue colectado de una parcela sin actividad agrícola en el anexo el Tingo, distrito Conila, Provincia Luya-Amazonas. Éste se extrajo de una profundidad de 1,50 m, colocando en bolsas plásticas y trasladados a vivero. Con la finalidad de prevenir la proliferación de otro agente biológico externo al estudio. El suelo pasó por un proceso de desinfección, mediante la solarización durante 15 días. Finalmente, éste se pasó por una zaranda de 3/8” para eliminar partículas grandes (Del Águila et al., 2018).

Aplicación de Abonos, Llenado de Bolsas e Inoculación. El sustrato inocuo fue mezclado con gallinaza y humus de lombriz en una proporción volumétrica de 14:1 v/v/, con equivalencia de 40 gramos por bolsa de vivero con 1041,89 cm³ de volumen. Se procuró mezclar homogéneamente para luego llenarlos en las bolsas, al 95% de su capacidad. Éstos fueron colocados y ordenados en un diseño completo al azar (Figura 2), a nivel de invernadero y vivero.

La inoculación con hongos micorrízicos arbusculares, se realizó directamente en las bolsas, aplicando 40 g de inoculante sólido previamente multiplicado (Del Águila et al., Vallejos et al., 2019). Luego, con un alambre galvanizado se mezcló el inoculante con el sustrato, que previamente fue mezclado con los abonos orgánicos (Figura 15).

Repique de Plántulas de Quina. Esta actividad se realizó posterior a los 5 días de la inoculación con HMA. Se realizaron pequeños hoyos en el sustrato, en los que se colocaron las plántulas de quina (Figura 16), introduciendo la raíz a una profundidad de 5 mm. Luego se cubrieron con la misma tierra haciendo una leve presión para poner en contacto con los HMA. Todo el proceso se realizó en horas de la tarde (baja radiación solar), previniendo el marchitamiento y muerte de las plántulas. Finalmente se aplicó un riego pulverizado en los dos ambientes, mismo que fue permanente durante los primeros días posterior al repique (Fernández-Zárate et al., 2022).

Evaluación de Variables Biométricas. El indicador de altura de planta fue evaluado con un intervalo de 15 días. Mientras que, la materia seca foliar, materia seca radicular, área foliar y tamaño radicular fueron evaluados al finalizar la investigación. Todos los datos fueron registrados en una libreta de campo y consolidados en una matriz general en el software digital Excel (Vallejos et al., 2019; Del Águila et al., 2018).

Tamaño de Planta. Las mediciones se realizaron desde la base, hasta la base del ápice de la planta. Éstos datos fueron registrados cada 15 días, empleando regla metálica milimetrada (Villanueva et al., 2009).

Área Foliar. Todas hojas de cada planta fueron retiradas y colocadas ordenadamente en una cartulina canson (fondo blanco). En el margen superior se colocó una moneda de 1 sol (2,5 cm de diámetro) para el calibrado y una etiqueta de identificación. Con una cámara de buena resolución se capturó 1 fotografía por cada muestra y fueron almacenadas en una carpeta debidamente ordenadas. Finalmente, estas

fotografías se pasaron al software Imaje J, para estimar el área foliar (Figura 17). Esta actividad se realizó antes de evaluar la biomasa seca para tener mediciones de hojas en su estado normal (Fernández-Zárate et al., 2022).

Tamaño de Raíz. Empleando una regla milimetrada y vernier digital se tomaron las medidas de raíces primarias y secundarias. Los puntos de medición fueron desde la base de la raíz hasta el ápice del mismo (Figura 18-19) (Vallejos et al., 2019).

Biomasa Seca Foliar y Radicular. Con ayuda de una tijera se cortaron las plantas en dos partes (foliar y radicular). Éstos fueron colocados por separado en sobres de papel debidamente rotulados y sellados. La siguiente fase fue el secado, para ello fueron colocadas en estufa a 60 °C por 72 horas. Finalmente, las muestras secas se pesaron en una balanza analítica, obteniendo el indicador de biomasa seca (Vallejos et al., 2019).

Número de Raíces. Se contabilizaron raíces primarias y secundarias. Se consideró una raíz evaluable aquella que supere los 0,5 cm de tamaño (Figura 18-19) (Del Águila et al., 2018).

Evaluación de Comportamiento Vegetativo.

Sobrevivencia. Los datos de este indicador se registraron con un intervalo de 15 días y actualizándolos en una plantilla digital Excel. Se contabilizaron las plantas vivas de quina, cada 15 días durante la ejecución del estudio. Con los datos registrados se estimó la sobrevivencia utilizando la siguiente fórmula.

$$\text{Sobr. (\%)} = \frac{Pv}{N} \times 100$$

Dónde:

Sobr.: sobrevivencia

Pv: plantas vivas

N: total de plantas instaladas por tratamiento

Velocidad de crecimiento. Este indicador se evaluó con una regla milimetrada, tomando medidas desde la base hasta el ápice de la planta. Las evaluaciones fueron continuas con un intervalo de 15 días. El consolidado de los datos se realizó en Excel, estimando la velocidad de crecimiento con la siguiente ecuación.

$$V_c = \frac{H_f - H_i}{T_f - T_i}$$

Dónde:

Vc: velocidad de crecimiento, expresada en cm/día

Hf: altura final

Hi: altura inicial

Tf: tiempo final

Ti: tiempo inicial

Evaluación de Parámetros Fúngicos.

Colonización Micorrízica. Este indicador fue estimado siguiendo la metodología de “tinción de raíces” desarrollada por Phillips & Hayman (1970), con algunas modificaciones hechas por el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP.

Las raíces finas de quina, fueron sumergidas en hidróxido de potasio KOH 10% por 2 horas. Posterior a este, se lavó con agua oxigenada y vinagre para aclarar las raíces y acidificar las hifas de los HMA. El siguiente paso fue teñir las raíces con azul de Trypano 0,25% y luego dejarlos en baño maría a 90°C por 90 minutos. Las raíces teñidas, fueron cortadas en pequeños segmentos de 1cm y montadas en láminas portaobjetos. La observación de la colonización fue en un microscopio trinocular con objetivo de 100 x (Figura 20). Los datos fueron registrados en Excel y transformados a porcentaje de intensidad micorrízica, empleando la fórmula propuesta por (Trouvelot et al., 1986).

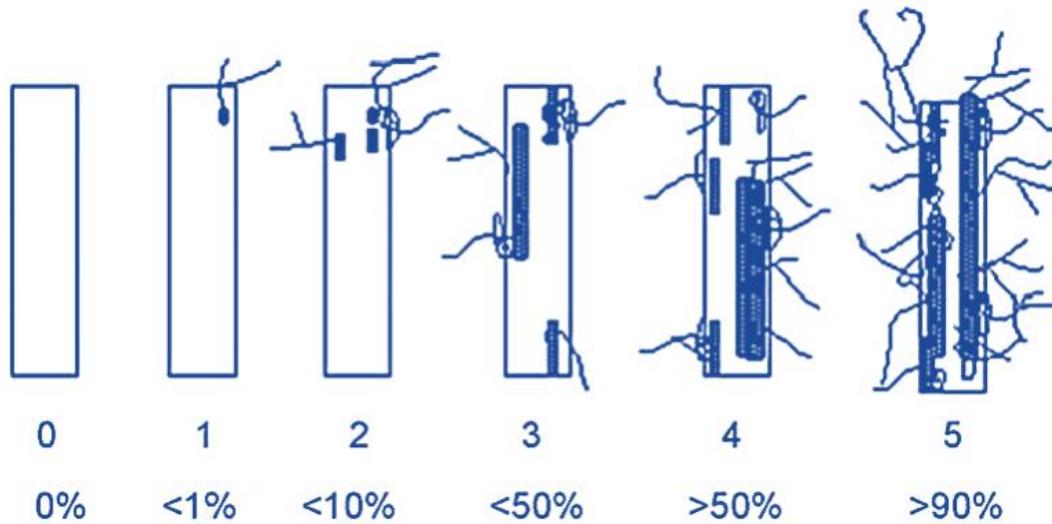
FÓRMULA

$$\%M = (95 n_5 + 70 n_4 + 30 n_3 + 5 n_2 + n_1) / N$$

Dónde: n1 = número de fragmentos clasificados como 1 (<1%); n2 = número de fragmentos clasificados como 2 (<10%); n3 = número de fragmentos clasificados como 3 (<50%); n4 = número de fragmentos clasificados como 4 (>50%) y n5 = número de fragmentos clasificados como 5 (>95%).

Figura 4.

Escala de medición para la colonización micorrízica en raíces.



Nota. (Trouvelot et al., 1986).

Longitud de Micelio Extraradical. Este indicador se estimó siguiendo la metodología de “tinción de micelio extra-radical”. Se pesó 1 g de suelo rizosférico y se colocaron en vasos de precipitado, mismo que fue acidificada con vinagre por 10 minutos. Posteriormente se aplicó tinta pelican al 30% por 30 minutos. Éstos fueron dejados en baño maría a 90 °C (60 min), adicionando agar-agar por 5 minutos. La solución final de agar-agar fue colocada en una placa Petri (con una rejilla cuadrículada en la base 0,5 cm²) para suspender el micelio teñido. Finalmente empleando un estereoscopio binocular (objetivo 4,5 X), se contabilizó la intersección de los micelios de HMA con la línea de la rejilla marcada en la base de la placa (Carballar Hernández, 2009) (Figura 21). Los datos registrados fueron transformados a longitud de micelio extra-radical empleando la fórmula propuesta por (Newman, 1966).

Fórmula

$$R = \frac{\pi AN}{2H}$$

R= Longitud de micelio por unidad de peso de suelo

A= Área de la placa

N= Número de intersecciones

H= Longitud total de las líneas de la placa (cm).

Caracterización Morfológica de Hongos Micorrízicos Arbusculares. Para estimar este indicador, primero se realizó el aislamiento de esporas de HMA, siguiendo la metodología de tamizado húmedo, propuesta por (Gerdemann & Nicolson, 1963), con algunas modificaciones hechas por el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP. En primer lugar, se pesó de 10 g de suelo micorrízico empleado en el estudio. Éste pasó por tamices de 38 y 250 μm para obtener las partículas más finas, juntamente con esporas. Posteriormente a la muestra contenida en tuvo falcon se adicionó sacarosa al 20% y 60% (Sieverding et al., 1991). Para separar las partículas de suelo y esporas, la solución con sacarosa fue centrifugada a 3500 RPM), por 4 minutos. El sobrenadante, fue pasado nuevamente por el tamiz de 38 μm para retirar el excedente de sacarosa y dejar libre las esporas (Del Águila et al., 2018).

El aislamiento de esporas se realizó en un estereoscopio trinocular con un aumento de 4,5 (Figura 22). Es proceso consistió en la extracción de la mayor cantidad de esporas con una micropipeta de 10 μl a una nueva placa Petri. En esta etapa fueron clasificados por forma color y tamaño. Posteriormente fueron montadas de 1 a 2 esporas de cada grupo en un lamina porta objeto, adicionando los reactivos PVG y PVG + Melzer para aclarar los halos de la espora. Luego éstas fueron medidas y fotografiadas en un microscopio trinocular (100X) (Figura 23). Con el material recopilado se procedió a identificar los HMA a nivel de géneros, apoyándonos en el manual del International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi (INVAM).

Caracterización Fisicoquímica de Abonos Orgánicos y Suelo Rizosférico. Para la determinación de este indicador, se realizó un submuestreo del material total recolectado de campo (9 kg) y también de los abonos orgánicos. Para ello se empleó la técnica de los cuartiles y selección de submuestras por aspa rotativa, hasta obtener una cantidad de 1 kg de cada material a analizar. Se colocó en una bolsa ziploc, debidamente rotulado con datos principales que puedan identificarlos. Finalmente, éstos fueron enviados al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, en la que se obtuvo la caracterización (Tabla 19-20).

Objetivo específico 3: Evaluación de la Factibilidad Económica de la Producción de Quina con Diferentes Sistemas

Evaluación de la Factibilidad Económica

Rentabilidad. Para calcular el indicador de rentabilidad, se partió por la valoración financiera de las inversiones, subdividida en activos fijos y corrientes con proyección de ventas (5 años) (Tabla 21). Luego se estimó el flujo de cajas, obteniendo el flujo financiero neto, con los que se estimó el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR). Para estimación de la relación beneficio/costo, se calculó el VAN de los ingresos y el VAN de los egresos. Por otro lado, para estimar el tiempo de recuperación de la inversión, se siguió la metodología propuesta por Romero-Arenas et al. (2013).

Relación Beneficio-Costo (B/C). Para la estimación de este indicador se empleó la fórmula propuesta por Jianbing et al. (2010).

$$B/C = \frac{VANi}{Inv+VANe}$$

Donde:

B/C = Beneficio – Costo de los sistemas

$VANi$ = Valor actual de los ingresos

Inv = Inversión inicial

$VANe$ = Valor actual de los egresos

Decisión

$B/C > 1$: indica que existe ganancias

$B/C = 1$: El proyecto de inversión no generará ganancias; no invertir

$B/C < 1$: El proyecto de inversión no genera ganancias; no invertir

Valor Actual Neto (VAN). Se empleó la siguiente fórmula propuesta por Morales (2021), donde se ha estimado con los flujos económico neto y proyección para 5 años.

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{FEt}{(1+r)^t}$$

Donde

VAN: Valor Actual Neto

FEt: Flujo de efectivo del año t

t: Periodo de tiempo (número de años)

r: Tasa social de descuento del 10%

n: Número de años del horizonte de evaluación menos uno

Decisión

VAN > 0: El valor indica que la inversión generará beneficios.

VAN = 0: El proyecto de inversión no generará ni beneficios ni pérdidas

VAN < 0: El proyecto de inversión se debe de postergar

La Tasa Interna de Retorno (TIR). Se estimó empleando la siguiente fórmula:

$$TIR = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+TIR)} + \dots + \frac{F_n}{(1+TIR)^n} = 0$$

Donde:

Ft. Flujos de dinero en cada periodo t

I₀. Es la inversión realizada en el momento inicial (t = 0)

n. Es el número de periodos de tiempo

Decisión

TIR > TD: El valor indica que la inversión genera retorno

TIR = TD: El proyecto de inversión no generará ningún retorno

TIR < TD: El proyecto de inversión no genera ningún retorno

Tiempo de Recuperación (TR). Para estimar el tiempo de recuperación se construyó una matriz general empleando el flujo efectivo neto, luego se actualizaron en función a la tasa de descuento (10%) y el periodo de tiempo (1 – 5 años); incluyendo además la inversión inicial. Se empleó las siguientes fórmulas:

Fórmulas

$$SA (TD) = \frac{FEn}{(i+TD)^t} \dots\dots\dots (i)$$

$$SAP = Inv + SA (TD)_{t+1} \dots\dots\dots (ii)$$

$$TR = I - \frac{SA (TD)}{SAP_{i+1}} \dots\dots\dots (iii)$$

Donde:

SA = Saldo actualizado

TD = Tasa de descuento (10%)

FEn = Flujo efectivo neto

t = periodo de tiempo (5 años)

$VANe$ = Valor actual de los egresos

SAP = Saldo actualizado por periodos

Objetivo específico 4: Evaluación de la Sostenibilidad de la Producción de Quina bajo Diferentes Sistemas

Evaluación de la Sostenibilidad

Muestra y Muestreo. La muestra estuvo conformada por 30 personas, seleccionadas mediante un muestro no probabilístico por conveniencia. Éstos, estuvieron distribuidos en 11 personas de la Asociación Agrícola, Forestal y Turística de Palmira en la comunidad campesina de Leymebamba, cinco personas de la empresa Servicios Generales Jucusbamba E.I.R.L. (trabajadores, profesionales, tesisistas y practicantes) y 14 estudiantes de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Validación de los Instrumentos de Medición. Se contactó a tres profesionales con formación profesional en ciencias medioambientales y agroforestería, así mismo se revisó la especialización, cumpliendo todos estudios de posgrado en el desarrollo sustentable. Además, los profesionales seleccionados están registrados como investigadores en el CONCYTEC, en las líneas afines al estudio. Los expertos evaluaron las fichas de encuestas, quienes valoraron con una puntuación del 1 a 6, obteniendo un puntaje aprobatorio, con algunas observaciones que fueron subsanadas (Figura 26-27-28). El proceso de revisión del instrumento tuvo una duración de 15 días, para luego ser aplicados mediante encuestas.

Aplicación de Encuestas y Recolección de Datos. En esta etapa se visitó a productores, profesionales y estudiantes previamente seleccionados, en la que se expuso los principales resultados obtenidos y las ventajas y, desventajas de los sistemas de producción de quina. Posteriormente, se aplicó la encuesta a cada participante para ser respondida según su percepción de los resultados expuestos. La primera institución encuestada fue la Asociación Forestal y Turística de Palmira – AFOTUR, luego siguieron

estudiantes de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas y personas de la empresa Servicios Generales Jucusbamba E.I.R.L. (Figura 24-25-29).

Evaluación de Indicadores de Sostenibilidad. La construcción de los indicadores de sostenibilidad se basó según el marco conceptual de agricultura sustentable (Sarandón, 2006). En ese sentido, se tuvo las consideraciones de los lineamientos propuestos por Smyth & Dumansky (1995) y Astier et al. (2002), donde un sistema para ser sostenible debe ser “*económicamente viable, ecológicamente adecuado y socialmente aceptable*” y bajo escenarios de supuestos implementados por el investigador.

Sostenibilidad Económica. Para determinar el indicador de riesgo económico, optamos por realizar un sub-indicador (dependencia de insumos externos), para ello se construyó una matriz de percepción con escalas de 0 a 4 (porcentajes) (Sarandón, 2006). Se describe a continuación:

Tabla 2.

Escala de determinación del riesgo económico del sistema de producción de quina

Indicador	Escala	Descripción
A1. Rentabilidad de producción (utilidad)	4	Más de 3000
	3	2500 - 3000
	2	2000 - 2500
	1	1000 - 2000
	0	Menor a 1000
A2. Riesgo económico (dependencia de insumos externos)	4	de 0% a 20% de insumos
	3	de 20% a 40% de insumos
	2	de 40% a 60% de insumos
	1	de 60% a 80% de insumos
	0	de 80% a 100% de insumos

Indicador económico (IK)

$$IK = \frac{A1 + A2}{2}$$

Regla de decisión

Sí, IS económico calculado es > 2 = es sostenible; si IS económico calculado es < 2 = no es sostenible.

Sostenibilidad Ambiental (A). En esta variable se estimó principalmente el impacto que tiene el sistema, sobre la pérdida de cobertura de suelo y deterioro de ecosistemas (Sarandón, 2006). Para ello se construyó 5 escalas, descrita a continuación:

Tabla 3.

Escala de determinación de pérdida de cobertura del suelo y deterioro de ecosistemas con el sistema de producción.

Indicador	Escala	Descripción
A1- Pérdida de cobertura del suelo con el sistema de producción	0	100% de cobertura
	1	99 a 75% de cobertura
	2	74 a 50% de cobertura
	3	49% a 25% de cobertura
	4	25% a 0% de cobertura
A2 - Deterioro de ecosistemas	0	Muy alta
	1	Alta
	2	Media
	3	Baja
	4	Nula

Indicador ambiental (IA)

$$IA = \frac{A1 + A2}{2}$$

Regla de decisión

Sí, IS ambiental calculado es > 2 = es sostenible; si IS ambiental calculado es < 2 = no es sostenible

Sostenibilidad Social (S). Se estimó mediante la escala de Likert (de 0 – 4), denotando la percepción y aceptabilidad del sistema de producción por parte de los productores campesinos, profesionales y estudiantes con formación y/o dedicación afín a la temática de investigación (Sarandón, 2006). Se construyó 5 escalas, descrita a continuación:

Tabla 4.

Escalas Likert para determinar el indicador de sostenibilidad social

Indicador	Escala	Descripción
Aceptabilidad del sistema de producción	4	Totalmente satisfecho (pronto quiere implementar el sistema)
	3	Satisfecho (requiere mayor información)
	2	Algo satisfecho (considera que es igual al sistema tradicional)
	1	Insatisfecho (optaría por el sistema tradicional)
	0	Totalmente insatisfecho (no lo implementaría nunca)

Regla de decisión

Sí, IS social calculado es > 2 = es sostenible; si IS social calculado es < 2 = no es sostenible

Índice de sostenibilidad General (ISGen):

$$ISgen = \frac{IK + IA + IS}{3}$$

Dónde:

IS gen = indicador de sostenibilidad general

2 = es el valor promedio de las escalas

Para estimar este indicador, se definió un valor umbral o mínimo, el cual nos permitirá tomar una decisión (Sarandón et al., 2006):

- *Sí el ISgen calculado es > 2 = es sostenible*
- *Si el ISgen calculado es < 2 = no es sostenible*

Análisis de Datos

Los objetivos específicos 1 y 2 fueron analizados en el software estadístico InfoStat versión 2019. Los datos fueron verificados el cumplimiento de los supuestos de normalidad (Kolmogorov-Smirnov) y homogeneidad de varianzas (Levene). Luego se realizó el análisis de varianza – ANOVA, con modelo para un DCA con arreglo trifactorial A x B x C. Los tratamientos con diferencias significativas, fueron comparados con el test post hoc de Duncan y Tukey (5%).

Para el objetivo específico 3, el indicador de rentabilidad económica se estimó en Excel, empleando las herramientas financieras (valor actual neto-VAN, tasa interna de retorno-TIR y relación beneficio/costo-B/C).

Para el objetivo específico 4, el indicador de sostenibilidad general (*ISgen*) e indicadores por dimensiones (económico – K, ambiental - A y social – S), fueron estimados mediante la ponderación y estandarización de indicadores (Sarandón, 2006). Estos datos fueron recopilados mediante encuestas y observaciones directas. Finalmente, los índices calculados, fueron comparados con el valor umbral – VU (2,0), evaluando que un sistema es sostenible, sí supera al valor estipulado.

III. RESULTADOS

Objetivo específico 1: Efecto de Hongos Micorrízicos Arbusculares, Abonos Orgánicos y Ambientes en la Biometría de Quina

Análisis Biométrico de C. officinalis

La Tabla 5 muestra el valor de probabilidad calculado en el ANOVA para las variables biométricas de quina. Se observa diferencias estadísticas significativas en todas las variables biométricas de quina efectuados por los tratamientos aplicados (interacción hongo micorrízico*abono*ambiente). En cuanto a la interacción pareada de factores, se observa que la interacción HMA*ambiente, no mostró significancia en el número de raíces. En la misma tabla también se aprecia que, los factores (hongo micorrízico y abono) de manera individual mostraron efectos significativos en todas las variables evaluadas. Mientras que, el factor ambiente únicamente no mostró efectos significativos para el número de raíces de quina.

Tabla 5.

Análisis de varianza para las variables biométricas de quina inoculados con hongos micorrízicos, abonos orgánicos en dos ambientes.

Fuente de variación	P-valor					
	H	MSF	AF	TR	NR	MSR
Micorriza	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**
Abono	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**
Ambiente	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**	1,000 ns	<0,001**
Micorriza*Abono	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**
Micorriza*Ambiente	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**	0,385 ns	<0,001**
Abono*Ambiente	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**
Micorriza*Abono*Ambiente	0,006**	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**	<0,001**
CV %	6,68	6,41	7,71	5,19	8,14	9,51

Nota. NS= no significativo; **= altamente significativo (P -valor < 0,01); *=significativo (P -valor < 0,05);

H: altura; TR: tamaño raíz; NR: número de raíces; MSR: materia seca radicular; MSF: materia seca foliar; AF: área foliar; CV: coeficiente de variación.

La Tabla 6 muestra la comparación múltiple de Duncan (5%), del efecto de la interacción de los tres factores en el crecimiento de quina. El Tratamiento T6 (LEY-GALL-INV) mostró efectos en la altura de planta (11,5 cm) y materia seca radicular (79,9 mg). Por su parte, el T8 (SJ-HUM-INV) mostró efectividad en la materia seca foliar (317,8 mg) y el

T9 (SJ-GALL-INV) en el área foliar (85,8 cm²). Por otro lado, el tratamiento T5 (LEY-HUM-INV), tuvo efecto en la parte radicular de las plantas, incrementando el tamaño, junto con T11 y T17 (18,7cm; 18,3cm;18,2cm). Así mismo, el T5 favoreció considerablemente el crecimiento de número de raíces (45,0) y materia seca de los mismos. En general se aprecia que los tratamientos conformados por los factores hongos micorrízicos y abonos a nivel de vivero, manifestaron efectos considerables en la biometría de quina, no obstante, fueron superados mínimamente por los tratamientos aplicados a nivel de invernadero.

Tabla 6.

*Efecto de la interacción de factores (hongo micorrízico*abono*ambiente) en la biometría de C. officinalis.*

		Biometría de quina					
Fuente de variación		H (cm)	MSF (mg)	AF (cm ²)	TR (cm)	NR	MSR (mg)
<i>Micorriza * abono * ambiente</i>							
T1	SM-SA-INV	4,8 ^{ij}	28,1 ^m	8,0 ^m	10,3 ^{kl}	16,7 ⁱ	10,5 ^{nop}
T2	SM-HUM-INV	7,4 ^{cd}	78,7 ^k	34,4 ^f	12,8 ^{fgh}	26,7 ^{fg}	45,5 ^d
T3	SM-GALL-INV	7,2 ^{cde}	86,1 ^{jk}	33,8 ^f	13,6 ^{efg}	21,7 ^h	29,4 ^{gh}
T4	LEY-SA-INV	6,8 ^{def}	88,0 ^{jk}	21,0 ^{ij}	15,2 ^{bcd}	15,0 ⁱ	37,5 ^{ef}
T5	LEY-HUM-INV	101 ^b	199,4 ^e	61,7 ^c	18,7 ^a	45,0 ^a	75,8 ^a
T6	LEY-GALL-INV	11,5 ^a	287,5 ^b	76,5 ^b	13,9 ^{ef}	41,7 ^{ab}	79,9 ^a
T7	SJ-SA-INV	6,3 ^{fg}	112,1 ^{gh}	29,2 ^g	15,1 ^{cd}	30,0 ^{ef}	30,8 ^{ef}
T8	SJ-HUM-INV	9,5 ^b	317,8 ^a	75,9 ^b	16,5 ^b	35,0 ^{cd}	41,5 ^{de}
T9	SJ-GALL-INV	10,2 ^b	271,3 ^c	85,8 ^a	16,0 ^{bc}	36,7 ^{cd}	45,7 ^d
T10	CON-SA-INV	5,2 ^{hi}	42,9 ^l	15,5 ^l	9,8 ^l	35,0 ^{cd}	8,9 ^{op}
T11	CON-HUM-INV	7,6 ^{cd}	124,0 ^g	40,2 ^e	18,3 ^a	26,7 ^{fg}	26,9 ^{hi}
T12	CON-GALL-INV	6,8 ^{def}	111,4 ^{gh}	33,5 ^f	12,8 ^{fgh}	38,3 ^{bc}	17,4 ^{klm}
T13	SM-SA-VIV	3,8 ^k	10,4 ⁿ	2,1 ⁿ	8,4 ^m	16,7 ⁱ	6,0 ^p
T14	SM-HUM-VIV	6,4 ^{fg}	91,8 ^{ijk}	24,4 ^{hi}	14,4 ^{de}	26,7 ^{fg}	38,0 ^{gh}
T15	SM-GALL-VIV	4,3 ^{jk}	46,7 ^l	10,1 ^m	12,5 ^{ghi}	23,3 ^{gh}	33,2 ^{fg}
T16	LEY-SA-VIV	4,9 ^{ij}	116,7 ^{gh}	7,5 ^m	11,9 ^{hij}	35,0 ^{cd}	15,1 ^{lmn}
T17	LEY-HUM-VIV	7,5 ^{cd}	159,6 ^f	35,7 ^f	18,2 ^a	33,3 ^{de}	69,5 ^b
T18	LEY-GALL-VIV	6,6 ^{ef}	94,5 ^{ij}	23,9 ^{hij}	12,5 ^{ghi}	28,3 ^f	57,2 ^c
T19	SJ-SA-VIV	4,4 ^{jk}	47,3 ^l	8,8 ^m	7,9 ^m	26,7 ^{fg}	20,0 ^{ijkl}
T20	SJ-HUM-VIV	7,8 ^c	249,9 ^d	48,0 ^d	16,1 ^{bc}	41,7 ^{ab}	65,0 ^b
T21	SJ-GALL-VIV	6,0 ^{fg}	105,4 ^{hi}	19,8 ^j	11,1 ^{ijk}	33,3 ^{de}	22,0 ⁱ
T22	CON-SA-VIV	4,0 ^k	49,3 ^l	7,2 ^m	8,2 ^m	28,3 ^f	6,4 ^p
T23	CON-HUM-VIV	6,8 ^{def}	157,5 ^f	27,8 ^{gh}	15,1 ^{cd}	38,3 ^{bc}	23,4 ⁱ
T24	CON-GALL-VIV	5,6 ^{gh}	89,7 ^{jk}	16,3 ^{kl}	11,4 ^{ijk}	36,7 ^{cd}	13,8 ^{mno}

Nota. Letras diferentes manifiestan diferencias significativas (Duncan 5%). H: altura; TR: tamaño raíz; NR: número de raíces; MSR: materia seca radicular; PSF: materia seca foliar; AF: área foliar.

La Tabla 7, muestra la comparación múltiple según el test de Tukey (5%), sobre el efecto individual de los factores (hongo micorrízico, abonos orgánicos y ambiente), en la biometría de quina. En cuanto a los hongos micorrízicos el inóculo LEY y SJ, favorecieron significativamente el incremento de todas las variables estudiadas en quina. En cuanto al abono, el humus de lombriz tuvo efectos favorables en todas las variables biométricas de quina, a diferencia de las plantas tratadas con gallinaza, únicamente manifestaron respuesta positiva en la materia seca foliar y número de raíces. Respecto al factor ambiente, las plantas de quina sembradas en invernadero, mostraron mayor crecimiento y ganancia de bioma radicular, sin embargo, en cuanto al número de raíces, las plantas de quina en vivero superaron a las plantas sembradas en invernadero.

Tabla 7.

Efecto individual de los hongos micorrízicos, abonos orgánicos y ambientes en la biometría de C. officinalis.

Fuente de variación	Biometría de quina					
	H (cm)	PSF (mg)	AF (cm ²)	TR (cm)	NR	PSR (mg)
Hongo micorrízico						
Sin micorriza (SM)	5,6 ^b	57,0 ^b	18,8 ^b	12,0 ^c	21,9 ^b	16,1 ^d
Leymebamba (LEY)	7,9 ^a	184,0 ^a	44,6 ^a	15,1 ^a	33,1 ^a	55,9 ^a
San Jerónimo (SJ)	7,4 ^a	157,6 ^a	37,7 ^a	13,8 ^{ab}	33,9 ^a	37,5 ^b
Conila (CON)	6,0 ^b	95,8 ^b	23,4 ^b	12,6 ^{bc}	33,9 ^a	27,1 ^c
Abono						
Sin abono (SA)	5,0 ^b	61,8 ^b	12,4 ^b	10,9 ^c	25,4 ^b	16,9 ^c
Humus (HUM)	7,9 ^a	136,6 ^a	43,5 ^a	16,3 ^a	34,2 ^a	48,1 ^a
Gallinaza (GALL)	7,3 ^b	172,3 ^a	37,5 ^a	13,0 ^b	32,5 ^a	37,3 ^b
Ambiente						
Invernadero (INV)	7,8 ^a	145,6 ^a	43,0 ^a	14,1 ^a	30,7 ^a	37,5 ^a
Vivero (VIV)	5,7 ^b	101,6 ^b	19,3 ^b	12,3 ^b	30,7 ^a	30,8 ^b

Nota. Letras diferentes manifiestan diferencias significativas (Tukey, 0,05). H: altura; TR: tamaño raíz; NR: número de raíces; MSR: materia seca radicular; MSF: materia seca foliar; AF: área foliar.

Objetivo específico 2: Efecto de Hongos Micorrízicos Arbusculares, Abonos Orgánicos y ambientes en el Comportamiento Vegetativo de Quina

Sobrevivencia. En la Tabla 8 se muestra el análisis de varianza para la sobrevivencia de los plantones de quina, bajo los efectos de hongos micorrízicos, abonos y ambiente. El análisis, reporta que no existe diferencias significativas entre los tratamientos aplicados en quina (interacción de tres factores) ($P\text{-valor} > 0,05$). No obstante, sí se reporta diferencias significativas para la interacción de los factores (abono*ambiente) y también de manera individual ($P\text{-valor} < 0,05$).

Tabla 8.

Análisis de varianza para la sobrevivencia de quina inoculadas con hongos micorrízicos arbusculares, abono orgánico en diferentes ambientes.

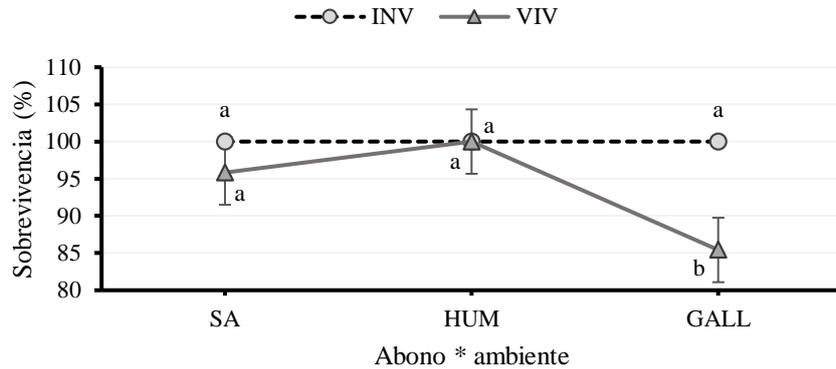
Fuente de variación	SC	gl	CME	F	P-valor
Hongo micorrízico	234,38	3	78,13	1,13	0,348 ns
Abono	677,08	2	338,54	4,88	0,012 *
Ambiente	703,13	1	703,13	10,13	0,003 **
Hongo micorrízico*abono	781,25	6	130,21	1,88	0,105 ns
Hongo micorrízico*ambiente	234,38	3	78,13	1,13	0,348 ns
Abono*ambiente	677,08	2	338,54	4,88	0,012 *
Hongo micorrízico*abono*ambiente	781,25	6	130,21	1,88	0,105 ns
Error	3333,33	48	69,44		
Total	7421,88	71			

Nota. NS= no significativo; **=altamente significativo ($P\text{-valor} < 0,01$); *=significativo ($P\text{-valor} < 0,05$); SC: suma de cuadrados; gl.: grado de libertad; CME: cuadrado medio del error; F: Fisher

La Figura 5 muestra la comparación múltiple de Tukey (5%) para la sobrevivencia, bajo el efecto de la interacción de dos factores (abono*ambiente). Se observa que las plantas de quina mostraron alta sobrevivencia en invernadero con y sin aplicación de abono orgánico (100%). Por su parte, las plantas de quina a nivel de vivero, mostraron una sobrevivencia moderada (93,7%), logrados al interaccionar los tratamientos con el abono gallinaza.

Figura 5.

Test post hoc Tukey (5%) para la sobrevivencia de quina inoculadas con HMA, abonos y en diferentes ambientes

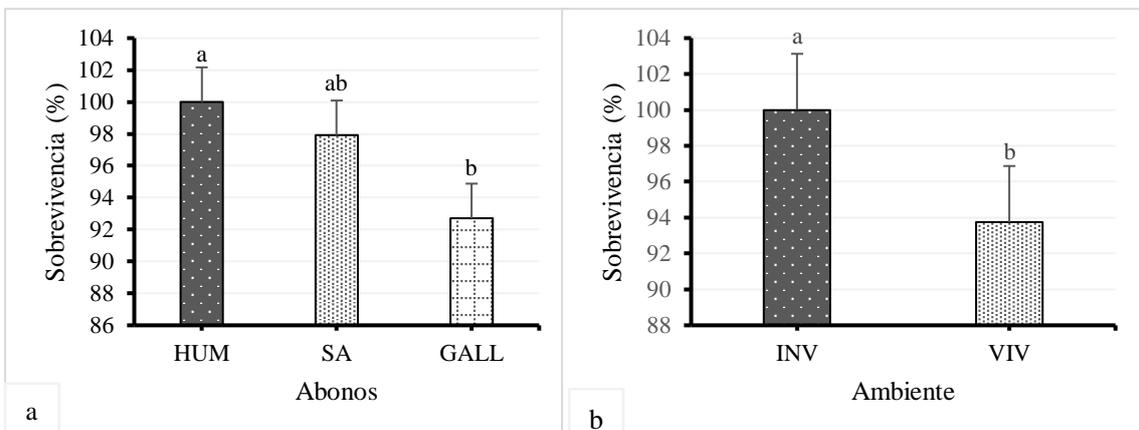


Nota. Letras diferentes manifiestan diferencias significativas (Tukey, $\alpha = 0,05$).

La Figura 6-a, muestra la comparación múltiple de Tukey (5%) para la sobrevivencia de quina efectuada por factores individuales aplicados. Para el factor abono, sobresalió el humus de lombriz, superando a gallinaza, mientras que, con el testigo no presentaron diferencias significativas. En cuanto a los ambientes, las plantas de quina en invernadero mostraron mayor sobrevivencia (100%), a diferencia de plantas en vivero que alcanzaron una sobrevivencia de 93,7% (Figura 5-b).

Figura 6.

Test post hoc Tukey 5% para la sobrevivencia de quina bajo el efecto individual de abonos orgánicos y ambientes.



Nota. sobrevivencia de quina; a) efecto de abonos; b) efecto de ambiente. Letras diferentes manifiestan diferencias significativas (Tukey, $\alpha = 0,05$).

Velocidad de Crecimiento. La Tabla 9 reporta el ANOVA para la variable velocidad de crecimiento. Se observa que existe diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos interaccionados (hongo micorrízico*abono*ambiente) aplicados a plantas de quina (P -valor $< 0,05$). Así mismo, se reporta diferencias estadísticas significativas para la interacción pareada de los mismos factores y de manera individual (P -valor $< 0,05$).

Tabla 9.

Análisis de varianza ($P < 0,05$) para la velocidad de crecimiento de plantas de quina con diferentes tratamientos

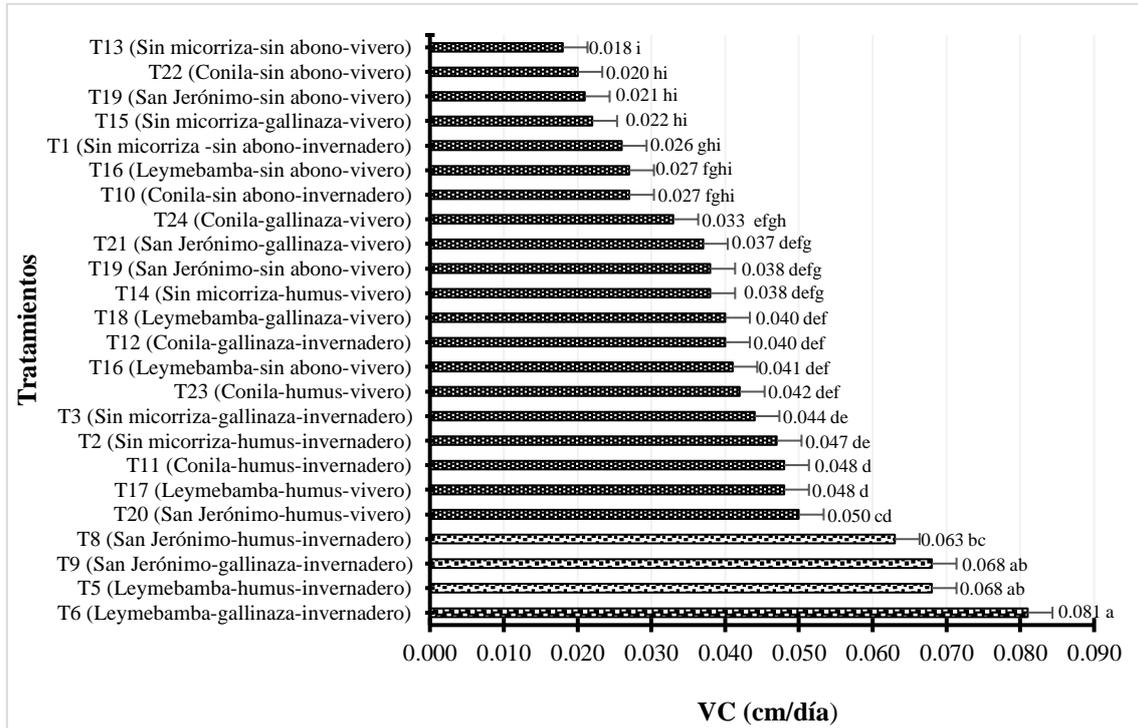
Fuente de variación	SC	gl	CME	F	<i>P</i>-valor
Hongo micorrízico	0,00424	3	0,00081	65,90148	<0,0001**
Abono	0,00723	2	0,00141	168,71538	<0,0001**
Ambiente	0,00478	1	0,00362	222,96349	<0,0001**
Hongo micorrízico*Abono	0,00054	6	0,00478	4,22481	0,0017**
Hongo micorrízico*Ambiente	0,00085	3	0,00009	13,24728	<0,0001**
Abono*Ambiente	0,00076	2	0,00028	17,74164	<0,0001**
Hongo micorrízico*Abono*Ambiente	0,00032	6	0,00038	2,48810	0,0355*
Error	0,00103	48	0,00005		
Total	0,01975	71			

Nota. **=altamente significativo (P -valor $< 0,01$); *=significativo (P -valor $< 0,05$); SC: suma de cuadrados; gl.: grado de libertad; CME: cuadrado medio del error; F: Fisher

La prueba Tukey al 5% para los tratamientos (Figura 7) muestra nueve grupos de significación. Rescatando los dos primeros grupos, donde se ubican los tratamientos T6 (Leymebamba-gallinaza-invernadero) (0,081 cm/día), T5 (Leymebamba-humus-invernadero) (0,068 cm/día) y T9 (San Jerónimo-gallinaza-invernadero) (0,068 cm/día). En el segundo grupo de significación, se ubican los mismos tratamientos del primer grupo y adicionalmente el tratamiento T8 (San Jerónimo-humus-vivero) (0,063 cm/día). Todos estos tratamientos, alcanzaron una alta velocidad de crecimiento, mientras que, los siguientes grupos, en promedio no lograron superar el 0,03 cm/día.

Figura 7.

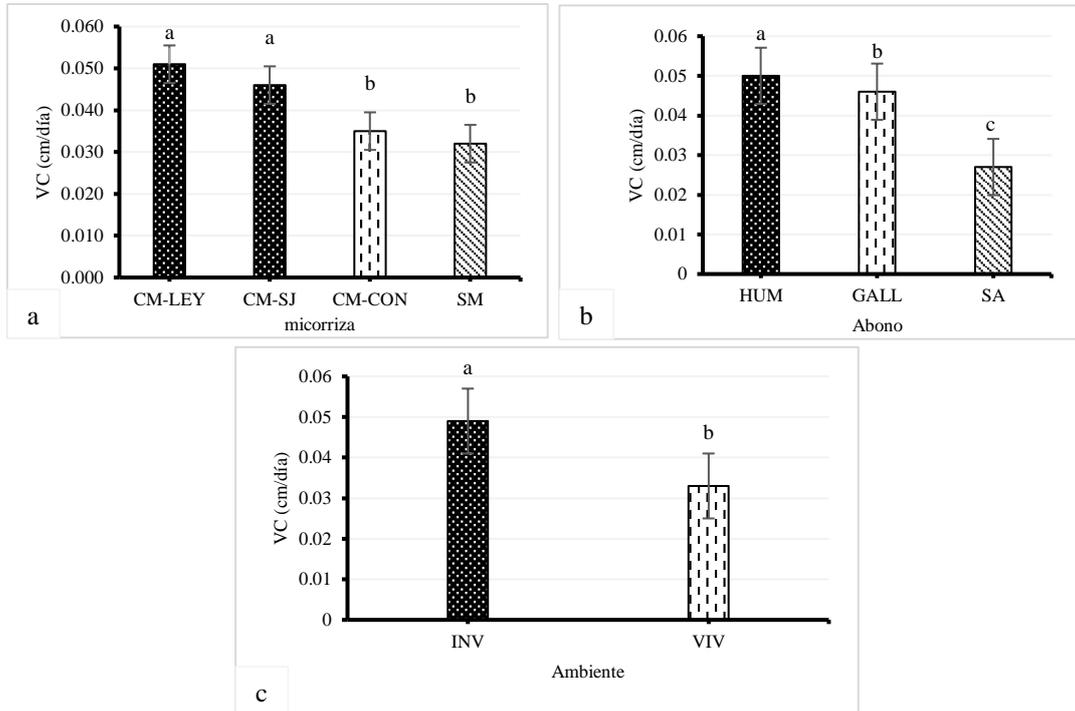
Efecto de la interacción de hongos micorrízicos arbusculares, abonos y ambiente en la velocidad de crecimiento de C. officinalis.



La figura 8 muestra la prueba de Tukey (5%) para la velocidad de crecimiento efectuado por los factores individuales. Observando que, el inóculo Leymebamba y San Jerónimo sin diferencias entre sí, mostraron mayor efecto en comparación al inóculo Conila y al testigo (Figura 8-a). Respecto al factor abono, el humus de lombriz superó largamente a gallinaza y al testigo, indicando que las plantas de quina muestran mejor respuesta a este abono, logrando mayor velocidad de crecimiento (Figura 8-b). Para el factor ambiente, las plantas de quina a nivel de invernadero manifestaron mayor velocidad de crecimiento (Figura 8-c), superando ampliamente a las plantas en vivero. Según los reportes, sugiere que la quina procedente de bosques montanos, expresa su potencial de crecimiento, cuando las condiciones de temperatura y humedad relativa son moderadas y constantes.

Figura 8.

Prueba de Tukey (5%) para la velocidad de crecimiento de C. officinalis bajo el efecto individual de factores



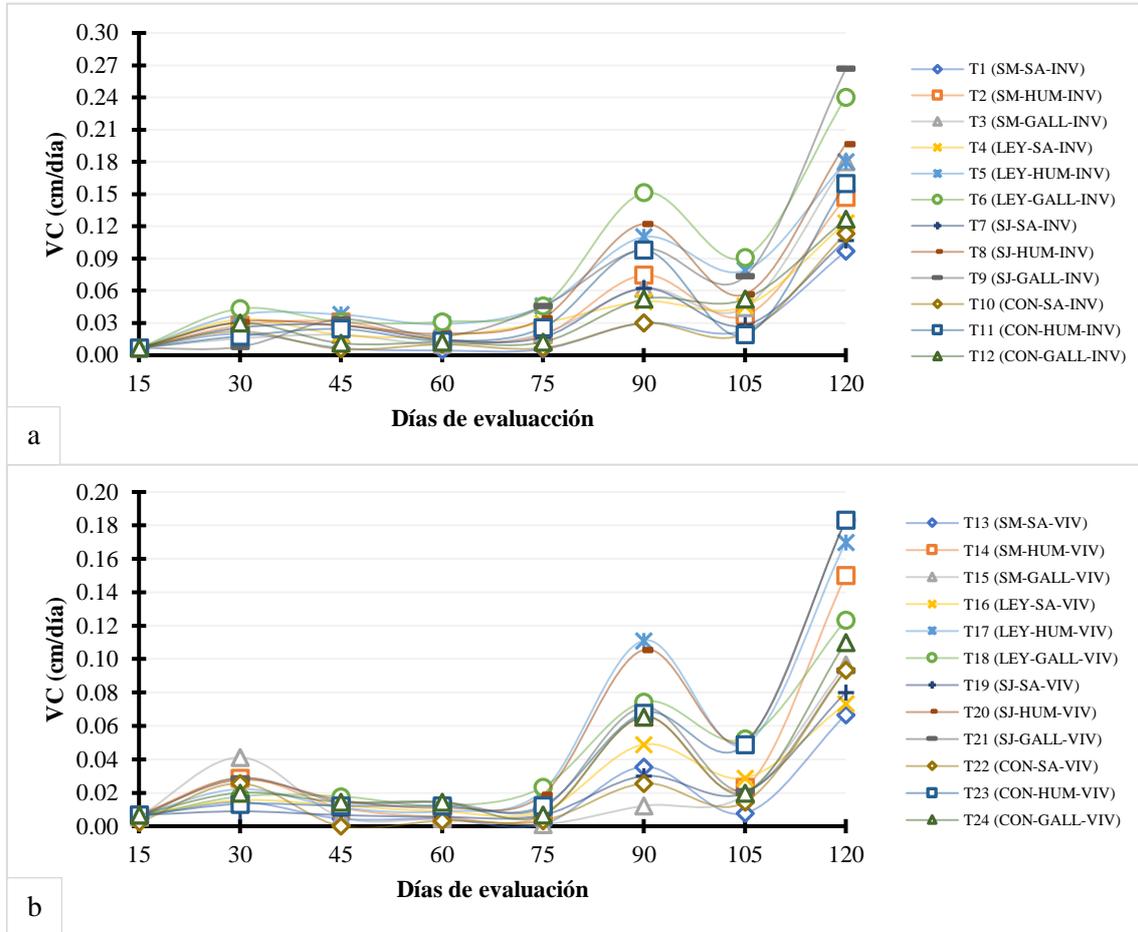
Nota. Letras diferentes manifiestan diferencias significativas (Tukey, $\alpha = 0,05$). VC: velocidad de crecimiento.

Curva de la Velocidad de Crecimiento. La Figura 9 muestra la curva de crecimiento de las plantas de quina bajo el efecto de los tratamientos aplicados en plantas de quina. Desde el día 15 hasta el día 75, las plantas de quina presentaron una velocidad de crecimiento constante con 0,03 y 0,04 cm/día. A partir del día 90 hasta el día 105, el tratamiento T6 (LEY-GALL-INV) y el T9 (JS-HUM-INV), se desprendieron del grupo y mostraron superioridad en la velocidad de crecimiento (Figura 9-a). Si bien estos resultados, fueron analizados a nivel de invernadero, no cabe duda, que el crecimiento de las plantas en este ambiente superó considerablemente a las plantas tratadas a nivel de vivero (Figura 9-b).

En una interpretación general, se reportó que las plantas de quina, muestran un crecimiento lento durante los primeros 60 días posterior al repique. Siendo una etapa más crítica para éstas, con posibilidades de mortalidad alta. Sin embargo, las plantas de quina, que superaron esta etapa, mostraron un incremento en la velocidad de crecimiento hasta el doble en relación al crecimiento inicial.

Figura 9.

Efecto de hongos micorrízicos arbusculares, abonos orgánicos y ambientes en la velocidad de crecimiento de quina



Nota. La figura a) representa la velocidad de crecimiento evaluado a nivel de invernadero (intervalo de 15 días). La figura b) expresa velocidad de crecimiento evaluado a nivel de vivero (intervalo de 15 días).

Análisis de Correlación de Variables Dependientes. El análisis de correlación de Pearson, muestra una alta correlación del tamaño radicular con la altura de planta, materia seca foliar y área foliar. Por su parte, la variable número de raíces, únicamente mostró una correlación alta con la materia seca foliar y área foliar. Por su parte, la variable materia seca radicular, mostró alta correlación con las variables biométricas foliares. Finalmente, la variable número de raíces, mostró una correlación baja con la variable altura de planta (Tabla 10).

Tabla 10.

Análisis de correlación de Pearson, para la biometría radicular y foliar de plantones de quina

	H (cm)	MSF (mg)	AF (cm ²)
TR	0,7*	0,7*	0,7*
NR	0,5	0,7*	0,6*
MSR (mg)	0,8*	0,7*	0,7*

Nota. *= *correlación alta*; H: altura; MSF: materia seca foliar; AF: área foliar; TR: tamaño raíz; NR: número de raíces; MSR: materia seca radicular.

Parámetros Fúngicos

Colonización Micorrízica (%)

La Tabla 11 muestra el análisis no paramétrico de *Kruskal-Wallis* para la colonización micorrízica. Se evidencia diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos aplicados a plantas de quina (P -valor $< 0,05$), sugiriendo que, al menos un tratamiento ha tenido efecto en la colonización radicular de quina. Las diferencias fueron contrastadas mediante la prueba de *Student-Newman-Keuls*, reportando que, el tratamiento T9 (SJ-GALL-INV), a pesar de mostrar mínimas diferencias con los tratamientos T12 y T24 (inóculo CON). En general, los inóculos manifestaron valores diferenciados en cuanto a colonización, ya sea en interacción con abonos y en diferentes ambientes.

Tabla 11.

Prueba no paramétrica según Kruskal-Wallis y Student-Newman-Keuls, para la colonización micorrízica en C. officinalis.

Tratamiento	% CM (Student-Newman-Keuls)	H	P-valor
T9 (SJ-GALL-INV)	38,07 ^a		
T12 (CON-GALL-INV)	24,73 ^{ab}		
T24 (CON-GALL-VIV)	24,07 ^{ab}		
T16 (LEY-SA-VIV)	12,60 ^{abc}	67,21	<0,0001**
T19 (SJ-SA-VIV)	9,17 ^{abcd}		
T21 (SJ-GALL-VIV)	8,00 ^{abcde}		
T22 (CON-SA-VIV)	6,97 ^{abcdef}		
T6 (LEY-GALL-INV)	6,23 ^{abcdef}		

T17 (LEY-HUM-VIV)	5,83 ^{abcdef}
T18 (LEY-GALL-VIV)	5,57 ^{abcdef}
T5 (LEY-HUM-INV)	5,00 ^{abcdefg}
T11 (CON-HUM-INV)	3,57 ^{bcdefg}
T10 (CON-SA-INV)	3,47 ^{bcdefg}
T23 (CON-HUM-VIV)	1,70 ^{cdefg}
T4 (LEY-SA-INV)	0,90 ^{defg}
T7 (SJ-SA-INV)	0,63 ^{efg}
T20 (SJ-HUM-VIV)	0,60 ^{fg}
T8 (SJ-HUM-INV)	0,50 ^{fg}
T14 (SHMA-HUM-VIV)	0,00 ^g
T15 (SHMA-GALL-VIV)	0,00 ^g
T13 (SHMA-SA-VIV)	0,00 ^g
T1 (SHMA-SA-INV)	0,00 ^g
T2 (SHMA-HUM-INV)	0,00 ^g
T3 (SHMA-GALL-INV)	0,00 ^g

Nota. *=*significativo (P -valor < 0,05)*; **=*altamente significativo (P -valor < 0,01)*; CM: colonización micorrízica; H = Estadístico de *Kruskal-Wallis*; P = Valor de probabilidad. Letras diferentes manifiestan diferencias significativas.

Longitud de Micelio Extraradicular (cm)

La Tabla 12 muestra el análisis no paramétrico de *Kruskal-Wallis* para el micelio extraradicular. Se aprecia diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos estudiados en plantas de quina (P -valor < 0,05), denotando que al menos un tratamiento mostró efecto en el incremento de micelio extraradicular. Estas diferencias, fueron corroboradas mediante la prueba de *Student-Newman-Keuls*, donde el T4 (LEY-SA-INV), seguido de T23 (CON-HUM-VIV) mostraron mayor tamaño de micelio. El comportamiento de los inóculos fue variado, mostrando un incremento significativo en combinación con los abonos y por ambientes.

Tabla 12.

Prueba no paramétrica según Kruskal-Wallis y Student-Newman-Keuls, para la longitud de micelio extraradicular en *C. officinalis*.

Tratamiento	LME (Student-Newman-Keuls)	H	P-valor
T4 (LEY-SA-INV)	89,33 ^a		
T23 (CON-HUM-VIV)	84,70 ^a		
T6 (LEY-GALL-INV)	70,70 ^{ab}		
T20 (SJ-HUM-VIV)	65,57 ^{abc}		
T5 (LEY-HUM-INV)	61,13 ^{abc}		
T19 (SJ-SA-VIV)	51,83 ^{abcd}		
T16 (LEY-SA-VIV)	51,70 ^{abcd}		
T18 (LEY-GALL-VIV)	51,33 ^{abcd}		
T24 (CON-GALL-VIV)	46,8 ^{abcd}		
T7 (SJ-SA-INV)	42,53 ^{abcd}		
T21 (SJ-GALL-VIV)	42,37 ^{abcde}		
T9 (SJ-GALL-INV)	32,93 ^{abcde}		
T12 (CON-GALL-INV)	28,4 ^{b^{cde}}	67,21	<0,0001**
T8 (SJ-HUM-INV)	23,67 ^{b^{cde}}		
T17 (LEY-HUM-VIV)	23,67 ^{b^{cde}}		
T22 (CON-SA-VIV)	23,47 ^{c^{de}}		
T11 (CON-HUM-INV)	12,73 ^{de}		
T10 (CON-SA-INV)	9,47 ^{de}		
T14 (SHMA-HUM-VIV)	0,00 ^e		
T13 (SHMA-SA-VIV)	0,00 ^e		
T15 (SHMA-GALL-VIV)	0,00 ^e		
T1 (SHMA-SA-INV)	0,00 ^e		
T2 (SHMA-HUM-INV)	0,00 ^e		
T3 (SHMA-GALL-INV)	0,00 ^e		

Nota. *=*significativo* (P -valor < 0,05); **=*altamente significativo* (P -valor < 0,01); LME: Longitud de Micelio Extraradicular; H = Estadístico de *Kruskal-Wallis*; P = Valor de probabilidad. Letras diferentes manifiestan diferencias significativas.

Caracterización e identificación morfológica de HMA

La Tabla 13 muestra la diversidad de géneros de HMA en los tres inóculos de HMA aplicados a plantas de quina a nivel de vivero e invernadero. En total se encontró 18 morfotipos de HMA, distribuidos por fuente de inóculo. En el hongo micorrízico Leymebamba se reportó 4 géneros correspondiendo a *Glomus* (3), *Acaulospora* (3) *Claroideoglomus* (1) y *Funneliformis* (1). El inóculo San Jerónimo reportó 3 géneros de HMA correspondiendo a *Acaulospora* (4), *Glomus* (1) y *Septoglomus* (1). Mientras que, el inóculo Conila, reportó en total 2 géneros tales como *Acaulospora* (3) y *Glomus* (1). Entre los tres inóculos de hongos micorrízicos arbusculares, se encontraron 5 géneros con capacidad de colonizar a plantas de quina en ambientes controlados.

Tabla 13.

Diversidad de géneros de tres inóculos de HMA aplicados a quina

<i>Hongo micorrízico</i>	<i>Morfotipos de HMA</i>			
Leymebamba	1	2	3	4
	5	6	7	8
San Jerónimo	9	10	11	12
		13	14	
Conila	15	16	17	18

Nota. La identificación de géneros de HMA por fuente de inóculo, fueron a los 120 días posterior a la aplicación de plantas en vivero e invernadero. 1) *Acaulospora* sp1; 2) *Glomus* sp1.; 3) *Funneliformis* sp.; 4) *Glomus* sp2.; 5) *Glomus macrocarpum*; 6) *Acaulospora spinosa*; 7) *Acaulospora puntata*; 8) *Claroideoglomus* sp.1; 9) *Acaulospora* sp2.-afin a *laevis*; 10) *Acaulospora* sp3.; 11) *Septoglomus constrictum*; 12) *Acaulospora* sp4.; 13) *Acaulospora* sp5.; 14) *Glomus* sp3.; 15) *Acaulospora* sp5.-afin a *Spinosa*; 16) *Glomus* sp4.; 17) *Acaulospora splendida*.; 18) *Acaulospora* sp6.; Manual del INVAM.

Objetivo específico 3: Evaluación de la Factibilidad Económica de la Producción de Quina con Diferentes Sistemas

Factibilidad Económica (Rentabilidad)

La Tabla 14, muestra el análisis de rentabilidad para la producción de quina con proyecto y sin proyecto, evidenciando una variación en cuanto a las herramientas financieras analizadas. En el análisis financiero de relación beneficio/costo, el sistema tecnificado obtuvo un valor de 1,4 sugiriendo que, por cada sol invertido en el proyecto, se obtendrá una ganancia de S/. 0,4 soles. Por su parte, el sistema intermedio alcanzó una relación B/C de 1,1 soles, representando un valor mínimo de ganancias, siendo un riesgo ejecutar el proyecto. Empero, con el sistema convencional la relación B/C fue aún más bajo, logrando un valor de 1,0, lo que no garantiza emprender un negocio en quina bajo este sistema y se sugiere postergar la inversión.

Por una parte, la tasa interna de retorno del sistema tecnificado-invernadero fue alto, alcanzando un TIR de 99,9%. Por su parte, el sistema intermedio-vivero, alcanzó un TIR promedio de 43,2%. Analizando el retorno que pueden generar estos sistemas, podemos afirmar que ambos son viables, ya que superaron la tasa de descuento-TD (10%). Por otra parte, se simuló el análisis TIR para el sistema convencional-sin proyecto, logrando un retorno mínimo 11,5%, el cual es bajo en comparación a los otros sistemas. En la misma tabla se aprecia VAN estimado con los diferentes sistemas de producción de quina. El sistema de producción tecnificado reportó un VAN de S/. 26,513.10 soles, superando ocho veces al VAN reportado con sistema intermedio. Por su parte, el sistema convencional (sin proyecto), alcanzó un VAN de S/.9,790.00 soles, siendo muy bajo en comparación a los anteriores sistemas.

Dentro del análisis financiero para el periodo de recuperación de la inversión con los sistemas de producción de quina, se encontró que, con el sistema tecnificado la inversión se recuperará en el primer año. Mientras que, con el sistema intermedio, la inversión se recuperará en 2,3 años. Por su parte, con el sistema convencional, el tiempo de recuperación, asciende a los 4,8 años, lo que sugiere postergar el proyecto.

Tabla 14.

Análisis de la factibilidad económica (rentabilidad económica) para la producción quina diferentes sistemas

Análisis de rentabilidad	SPT tecnificado (invernadero)	SPI (vivero)	SPC (sin proyecto)
Inversión inicial	S/. 9,116.50	S/. 3,347.00	S/. 2,476.00
Costos fijos	S/. 54,270.00	S/. 54,270.00	S/. 51,270.00
Costos variables	S/. 23,735.00	S/. 23,735.00	S/. 12,835.00
Costo de producción total (5 años)	S/. 78,005.00	S/. 78,005.00	S/. 64,105.00
Ingreso total (5 años)	S/. 125,000.00	S/. 867,672.50	S/. 67,500.00
TD	10%	10%	10%
Tasa Interna de Retorno (TIR)	99,9%	43,2%	11,5%
Valor Actual Neto (VAN)	S/. 26,513.10	S/. 3,224.33	S/. 97,94
Periodo de recuperación (PR)	1,1	2,3	4,8
Relación Beneficio/ costo (B/C)	S/. 1,39	S/. 1,05	S/. 1,00

Nota. El cuadro muestra el análisis de factibilidad económica de los diferentes sistemas de producción de quina, mediante la inoculación con HMA y abonos orgánicos en ambientes diferentes. SPT: sistema de producción tecnificado; SPI: sistema de producción intermedio; SPC: sistema de producción convencional; TD: tasa de descuento; TIR: Tasa Interna de Retorno; VAN: Valor Actual Neto; PR: Periodo de recuperación; B/C: Beneficio/costo.

Objetivo específico 4: Evaluación de la Sostenibilidad de Producción de Quina bajo Diferentes Sistemas

Sostenibilidad

Análisis de Indicadores de Sostenibilidad Económica (IK). En la Tabla 15 se presenta el índice de sostenibilidad económico alcanzado, en función a subindicadores de rentabilidad de producción de quina y generación del riesgo económico, con el sistema tecnificado-invernadero. La interacción de ambos criterios, arrojó un índice de 3,29 superando el valor umbral (2,0). Por consiguiente, la decisión tomada fue que el sistema de producción de quina con hongos micorrízicos autóctonos, abonos a nivel de invernadero, es económicamente sostenible. Por lo que, esto permite minimizar la dependencia de insumos externos y reducción de los costos de producción de quina.

Tabla 15.

Análisis de sostenibilidad económica para la producción de quina con el sistema tecnificado

<i>Indicador económico (IK)</i>					
Subindicador	Descripción	<i>IK sub calculado</i>	<i>IK calculado</i>	Valor umbral (VU)	Decisión
A1.	Rentabilidad de producción (utilidad)	3,67			
			3,29	2,00	Sostenible**
A2.	Riesgo económico (dependencia de insumos externos)	2,90			

Nota. ** Sí, IS económico calculado es > 2 = es sostenible; sí IS económico calculado es < 2 = no es sostenible

Análisis de Indicador de Sostenibilidad Ambiental (IA). En la Tabla 16 se presenta el análisis de sostenibilidad ambiental, indicando dos subindicadores ambientales (pérdida de cobertura de suelo y deterioro de ecosistemas). La interacción de éstos, reportaron un índice de 3,04, superando el valor umbral estipulado (2,0). Evidentemente, el sistema de producción tonificado muestra una sostenibilidad ambiental. Adicionalmente, según la valoración realizada mediante observación directa para una unidad de superficie de cobertura de suelo (1m²). El nivel de impacto generado con el sistema tecnificado representa el 12% a comparación del sistema convencional que pueden generar una pérdida del 100%. No cabe duda, que la propuesta para implementar el sistema con mayor factibilidad, puede prevenir considerablemente el deterioro de ecosistemas, especialmente de poblaciones naturales de quina.

Tabla 16.

Análisis de sostenibilidad ambiental con producción de quina bajo el sistema tecnificado

<i>Indicador Ambiental (IA)</i>					
Subindicador	Descripción	<i>IA sub calculado</i>	<i>IA calculado</i>	Valor umbral (VU)	Decisión
A1.	Pérdida de cobertura del suelo	3,30			
			3,04	2,00	Sostenible**
A2.	Deterioro de ecosistemas	2,77			

Nota. ** Sí, IS ambiental calculado es > 2 = es sostenible; sí IS ambiental calculado es < 2 = no es sostenible

Análisis de Indicador de Sostenibilidad Social (IS). Para la medición de este indicador se consideró el subindicador de aceptabilidad del sistema de producción tecnificado por parte de personas que desarrollan la actividad. Se estimó un índice de 3,27 el cual logra superar el valor umbral estipulado (2,0) (Tabla 17). Por consiguiente, se muestra que el sistema en general muestra una sostenibilidad social. Resulta pertinente mencionar, que la decisión para la adopción del sistema, estuvo fuertemente relacionado a la factibilidad económica (rentabilidad), sostenibilidad económica y ambiental encontrado.

Tabla 17.

Indicador social relacionado a la producción de quina y adaptación del sistema

		<i>Indicador Social (S)</i>			
Subindicador	Descripción	IS sub calculado	IS calculado	Valor umbral (VU)	Decisión
A1.	Aceptabilidad del sistema de producción	3,27	3,27	2,00	Sostenible**

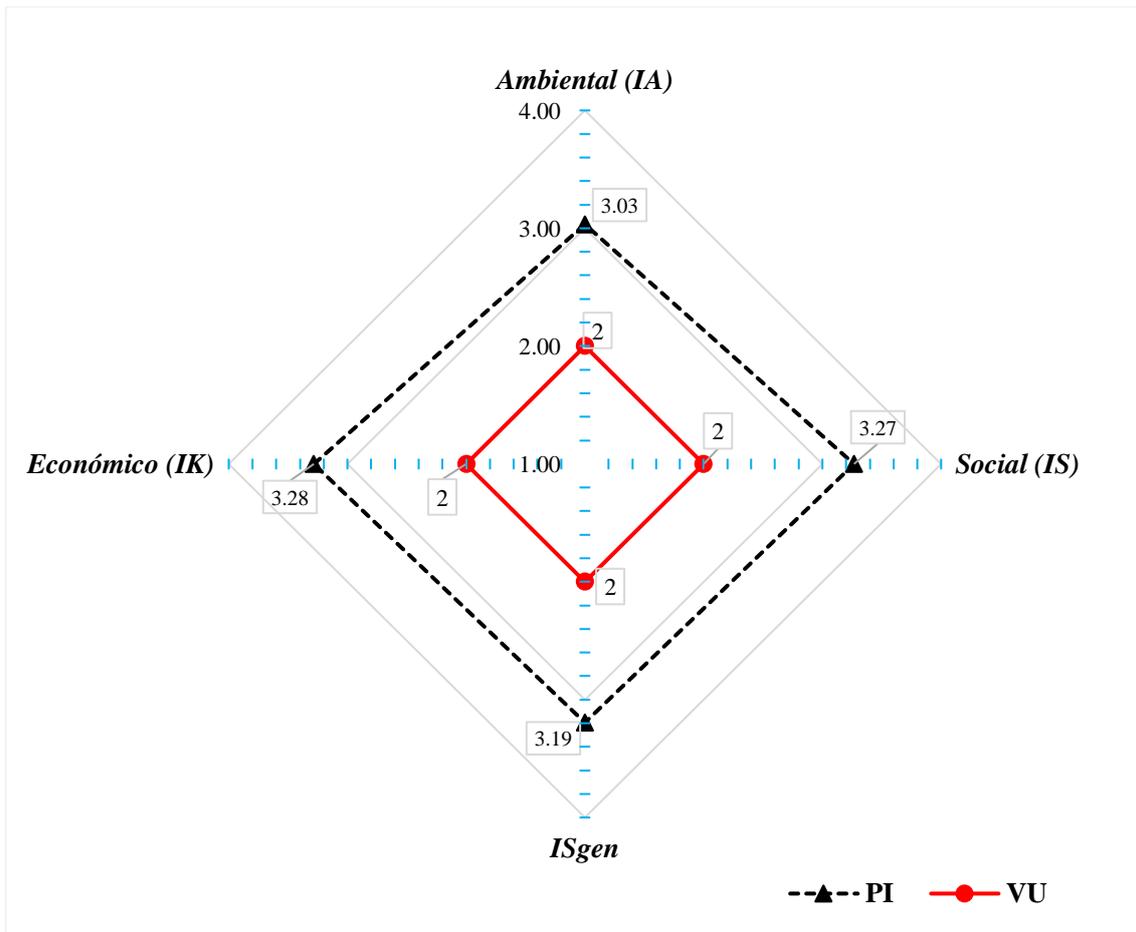
Nota. ** Sí, IS social calculado es > 2 = es sostenible; sí IS social calculado es < 2 = no es sostenible

Análisis de Índice de Sostenibilidad General (ISgen). La Figura 10 representa el resumen de los indicadores de sostenibilidad de producción de quina con el sistema tecnificado, enmarcado en sus pilares fundamentales, económico (3,28), ambiental (3,03) y social (3,27). En consecuencia, de la interacción de estas tres dimensiones, se estimó un índice de sostenibilidad general de (3,19 $>$ VU= 2), manifestando que el sistema es sostenible y está alineada a los principios básicos de una agricultura sostenible (económicamente viable, ambientalmente adecuado y socialmente aceptable).

Por otro lado, resulta importante analizar el contexto, referente a la adopción del sistema de producción tecnificado, al corto, mediano y largo plazo. En cuanto a los encuestados de las organizaciones sin fines de lucro, manifiestan que una adopción a corto plazo no sería viable, puesto que sus recursos son limitados. En consecuencia, refieren que mediante alianzas estratégicas con Organizaciones no Gubernamentales (ONGs) y la captación de fondos financieros, lanzados por el estado podrían adoptar en un mediano y largo plazo. Por otra parte, los encuestados de instituciones públicas y privadas, manifestaron una prefactibilidad para la adopción del sistema de producción en un corto y mediano plazo.

Figura 10.

Representación gráfica con diseño tela de araña, de los indicadores de sustentabilidad



Nota. PI: promedio de indicador calculado; VU: valor umbral para decisión = 2. ISgen.: indicador de sustentabilidad $(IK + IA + IS)/3$.

IV. DISCUSIÓN

Biometría de Quina con diferentes Hongos Micorrízicos Arbusculares, Abonos orgánicos y Ambientes

En la investigación se observó un aporte sustancial de los hongos micorrízicos en el crecimiento y desarrollo de quina; favoreciendo una ganancia potencial en cuanto a la biometría radicular y foliar. El inóculo LEY presentó mayor efectividad, seguido de SJ, por su parte el inóculo CON, no favoreció el crecimiento de quina. En una comparación agrupada, todos los inóculos manifestaron algún efecto positivo en las plantas de quina, superando hasta en 1,27 veces al testigo.

El efecto diferenciado de los tres inóculos micorrízicos, pudo estar dado por la procedencia de los HMA. En estudios similares Fernández-Zárate et al. (2022), investigaron el efecto de *Glomus* sp. exóticos en el crecimiento inicial de *C. officinalis*, reportando efectos favorables, con incrementos significativos en las variables de crecimiento, pero que sugiere un estudio sobre la inoculación con especies autóctonas, debido a la especificidad. En el estudio se trabajó con diferentes inóculos procedentes de altitudes promedios de 2600 m.s.n.m. (LEY y SJ) y CON procedente de 3050 m.s.n.m., con variabilidad de pH por cada zona, pero este último con mayor acidez. Otro factor determinante puede ser diversidad de especies reportadas por cada fuente de inóculo, liderado por el inóculo LEY con géneros sobresalientes de *Glomus* y *Acaulospora* y en menor proporción *Claroideoglomus* y *Funneliformis*. Por su parte, SJ reportó menor cantidad de géneros, dentro de ellos sobresalieron *Acaulospora* y en menor cantidad *Glomus*, en contraste con el inóculo CON, éste reportó el más bajo número de géneros de HMA.

Los efectos variados, sugieren contrastar con otras investigaciones, donde refieren que, los HMA son funcionalmente diversos (Van der Heijden y Scheublin, 2007), con patrones de asociatividad entre la planta y el hongo de acuerdo a la selectividad de cada uno, con probabilidad de variación de la capacidad micorrízica en diferentes ambientes (Helgason et al., 2002; Furrázola et al., 2017). Aparte, Córdoba et al. (2001), mencionan que los géneros más abundantes de HMA en diversos estudios son *Glomus* y *Acaulospora*. Por lo que valoran, que estos géneros tienen múltiples propágulos (esporas, fragmentos de hifas en el suelo y micelio dentro de las raíces), que lo hacen más agresivos en la iniciación y colonización de las raíces, en comparación a los gigasporoides. En efecto, en

el estudio, la mayor composición de estas especies pudo tener efectos significativos en la quina, puesto que se encontraron en mayor cantidad en todos los inóculos estudiados.

En otros estudios con especies de la familia Rubiaceae, indican que la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares autóctonos, favorecen significativamente en el crecimiento foliar e incremento de la biomasa radicular, con posibles variaciones de su efectividad en función a las condiciones ambientales estudiadas (invernadero y campo), donde el género *Glomus* siempre ha mostrado mayor representatividad (Del Águila et al., 2018; Vallejos et al., 2019). Mientras para Ruiz et al. (2011), la composición de HMA y su efectividad, pueden variar según factores edafoclimáticos y especies de plantas, ya que los HMA muestran mejor simbiosis en suelos con pH ácido y ambientes naturales. Dicha afirmación, permite analizar lo observado en el estudio, donde la adición de humus y gallinaza, ambos con un pH alcalino, pudieron cambiar las condiciones del sustrato y posiblemente la capacidad colonizadora tanto radicular y extraradicular de los inóculos estudiados, contrastados con los reportados por Vallejos et al. (2019). En la misma línea, los mismos autores, refieren que, existen pocos estudios sobre la interacción HMA y especies forestales nativas en la Amazonía, por lo que genera una expectativa interesante para estudiar la relación simbiótica de los HMA en condiciones naturales y externas, complementando la relación que pudieran tener con la presencia de fósforo en el suelo.

En cuanto a los abonos orgánicos, el humus de lombriz fue el más sobresaliente, respecto a gallinaza y al testigo. Colonese et al. (2017) refieren que este abono presenta microorganismos benéficos, ácidos húmicos y nutrientes esenciales para las plantas. Un nutriente importante y abundante en los abonos orgánicos es el nitrógeno, quien es el responsable de la ganancia de materia seca y crecimiento de todas las plantas (Canseco et al., 2020). No obstante, no es el único nutriente presente, también se destaca la presencia de potasio, calcio y magnesio (Miyasaka et al., 2001). Otro beneficio que puso generar es en la de las propiedades físicas del sustrato, ya que éstos aumentan la capacidad de retención de humedad, mejoran el pH y disminuye la tasa de evaporación (Courtney et al., 2008). No cabe duda que, el uso de abonos orgánicos en plantas forestales nativas, es muy importante y ecológico, sugiriendo emplear el humus de lombriz como un nutriente más eficaz y alternativo (Quevedo, 1993).

Los ambientes estudiados, favorecen considerablemente en el crecimiento de las plantas de quina. En el estudio de ha logrado un buen crecimiento y desarrollo de la quina en a nivel de invernadero, donde la temperatura (22 °C) y humedad relativa (> 80%) fueron

constantes, siendo muy diferenciados con las condiciones observadas en vivero. En el estudio, la estabilidad de las condiciones pudo favorecer en las actividades enzimáticas y metabólicas de las plantas (Parra et al., 2017), logrando un mayor crecimiento en invernadero de *C. officinalis*. No obstante, estos hallazgos, muestran incongruencia con las afirmaciones de Gómez et al. (2016), quienes destacan que la quina, manifiesta un mejor crecimiento y desarrollo en sus ecosistemas naturales.

Comportamiento Vegetativo de Quina con diferentes Hongos Micorrízicos Arbusculares, Abonos orgánicos y Ambientes

Las plantas de quina alcanzaron una sobrevivencia de 100% a nivel de invernadero, mientras que, a nivel de vivero se reportó una sobrevivencia de 93,7%. En cuanto a la velocidad de crecimiento, los hongos micorrízicos arbusculares autóctonos y abonos orgánicos favorecieron significativamente la velocidad de crecimiento de *C. officinalis*, en una proporción de 0,11 cm/día a 0,18 cm/día, desde los 90 días hasta los 120 días. En la misma línea, las velocidades de crecimiento manifestadas en invernadero, fueron mayores a los reportados en vivero. Los inóculos con mayor efectividad fueron LEY y SJ, ambos interaccionado con los abonos potenciaron el crecimiento de las plantas de quina.

Los hallazgos, nos permite repensar sobre la importancia que poseen los HMA autóctonos en la propagación de quina. Una función sobresaliente es la fijación de fósforo del suelo y suministro a las plantas. Este elemento es indispensable en la formación del adenosín trifosfato-ATP (energía para captar otros nutrientes), formación de bio-membranas que ayudan en la protección de las plantas contra agentes patógenos y ayudan en la elongación de tejidos de las plantas y expansión radicular (Lira, 2019), sin importar las condiciones edafoclimáticas (estrés hídrico, pH ácido) (Huang et al., 2018; Pankaj et al., 2021). Así mismo, los HMA, protegen las raíces frente al ataque de patógenos, mediante la formación de abundante red de micelios cercanas al sistema radicular (Chialva et al., 2019).

Complementariamente, la mortalidad reportada en vivero, probablemente pudo ser influenciada por otros factores, como el precario manejo de riego y poco control a precipitaciones, generando encharcamientos. En el acumulado, esto pudo complementarse como el abono aplicado (gallinaza), quienes poseen alta cantidad de

amonio, con efectos ditrimenciales en plantas de quina, fundamentalmente durante la etapa inicial. Por su parte, el humus de lombriz favoreció el crecimiento de las plantas de quina, gracias a su riqueza en nutrientes y capacidad para incrementar la actividad microbiana en el suelo (Ricardéz et al., 2020).

Factibilidad Económica de la Producción de Quina

Rentabilidad

La propagación de *C. officinalis*, bajo el sistema tecnificado mostró buena factibilidad económica, logrando una relación beneficio-costos de 1,4 soles, valorándolo como rentable. Así mismo, se reportó que el periodo de recuperación de la inversión puede ser en el primer año. Mientras tanto, con el sistema intermedio (vivero), en paralelo con el sistema sin proyecto, el análisis reportó una baja relación beneficio/costo-B/C (1,1 y 1,0). En consecuencia, el periodo de recuperación fue más prolongado (2,3 y 4,8 respectivamente). Ambos mostraron riesgos para pensar invertir en el proyecto, ya que al trabajar con organismos vivos (plantas), el riesgo es fuerte, con probabilidades de pérdidas proyectadas muy altas.

Sostenibilidad de Producción de Quina

En cuanto a la sostenibilidad económica, se obtuvo un índice de 3,28 superior al $VU=2$, lo cual indica que la producción de quina con el sistema tecnificado (hongo micorrízico*abonos*invernadero) es sostenible. El análisis de este indicador, permite valorar que la producción de quina, no genera riesgos económicos, presentado baja dependencia de insumos externos. En contraste con el sistema de producción convencional, este presenta alta dependencia de insumos externos, especialmente de turba y algunos fertilizantes sintéticos. La sostenibilidad alcanzada, también fue influenciada por los costos de los abonos orgánicos, presentado costos bajos y con facilidad de elaborarse artesanalmente por los mismos productores. Por su parte, el uso de HMA permiten aprovechar el fósforo del suelo, aunque estén en mínimas cantidades, gracias a la alta capacidad infectiva y efectiva que poseen (Guerrero et al., 1995; Bolívar et al., 2009).

Dentro de la sostenibilidad ambiental para el sistema de producción tecnificado de quina, se estimó un índice de sostenibilidad de 3,03, superando al valor umbral establecido (2,0). El sistema tecnificado analizado en los subindicadores como la pérdida de cobertura de suelo y deterioro de ecosistemas, reportó un resultado bajo, logrando una sostenibilidad ambiental. Complementariamente, mediante la observación directa se valoró el impacto que puede generar la extracción de suelo micorrízico y extracción de turba. El primero representa un 12% de afectación en la extracción de la superficie de suelo, mientras que, la extracción convencional representa el 100%. En consecuencia, resulta importante usar hongos micorrízicos arbusculares en plantas de quina, complementándolos con otras fuentes nutricionales como los abonos orgánicos. No cabe duda, que estos agentes orgánicos, pueden contribuir en la mitigación del uso desmesurado de fertilizantes sintéticos (Díaz-Franco et al., 2017). Así como en la sustitución al uso de turba de bosque, que actualmente es considerado un sustrato único y efectivo para propagar la quina (Castañeda et al., 2019; Zarate et al., 2022).

Dentro de la sostenibilidad social del sistema de producción tecnificado de quina, se obtuvo un índice de 3,27 siendo superior al valor umbral (2,0). En efecto, basado en la regla de decisión, el proyecto mostró una sostenibilidad social, ya que presentó una aceptación positiva por parte de los productores, profesionales y personas vinculadas a la actividad. Para la medición de este indicador, fue importante la valoración de los otros indicadores (económico y ambiental), lo que ha generado grandes expectativas, para unir esfuerzos en la propagación masiva de la quina con fines de repoblamiento.

En la sostenibilidad general, la extrapolación de los tres indicadores (económico, ambiental y social) para el sistema de producción tecnificado, reportó un índice de 3,19 siendo superior al valor umbral (2,0). En consecuencia, desarrollar un proyecto de esta naturaleza alcanza la sostenibilidad, alineándose a los tres principios básicos como la viabilidad económica, bajo impacto ambiental generado y buena factibilidad técnica para la transferencia a los diferentes actores de las instituciones públicas y empresas privadas.

V. CONCLUSIONES

Para el **objetivo específico 1**, se concluye que los hongos micorrízicos arbusculares, juntamente con los abonos orgánicos, generan impactos positivos en el crecimiento y desarrollo de las plantas de quina. El inóculo de HMA Leymebamba, con humus de lombriz a nivel de invernadero tuvieron mayor influencia, logrando plantas óptimas y vigorosas en 120 días. El beneficio generado, tuvo una reducción de hasta el 50% del tiempo de crecimiento en relación a la producción de plantas de quina en vivero y sin tecnificación.

Para el **objetivo específico 2** se concluye que, las plantas de quina presentan una alta sobrevivencia con el sistema tecnificado (HMA, abonos orgánicos e invernadero). Así mismo, la velocidad de crecimiento bajo este sistema fue superlativo en relación al sistema tradicional. Esto sugiere pensar que, la quina posee comportamientos peculiares, pudiendo variar según las condiciones ambientales manejadas durante la fase de propagación.

Para el **objetivo específico 3**, se concluye que la producción de plantones de quina con el sistema tecnificado (invernadero), alcanza una buena relación costo/beneficio, lo que sugiere su adopción e inversión. Por su parte, la producción de quina en los sistemas intermedio y convencional, no alcanzó una buena relación B/C, sugiriendo postergar la implementación e inversión del proyecto.

Para el **objetivo específico 4**, este estudio muestra un avance significativo, donde ha permitido desarrollar metodologías eficientes para la producción de plantones de quina inoculados con HMA autóctonos y abonos orgánicos. Este estudio se valora como un trabajo científico promisorio, con énfasis para la conservación de la biodiversidad nativa en el Perú, bajo los criterios de sostenibilidad (económico, ambiental y social).

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda usar hongos micorrízicos arbusculares autóctonos, para lograr una propagación masiva de quina a nivel de invernadero

Se recomienda emplear humus de lombriz como nutriente alternativo a turba de bosque, a fin de mitigar el impacto ambiental en los bosques naturales.

Para la propagación masiva de quina, se recomienda implementar el sistema de producción tecnificado, ya que genera buenas ganancias y muestra una sostenibilidad.

Validar la investigación con el sistema tecnificado, empleando otras especies de quina y HMA en diferentes pisos altitudinales.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albán, J., Chilquillo, E., Melchor, B., Arakaki, M., León, B., & Suni, M. (2020). *Cinchona L.* "Árbol de la Quina": Repoblamiento y reforestación en el Perú. *Revista Peruana de Biología*, 27(3), 423-426. <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v27i3.18697>
- Astier, M., López, S., Pérez, E., & Maser, O. (2002). El marco de evaluación de Sistemas de manejo incorporando indicadores de sustentabilidad (MESMIS) y su aplicación en un sistema agrícola campesino en la región Purhepecha, México. *Agroecología: el camino hacia una agricultura sustentable (Sarandón SJ, ed.)*. Ediciones Científicas Americanas, 21, 415-430.
- Balzarini, M., Di Rienzo, J., Tablada, M., Gonzalez, L., Bruno, C., Córdoba, M., Robledo, W., & Casanoves, F. (2012). Estadística y Biometría. *Ilustraciones del uso de Infostat en problemas de agronomía*. Universidad Nacional de Córdoba.
- Barrutia, R., Barrutia, I., & Marín, T. (2020). Germinación de semillas de *Cinchona officinalis* L. en tres tipos de suelos de Cajamarca, Perú. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 8(1), 75-87. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2310-34692020000100075&script=sci_abstract&tlng=pt
- Berruti, A., Lumini, E., Balestrini, R., & Bianciotto, V. (2016). Arbuscular mycorrhizal fungi as natural biofertilizers: Let's benefit from past successes. *Frontiers in Microbiology*, 6, 1559. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01559>
- Carballar, S. (2009). *Variación temporal de la diversidad de hongos de micorriza arbuscular y el potencial micorrízico en especies silvestres de Agave en Oaxaca*. http://literatura.ciidiroaxaca.ipn.mx:8080/xmlui/handle/LITER_CIIDIROAX/79
- Catovsky, S., Bradford, M., & Hector, A. (2002). Biodiversity and ecosystem productivity: Implications for carbon storage. *Oikos*, 97(3), 443-448. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2002.970315.x>
- Chialva, M., Fangel, J., Novero, M., Zouari, I., Salvioli, A., Willats, W., ... & Balestrini, R. (2019). Understanding changes in tomato cell walls in roots and fruits: The contribution of arbuscular mycorrhizal colonization. *International journal of molecular sciences*, 20(2), 415. <https://doi.org/10.3390/ijms20020415>
- Córdoba, A., de Mendonça, M., Stürmer, S., & Rygiel, P. (2001). Diversidad de hongos micorrízicos arbusculares a lo largo de un gradiente de estabilización de

- dunas de arena: un estudio de caso en Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, sur de Brasil. *Mycoscience*, 42 (4), 379-387. <https://doi.org/10.1007/BF02461221>
- Courtney, R. G. y Mullen, G. J. Soil quality and barley growth as influenced by the land application of two compost types. *Bioresour. Technol.*, 2008, vol. 99, pp. 2913-2918. ISSN 1873-2976.
- Del Aguila, K., Vallejos, G., Arévalo, L., & Becerra, A. (2018). Inoculación de consorcios micorrícicos arbusculares en *Coffea arabica*, variedad caturra en la Región San Martín. *Información Tecnológica*, 29(1), 137-146. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000100137>
- Dey, D., Spetich, M., Weigel, D., Johnson, P., Graney, D., & Kabrick, J. (2009). A suggested approach for design of oak (*Quercus* L.) regeneration research considering regional differences. *New Forests*, 37(2), 123-135. <https://doi.org/10.1007/s11056-008-9113-8>
- Fernández-Zárate, F. H., Huaccha-Castillo, A. E., Quiñones-Huatangari, L., Vaca-Marquina, S. P., Sanchez-Santillan, T., Morales-Rojas, E., Seminario-Cunya, A., Guelac-Santillan, M., Barturén-Vega, L. M., & Coronel-Bustamante, D. (2022). Effect of arbuscular mycorrhiza on germination and initial growth of *Cinchona officinalis* L. (Rubiaceae). *Forest Science and Technology*, 18(4), 182-189. <https://doi.org/10.1080/21580103.2022.2124318>
- Furrazola, E., Heredia, G., Olvera, G., & Sosa, V. (2017). Efecto de comunidades nativas de hongos micorrizógenos arbusculares sobre el crecimiento de plántulas de maíz y sorgo. *Acta Botánica Cubana*, 216(3), 127-136. <http://www.revistasgeotech.com/index.php/abc/article/view/195>
- Gerdemann, J., & Nicolson, T. (1963). Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society*, 46(2), 235-244. [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(63\)80079-0](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(63)80079-0)
- Gómez, M., Rolon, A., Moncada, U., & Serralde, D. (2018). Biofertilización con hongos formadores de micorrizas arbusculares (hfma) en especies forestales en vivero. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 16(2), 15-25.
- Guevara, S., Laborde, J., & Sánchez, G. (2004). Rain forest regeneration beneath the canopy of fig trees isolated in pastures of Los Tuxtlas, Mexico. *Biotropica*, 36(1), 99-108. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2004.tb00300.x>

- Helgason, T., Merryweather, J., Denison, J., Wilson, P., Young, J. y Fitter, A. (2002). Selectividad y diversidad funcional en micorrizas arbusculares de hongos y plantas concurrentes de un bosque caducifolio templado. *Diario de Ecología*, 90 (2), 371-384. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.2001.00674.x>
- Hernández, E., Trejo, D., Rivera, A., & Ferrera, R. (2020). La micorriza arbuscular como biofertilizante en cultivo de café. *Terra Latinoamericana*, 38(3), 613-628. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i3.659>
- Holl, K. (1999). Factors limiting tropical rain forest regeneration in abandoned pasture: Seed rain, seed germination, microclimate, and soil 1. *Biotropica*, 31(2), 229-242. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.1999.tb00135.x>
- Jakobsen, I., & Hammer, E. (2015). Nutrient dynamics in arbuscular mycorrhizal networks. En *Mycorrhizal Networks* (Horton T. (eds) Mycorrhizal Networks, Vol. 224, pp. 91-131). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-017-7395-9_4
- Jianbing, Z., Changming, L., & Hongxing, Z. (2010). Cost-benefit analysis for urban rainwater harvesting in Beijing. *Water International*, 35(2), 195–209. <https://doi.org/10.1080/02508061003667271>
- Jiménez, M., Gómez, R., Oliva, J., Granados, L., Pat, J., & Aranda, E. (2019). Influencia del estiércol composteado y micorriza arbuscular sobre la composición química del suelo y el rendimiento productivo de maíz forrajero (*Zea mays* L.). *Nova Scientia*, 11(23). <https://doi.org/10.21640/ns.v11i23.1957>
- Lima, N., Moreno, J., Eras, V., Minchala, J., González, D., Yaguana, M., & Valarezo, C. (2018). Propagación in vitro de *Cinchona officinalis* L a partir de semillas. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 20(2), 169-178. <https://doi.org/10.18271/ria.2018.361>.
- Lira, J., Valenzuela, M., Islas, M., Osuna, T., López, J., & Sañudo, J. (2019). Proteínas transportadoras de fósforo de la familia PHT1 y su uso potencial en la agricultura moderna. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(5), 1111-1123. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i5.1303>
- Medina, L. A., Monsalve, Ó. I., & Forero, A. F. (2010). Aspectos prácticos para utilizar materia orgánica en cultivos hortícolas. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 4(1), 109-125. <https://doi.org/10.17584/rcch.2010v4i1.1230>

- Miyasaka, S. C., Hollyer, J. R., & Kodani, L. S. (2001). Mulch and compost effects on yield and corm rots of taro. *Field Crops Research*, 71(2), 101-112. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(01\)00154-X](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(01)00154-X)
- Morales, (2021). *Validación técnica y económica de un sistema de captación y tratamiento de agua de lluvia diseñado para su uso masificado en comunidades nativas distrito Nieva, provincia Condorcanqui, Amazonas*. [Tesis de Máster, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. <https://hdl.handle.net/20.500.14077/2460>
- Newman, E. (1966). A method of estimating the total length of root in a sample. *Journal of Applied Ecology*, 139-145. <https://doi.org/10.2307/2401670>
- Ojeda, L., Arteaga, O., Escobar, L., & López, A. (2020). Efecto de la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y humus de lombriz en el establecimiento de *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone cv. Cuba CT-115. *Idesia (Arica)*, 38(2), 5-11. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292020000200005>
- Parra, M., Molano, J., Ortíz, D., & Oyola, Y. (2017). Respuesta agronómica de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) variedad dulce de Soracá a la fertilización en Ventaquemada-Boyacá. *Cultura Científica*, (15), 66-77. <https://www.jdc.edu.co/.../28>
- Peña, E., Carrión, M., Martínez, F., Rodríguez, A., & Companioni, N. (2002). Manual para la producción de abonos orgánicos en la agricultura urbana. *La Habana, Cuba. INIFAT*.
- Perea, Y., Arias, R., Medel, R., Trejo, D., Heredia, G., & Rodríguez Y. (2019). Efectos de micorrizas arbusculares nativas y hongos solubilizadores de fosfato en plantas de café. *Sistemas Agroforestales*, 93 (3), 961-972. <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0190-1>
- Phillips, J., & Hayman, D. (1970). Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*, 55(1), 158-161. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19711101080>
- Quevedo-Guevara, A. (1993). Influencia del humus de lombricultura en el crecimiento inicial de cedro colorado en plantación a campo abierto y comportamiento al

- ataque de *Hypshiphylla* sp. *Folia Amazónica*, 5(1-2), 49-57.
<https://doi.org/10.24841/fa.v5i1-2.220>
- Raheem, I., Goodman, S., & Jacobsen, E. (2004). Catalytic asymmetric total syntheses of quinine and quinidine. *Journal of the American Chemical Society*, 126(3), 706-707. <https://doi.org/10.1021/ja039550y>.
- Ricárdez, J., Gómez, R., Álvarez, J., Pat, J., Jarquín, A., & Ramos, R. (2020). Vermicomposta y micorriza arbuscular, su efecto en la nutrición del cacao en fase de invernadero. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 7(3). <https://doi.org/10.19136/era.a7n3.2282>
- Rojas, Y. Del C., Arias, R., Ortiz, R., Aguilar, D., Heredia, G., & Yon, Y. (2019). Effects of native arbuscular mycorrhizal and phosphate-solubilizing fungi on coffee plants. *Agroforestry Systems*, 93(3), 961-972.
- Romero, O., Damián, M., Hernández, I., Parraguirre, C., Márquez, M., & Huerta, M. (2013). Evaluación económica de cáscara de nuez como sustrato para producción de plántulas de *Pinus patula* Schl. et Cham. en vivero. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 17(2), 23-40. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83726339001>
- Ruiz, P., Rojas, K., & Sieverding, E. (2011). La distribución geográfica de los hongos de micorriza arbuscular: una prioridad de investigación en la Amazonía peruana. *Espacio y Desarrollo*, (23), 47-63. <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/espacioydesarrollo/article/view/3479>
- Sarandón, S., Zuluaga, M., Cieza, R., Janjetic, L., & Negrete, E. (2006). Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Agroecología*, 1, 19-28. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/14>
- Sierra, D., & Botía, F. (2018). Presencia de esporas de hongos micorrízico arbusculares en cinco estados sucesionales de bosque altoandino colombiano. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(2), 135-148. <https://doi.org/10.22490/21456453.2194>
- Sieverding, E., Friedrichsen, J., & Suden, W. (1991). Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. *Sonderpublikation der GTZ (Germany)*. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=DE94T2065>

- Smith, S., & Read, D. (2008). Mycorrhizal Symbiosis Third Edition Introduction. *Mycorrhizal Symbiosis*, 1-9.
- Smyth, A. J., & Dumanski, J. (1995). A framework for evaluating sustainable land management. *Canadian Journal of Soil Science*, 75(4), 401-406. <https://doi.org/10.4141/cjss95-059>
- Trejo, D., Ferrera, R., García, R., Varela, L., Lara, L., & Alarcón, A. (2011). Efectividad de siete consorcios nativos de hongos micorrízicos arbusculares en plantas de café en condiciones de invernadero y campo. *Revista Chilena de Historia Natural*, 84(1), 23-31. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2011000100002>
- Tristão, F., Andrade, S. & Silveira, A. (2006). Hongos micorrízicos arbusculares en la formación de plántulas de café en sustratos orgánicos comerciales. *Bragantia*, 65, 649-658. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052006000400016>
- Trouvelot, A., Kough, J., & Gianinazzi, V. (1986). Mesure du taux de mycorhization VA d'un système racinaire. Recherche de méthode d'estimation ayant une signification fonctionnelle. In *Physiological and genetical aspects of mycorrhizae: proceedings of the 1st european symposium on mycorrhizae, Dijon, 1-5 July 1985* (pp. 217-221). <http://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=8758731>
- Valdiviezo, K., Guamán, V., Serrano, J., Patiño, J., Arévalo, M., & Ortega, C. (2018). Procesos biotecnológicos para la inducción de callos a partir de vitroplantas de *Cinchona officinalis* L., a nivel de laboratorio en la provincia de Loja, Ecuador. *Tzhoecoen*, 10(2), 299-312. <https://doi.org/10.26495/rtzh1810.226115>
- Vallejos, G., Arévalo, L., Iliquin, I., & Solis, R. (2019). Respuesta en campo de clones de café a la inoculación con consorcios de hongos micorrízicos arbusculares en la región Amazonas, Perú. *Información Tecnológica*, 30 (6), 73-84. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000600073>
- Vallejos, G., Sánchez, T., García, M., Trigos, M., & Arévalo, L. (2019). Efecto de hongos formadores de micorrizas arbusculares en clones de café (*Coffea arabica*) variedad Caturra. *Acta Agronómica*, 68(4), 278-284. <https://doi.org/10.15446/acag.v68n4.72117>
- Van Der Heijden, M. & Scheublin, T. (2007). Rasgos funcionales en la ecología de las micorrizas: su uso para predecir el impacto de las comunidades de hongos

micorrízicos arbusculares en el crecimiento de las plantas y el funcionamiento del ecosistema. *The New Phytologist*, 174 (2), 244-250.
<https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/115466>

Villanueva, E., Alcántar, G., Sánchez, P., Soria, M., & Larque, A. (2009). Efecto del ácido salicílico y dimetilsulfóxido en la floración de [*Chrysanthemum morifolium* (Ramat) Kitamura] en Yucatán. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 15(SPE), 25-31. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2009000400005

Villar, M., Marcelo, F., & Baselly, J. (2018). Respuesta de los individuos de la *Cinchona officinalis* L. al método de propagación por brinzales provenientes de la Zona de Amortiguamiento del Bosque de Protección de Pagaibamba. *Repositorio del Instituto de Nacional de Innovación Agraria*.
<http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/914>

Yaguana, K., Guaman, V., Zaruma, D., Serrano, J., Patiño, J., Arevalo, M., & Ortega, C. (2016). Potencial reproductivo y análisis de calidad de semillas de *Cinchona officinalis* L., provenientes de relictos boscosos en la Provincia de Loja–Ecuador. *Revista Investigaciones Altoandinas*, 18(3), 271-280.
<http://dx.doi.org/10.18271/ria.2016.216>

ANEXOS

Anexo 1. Sección tablas

Tabla 18.

Georreferenciación de puntos de colecta de HMA autóctonos en la región Amazonas

Código de muestra	Planta	Sector	Distrito	Provincia	COORDENADAS		Zona UTM	altitud (m.s.n.m.)
					Este	Norte		
CM-SJ	1	San Jerónimo	San Jerónimo	Luya	829608	9335352	17	2592
CM-SJ	2				829597	9335303		2617
CM-SJ	3				829597	9335304		2617
CM-SJ	4				829603	9335305		2631
CM-SJ	5				829577	9335282		2620
CM-LEY	1	Leymebamba	Leymebamba	Chachapoyas	190030	9251856	18	2631
CM-LEY	2				190756	9253724		2547
CM-LEY	3				190032	9251859		2549
CM-LEY	4				190026	9251851		2543
CM-LEY	5				190074	9251916		2583
CM-CON	1	Conila	Conila	Luya	826032	9314125	17	3043
CM-CON	2				826040	9314110		3054
CM-CON	3				826046	9314106		3057
CM-CON	4				826043	9314123		3048
CM-CON	5				826046	9314469		3069

Tabla 19.

Análisis físico-químico de suelo micorrízico colectado de poblaciones naturales de quina

ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN																						
Solicitante : IAP_103_2021 FONDECYT																						
Departamento : AMAZONAS												Provincia :										
Distrito :												Predio :										
Referencia :												Fact.: Pendiente										
												Fecha : 03/05/22										
Lab	Número de Muestra	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	P ppm	K ppm	C %	M.O. %	N %	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases	
									Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺² meq/100g	Mg ⁺² meq/100g	K ⁺ meq/100g	Na ⁺ meq/100g	Al ⁺³ +H ⁺ meq/100g				
710	LEY	4.71	0.51	54.39	171.62	4.67	8.05	0.40	62	24	14	Fr.A.	11.20	5.45	0.43	0.28	0.49	1.00	7.65	6.65	59	
711	SJ	5.69	0.24	16.97	207.60	4.24	7.30	0.37	80	8	12	Fr.A.	12.00	6.88	1.52	0.35	0.65	0.00	9.40	9.40	78	
712	CON	4.12	0.15	87.77	162.39	4.24	7.30	0.37	80	10	10	A.Fr.	6.40	0.89	0.23	0.51	0.44	1.66	3.73	2.07	32	
722	LEY-AR-SS	5.37	0.01	4.9	40.33	1.41	2.43	0.12	44	18	38	Fr.Ar.	14.40	2.96	0.21	0.10	0.06	1.80	5.12	3.32	23	
723	SJ-AR-SS	5.40	0.01	3.9	42.14	1.41	2.43	0.12	44	16	40	Ar.	17.60	2.97	0.23	0.12	0.12	2.11	5.55	3.44	20	
724	CON-AR-SS	5.44	0.01	2.4	68.97	1.88	3.25	0.18	62	14	34	Fr.Ar.A.	13.60	2.85	0.21	0.15	0.31	1.96	5.48	3.52	26	

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Tabla 20.*Análisis físico-químico de abonos orgánicos*

ANÁLISIS DE ABONOS : CARACTERIZACIÓN							
Solicitante :							
Departamento : AMAZONAS				Provincia : LUYA			
Distrito : CONILA				Predio :			
Referencia :				Fecha :			
Número de Muestra		pH	C.E.	P	K	M.O.	N
Lab	Muestra	(1:1)	(1:1) dS/m	ppm	ppm	%	%
1018	HUMUS	8.41	16.73	160.58	25278.54	51.12	2.30
1019	GALLINAZA	8.46	8.56	151.45	9826.32	59.63	2.68
A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso							

Tabla 21.*Estimación del costo de producción de quina con proyecto y sin proyecto*

INVERNADERO (con proyecto)					
Ítem	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	CU (S/.)	Costo acumulado (S/.)
INVERSIÓN INICIAL					9116.50
Materiales, enseres y servicios para construcción e implementación					9116.50
1	Plástico agrofilm clase 8	m	16	70.00	1120.00
2	Madera habilitada	Unid.	12	40.00	480.00
3	Clavo de 3"	Kg	2	10.00	20.00
4	Alambre de amarre	kg	2	9.00	18.00
5	Chinche	caja	5	2.50	12.50
6	Malla raschel	m	7	8.00	56.00
7	Manguera de riego 16 mm	m	100	0.00	0.00
8	Microaspersores mondragón	Kit	6	15.00	90.00
9	Accesorios para riego	Kit	1	0.00	0.00
10	Balanza	unid	1	120.00	120.00
11	Lampa	Unid.	2	50.00	100.00
12	Pico	Unid.	2	50.00	100.00
13	Zaranda 3/8	Unid.	2	90.00	180.00
14	palana	Unid.	2	45.00	90.00
16	Carretilla	Unid.	1	450.00	450.00
17	Construcción de invernadero	Consultoría	1	1200.00	1200.00
18	Consultoría de instalación de riego a todo costo	Consultoría	1	5000.00	5000.00
COSTOS FIJOS					10854.00
20	Agua	mes	12	4.50	54.00
21	Cuidado de plantas	mes	12	900.00	10800.00

Ítem	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario (S/.)	Costo acumulado (S/.)
COSTOS VARIABLES					4747.00
Materiales e insumos					4255.00
22	Plántulas de quina	Unid.	5000	0.30	1500.00
23	Tierra agrícola	M3	5	80.00	400.00
24	Gallinaza	kg	200	0.40	80.00
25	Humus	kg	200	1.00	200.00
26	Inóculos de HMA	Kg	200	10.00	2000.00
27	Bolsa de polietileno 5x8x1	Millar	5	15.00	75.00
Mano de obra					492.00
28	Llenado de bolsas	Jornal	8.3	40.00	332.00
29	Siembra de plántulas	Jornal	4	40.00	160.00
Costo total					13863.50
VIVERO (Con proyecto)					
Ítem	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	CU (S/.)	Costo acumulado (S/.)
INVERSIÓN INICIAL					3347.00
Materiales, enseres de construcción e implementación					3347.00
1	Madera eucalipto	unid.	15	40.00	600.00
2	Clavo de 3"	Kg	1	10.00	10.00
3	Alambre galvanizado N° 14	kg	1	20.00	20.00
4	Plástico transparente	m	18	9.00	162.00
5	Malla raschel 65%	m	30	8.00	240.00
6	Regadera	unid.	2	65.00	130.00
7	Manguera	m	20	1.80	36.00
8	Balanza gramera	unid	1	120.00	120.00
9	Lampa	Unid.	2	50.00	100.00
10	Pico	Unid.	2	50.00	100.00
11	Zaranda 3/8	m	2	90.00	180.00
12	palana	Unid.	2	45.00	90.00
13	Útiles de escritorio	Global	1	145.00	145.00
14	Carretilla	Unid.	1	450.00	450.00
15	Nivelado de terreno	jornal	4	40.00	160.00
16	Construcción de vivero	Consultoría	1	800.00	800.00
COSTOS FIJOS					10854.00
17	Agua	mes	12	4.5	54.00
18	Profesional técnico	mes	12	900	10800.00
Ítem	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario (S/.)	Costo acumulado (S/.)
COSTOS VARIABLES					4747.00
Materiales e insumos					4255.00
19	Plántulas de quina	Unid.	5000	0.30	1500.00
20	Tierra agrícola	M3	5	80.00	400.00
21	Gallinaza	kg	200	0.40	80.00
22	Humus	kg	200	1.00	200.00
23	Inóculos HMA	Kg	200	10.00	2000.00
24	Bolsa de polietileno 5x8x1	Millar	5	15.00	75.00
Mano de obra					492.00
25	Llenado de bolsas	Jornal	8.3	40.00	332.00
26	Siembra de plántulas	Jornal	4	40.00	160.00
Costo total					8094.00
VIVERO (Sin proyecto)					
Ítem	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	CU (S/.)	Costo acumulado (S/.)
INVERSIÓN INICIAL					2476.00
Materiales, enseres de construcción e implementación					2476.00
1	Madera eucalipto	unid.	15	40.00	600.00
2	Clavo de 3"	Kg	1	10.00	10.00
3	Alambre galvanizado N° 14	kg	1	20.00	20.00
4	Malla raschel 65%	m	12	8.00	96.00
5	Regadera	unid.	2	65.00	130.00

6	Manguera	m	20	2.00	40.00
7	Lampa	Unid.	2	50.00	100.00
8	Pico	Unid.	2	50.00	100.00
9	Zaranda 3/8	m	2	90.00	180.00
10	palana	Unid.	2	45.00	90.00
11	Carretilla	Unid.	1	450.00	450.00
12	Nivelado de terreno	jornal	4	40.00	160.00
13	Construcción de vivero	Consultoría	1	500.00	500.00
COSTOS FIJOS					10254.00
14	Agua	mes	12	4.5	54.00
15	Cuidado de plantas	mes	12	850	10200.00
Ítem	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario (S/.)	Costo acumulado (S/.)
COSTOS VARIABLES					2567.00
Materiales e insumos					
16	Plántulas de quina	Unid.	5000	0.30	1500.00
17	Tierra agrícola	m3	2	80.00	160.00
18	Turba	m3	3.5	80.00	280.00
19	Arena	m3	1	60.00	60.00
20	Bolsa de polietileno 5x8x1	Millar	5	15.00	75.00
Mano de obra					492.00
21	Llenado de bolsas	Jornal	8.3	40.00	332.00
22	Siembra de plántulas	Jornal	4	40.00	160.00
Costo total					5043.00

Tabla 22.

Consolidado de datos para estimar los indicadores de sostenibilidad de producción de quina-encuestas

Cartilla					DATOS DEL ENCUESTADO				FACTOR ECONOMICO		FACTOR AMBIENTAL		FACTOR SOCIAL
Provincia	Distrito	Anexo	Institucion	Fecha	Nombres	Edad	Género	Nivel de estudio	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1
Chachapoyas	Leymebamba	Palmira	AFOTUR	5/10/2022	Napoleón Vega Escobedo	75	M	Superior	4	3	4	3	3
Chachapoyas	Leymebamba	Palmira	AFOTUR	5/10/2022	Rosa Liliانا Añazco Zabaleta	44	F	Técnico	4	3	4	3	3
Chachapoyas	Leymebamba	Palmira	AFOTUR	5/10/2022	Imelda Bazan Rabanal	54	F	Secundaria	4	3	4	3	4
Chachapoyas	Leymebamba	Palmira	AFOTUR	5/10/2022	Rita Vega de Vera	68	F	Secundaria	4	3	4	3	1
Chachapoyas	Leymebamba	Palmira	AFOTUR	5/10/2022	Mercedes Chota Llaja	59	F	Primaria	4	3	4	3	3
Chachapoyas	Leymebamba	Palmira	AFOTUR	5/10/2022	Dolores yanilae Rios Escobedo	60	F	Superior	4	3	4	3	3
Chachapoyas	Leymebamba	Palmira	AFOTUR	5/10/2022	Noemi Bardales Rojas	60	F	Secundaria	4	3	4	3	3
Chachapoyas	Leymebamba	Palmira	AFOTUR	5/10/2022	Hemerita Arebalo Bazan	66	F	Primaria	4	3	2	3	3
Chachapoyas	Leymebamba	Palmira	AFOTUR	5/10/2022	Rosadela Bazan Salazar	70	F	Primaria	4	3	2	3	3
Chachapoyas	Leymebamba	Palmira	AFOTUR	5/10/2022	Danitzta Consuelo Mori Arevalo	48	F	Secundaria	4	3	4	3	3
Chachapoyas	Leymebamba	Palmira	AFOTUR	5/10/2022	Olga Esperanza Trigoso	66	F	Primaria	4	3	4	3	3
Chachapoyas	Chachapoyas		UNTRM	10/10/2022	Sheyla Milagros Figueroa Cotrina	23	F	univercidad	4	3	3	3	3
Bongara	Valera	La coca	UNTRM	10/10/2022	Nirton Alberto Meza Villacorta	25	M	Superior	4	3	1	1	3
Luya	Tingo		UNTRM	10/10/2022	Jorge Fernando Chavez Rivera	22	M	Superior	4	3	4	3	3
Chachapoyas	Chachapoyas		UNTRM	10/10/2022	Corali Pinedo Canlla	23	F	Superior	4	3	4	3	4
Chachapoyas	Molinopampa	San Jose	UNTRM	10/10/2022	Anlly Santillan Huamán	22	F	Superior	2	2	2	2	3
Chota	Paccha	Paccha	UNTRM	10/10/2022	Dalton Rocha Cabrera	28	M	Superior	4	3	3	2	3
Lima	Huachochiri		UNTRM	10/10/2022	Katherine Alexandra Surco Velazco	22	F	Superior	4	2	4	2	3
Jaen	Jaen	Sector puebl	UNTRM	10/10/2022	Jaquelline Soto FLORES	23	F	Superior	2	3	4	2	3
Chachapoyas	Chachapoyas	Barrio Yance	UNTRM	10/10/2022	Jedmer Alvaro Mendoza ullilen	22	M	Superior	3	4	3	3	3
Chachapoyas	Olleros	San Miguel d	UNTRM	10/10/2022	Veronica Vilches Trauco	23	F	Superior	4	3	3	3	3
Rodriguez de	Oma	Libano	UNTRM	10/10/2022	Jorge Luis Inga Armijos	22	M	Superior	3	2	1	3	3
Utcubamba	Bagua Grande		UNTRM	10/10/2022	Cristian Werner Montalvo Melendez	22	M	Univercitario	3	2	1	2	4
Bongara	Shipasbamba		UNTRM	10/10/2022	Greissy Fiorella Obregon Perez	26	F	Superior	4	2	3	3	4
Chachapoyas	La jalca Grande		UNTRM	10/10/2022	Emilia Puerta Guiop	21	F	Superior	1	4	3	3	4
Luya	Conila	Tingo	JUCUSBAMBA	12/10/2022	Marly Guelac Santillan	24	F	Bachiller	4	3	4	3	4
Luya	Conila	Tingo	JUCUSBAMBA	12/10/2022	Maria Huamán Vela	23	F	Univercitaria	4	3	4	3	4
Luya	Conila	Tingo	JUCUSBAMBA	12/10/2022	Franklin Grandez Llanos	23	M	Secundaria	4	3	4	3	4
Luya	Conila	Tingo	JUCUSBAMBA	12/10/2022	Henry Chuquizita Garcia	26	M	Superior	4	3	4	3	4
Luya	Conila	Tingo	JUCUSBAMBA	12/10/2022	Lery Milena Rojas Guiop	27	F	Superior	4	3	4	3	4

Tabla 23.

Comparación de la factibilidad técnica con proyecto y sin proyecto

Características	Sistema de producción tecnificado (invernadero)	Sistema de producción intermedio (vivero)	Sistema de producción convencional (sin proyecto)
Tamaño	6 m x 3 m x 2 m	6 m x 3 m x 2 m	6 m x 3 m x 2 m
Temperatura	> 18 °C	< 18 °C	< 18 °C
Humedad relativa	> 80%	< 60%	< 60%
Riego	Controlado, microaspersión	Regadera manual, precipitación	Regadera manual, precipitación
Microorganismos	40 g inóculo de HMA	40 g inóculo de HMA	Sin hongo micorrízico
Abonamiento	40 g de gallinaza y humus de lombriz/planta	40 g de gallinaza y humus de lombriz/planta	354,24 cm ³ de turba de bosque/planta
Mantenimiento	bajo	medio	alto
Supervivencia de plantas	alto	medio	bajo
Plantas logradas para campo	100%	93,7%	60%

Anexo 2. Sección figuras

Figura 11.

Colecta de semillas de Cinchona officinalis L. - San Jerónimo - Luya



Figura 12.

Germinación de quina en arena - Luya



Figura 13.

Colecta de hongos micorrízicos arbusculares autóctonos – San Jerónimo, Luya



Figura 14.

Multiplicación de esporas de HMA con maíz



Figura 15.

Inoculación con 40 g de HMA autóctonos



Figura 16.

Plántula de quina para repique en invernadero y vivero



Figura 17.

Área foliar de plantas de quina inoculadas con HMA LEY y gallinaza



Figura 18.

Sistema radicular de plantas de quina sin hongo micorrízico y sin abono



Figura 19.

Sistema radicular de plantas de quina tratadas con gallinaza y hongo micorrízico LEY



Figura 20.

Colonización micorrízica en raíz de C. officinalis con HMA LEY

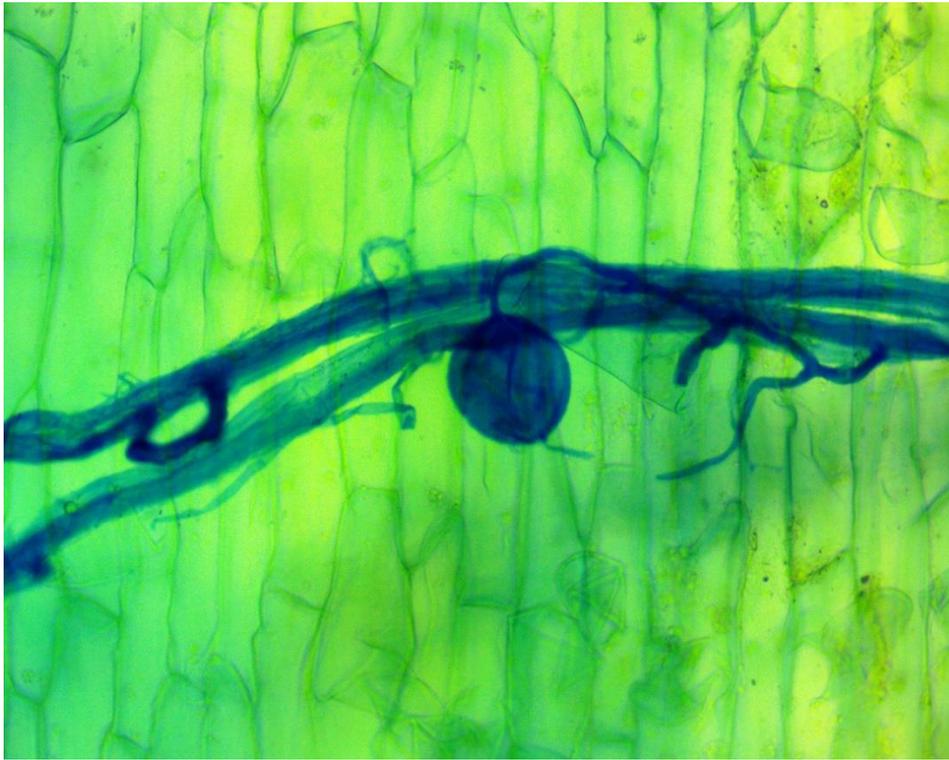


Figura 21.

Evaluación de micelio extraradicular del inóculo LEY

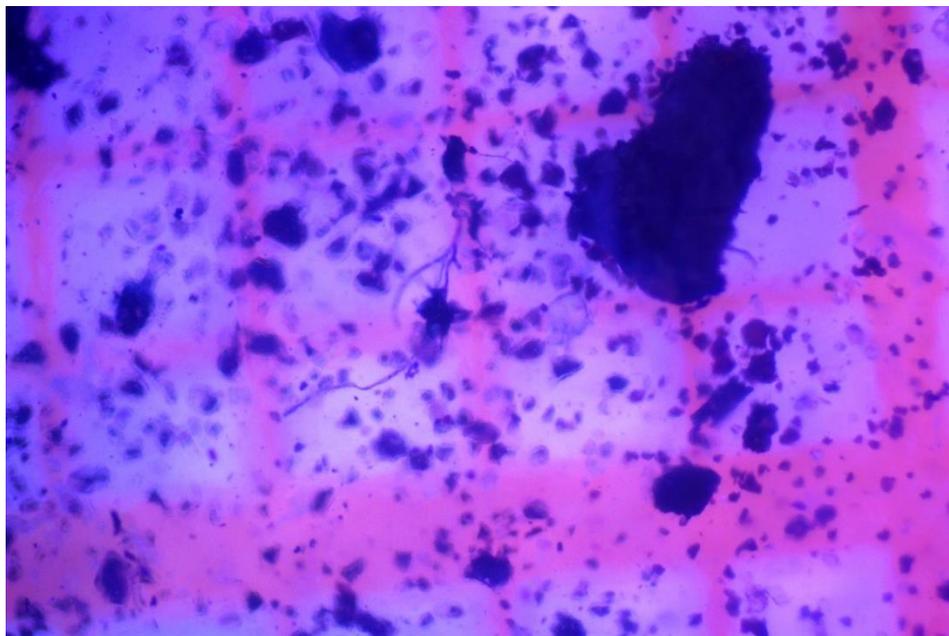


Figura 22.

Aislamiento de esporas de HMA - estereoscopio 4,5 X



Figura 23.

Observación de esporas de HMA para identificación de morfotipos - microscopio 100 X



Figura 24.

Difusión de resultados y aplicación de encuesta a los socios de AFOTUR



Figura 25.

Difusión de resultados y aplicación de encuesta a personas de la empresa Jucusbamba



Figura 26.

Validación de instrumento por experto 1

FORMATO DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

Título de la investigación: efecto de hongos micorrizicos arbusculares y abonos orgánicos en plantas de quina (*Cinchona officinalis* L.) bajo condiciones de invernadero y vivero

Cuestionario: encuesta a profesionales y agricultores que desarrollan actividades relacionada a la propagación de quina

Tesista: Bach. Tito Sanchez Santillan

Instrucciones: lea los indicadores de validación del instrumento y marque con un aspa (x) en los recuadros vacíos según corresponda.

Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1 = muy en desacuerdo; 2 = en desacuerdo; 3 = en desacuerdo más que en acuerdo; 4 = de acuerdo más que en desacuerdo; 5 = de acuerdo; 6 = muy de acuerdo)	Grado de acuerdo					
	1	2	3	4	5	6
ADECUACIÓN (adecuadamente formulada para los destinatarios que se va encuestar):						
• Las preguntas se comprenden con facilidad (clara, precisa, no ambigua, acorde al nivel de información y lenguaje del encuestado)					X	
• Las opciones de respuesta son adecuadas						X
• Las opciones de respuesta se presentan con un orden lógico						X
PERTINENCIA (contribuye a recoger información relevante para la investigación):						
• Es pertinente para lograr el OBJETIVO GENERAL de la investigación <i>Evaluar el efecto de hongos micorrizicos arbusculares y abonamiento orgánico en plantas de quina (Cinchona officinalis L.) bajo condiciones de invernadero y vivero y, la sostenibilidad de su producción con fines de repoblamiento.</i>					X	
• Es pertinente para lograr el OBJETIVO ESPECÍFICO n.º 3 de la investigación <i>“Evaluar la sostenibilidad de la producción de quina mediante la inoculación con micorrizas arbusculares y abonos orgánicos en dos ambientes.</i>					X	

Observaciones y recomendaciones en relación a la pregunta n.º ____:	
Motivos por los que se considera no adecuada	
Motivos por los que se considera no pertinente	
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	



Mg. Franklin Hitler Fernandez Zarate

Universidad Nacional Autónoma de Chota

Figura 27.

Validación de instrumento por experto 2

FORMATO DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

Título de la investigación: efecto de hongos micorrizicos arbusculares y abonos orgánicos en plantas de quina (*Cinchona officinalis* L.) bajo condiciones de invernadero y vivero

Cuestionario: encuesta a profesionales y agricultores que desarrollan actividades relacionada a la propagación de quina

Tesista: Bach. Tito Sanchez Santillan

Instrucciones: lea los indicadores de validación del instrumento y marque con un aspa (x) en los recuadros vacíos según corresponda.

Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1 = muy en desacuerdo; 2 = en desacuerdo; 3 = en desacuerdo más que en acuerdo; 4 = de acuerdo más que en desacuerdo; 5 = de acuerdo; 6 = muy de acuerdo)	Grado de acuerdo					
	1	2	3	4	5	6
ADECUACIÓN (adecuadamente formulada para los destinatarios que se va encuestar):						
• Las preguntas se comprenden con facilidad (clara, precisa, no ambigua, acorde al nivel de información y lenguaje del encuestado)				X		
• Las opciones de respuesta son adecuadas				X		
• Las opciones de respuesta se presentan con un orden lógico						X
PERTINENCIA (contribuye a recoger información relevante para la investigación):						
• Es pertinente para lograr el OBJETIVO GENERAL de la investigación <i>Evaluar el efecto de hongos micorrizicos arbusculares y abonamiento orgánico en plantas de quina (Cinchona officinalis L.) bajo condiciones de invernadero y vivero y, la sostenibilidad de su producción con fines de repoblamiento.</i>					X	
• Es pertinente para lograr el OBJETIVO ESPECÍFICO n.º 3 de la investigación <i>“Evaluar la sostenibilidad de la producción de quina mediante la inoculación con micorrizas arbusculares y abonos orgánicos en dos ambientes.</i>					X	

Observaciones y recomendaciones en relación a la pregunta n.º ____:	
Motivos por los que se considera no adecuada	
Motivos por los que se considera no pertinente	
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	Indicadas en el formato de encuesta (con comando revisión de cambios del Word)

Mg. Annick Estefany Huaccha Castillo
Universidad Nacional de Jaén

Figura 28.

Validación de instrumento por experto 3

FORMATO DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

Título de la investigación: efecto de hongos micorrizicos arbusculares y abonos orgánicos en plantas de quina (*Cinchona officinalis* L.) bajo condiciones de invernadero y vivero

Cuestionario: encuesta a profesionales y agricultores que desarrollan actividades relacionada a la propagación de quina

Tesista: Bach. Tito Sanchez Santillan

Instrucciones: lea los indicadores de validación del instrumento y marque con un aspa (x) en los recuadros vacíos según corresponda.

Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1 = muy en desacuerdo; 2 = en desacuerdo; 3 = en desacuerdo más que en acuerdo; 4 = de acuerdo más que en desacuerdo; 5 = de acuerdo; 6 = muy de acuerdo)	Grado de acuerdo					
	1	2	3	4	5	6
ADECUACIÓN (adecuadamente formulada para los destinatarios que se va encuestar):						
• Las preguntas se comprenden con facilidad (clara, precisa, no ambigua, acorde al nivel de información y lenguaje del encuestado)					x	
• Las opciones de respuesta son adecuadas						x
• Las opciones de respuesta se presentan con un orden lógico						x
PERTINENCIA (contribuye a recoger información relevante para la investigación):						
• Es pertinente para lograr el OBJETIVO GENERAL de la investigación <i>Evaluar el efecto de hongos micorrizicos arbusculares y abonamiento orgánico en plantas de quina (Cinchona officinalis L.) bajo condiciones de invernadero y vivero y, la sostenibilidad de su producción con fines de repoblamiento.</i>						x
• Es pertinente para lograr el OBJETIVO ESPECÍFICO n.º 3 de la investigación <i>“Evaluar la sostenibilidad de la producción de quina mediante la inoculación con micorrizas arbusculares y abonos orgánicos en dos ambientes.</i>						x

Observaciones y recomendaciones en relación a la pregunta n.º ____:	
Motivos por los que se considera no adecuada	-
Motivos por los que se considera no pertinente	-
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	-



Mg. Eli Morales Rojas
Universidad Nacional Intercultural Fabiola Salazar Leguía de Bagua (UNIFSLB)

Figura 29.

Formato de encuesta aplicada a socios de AFOTUR

 UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS			
Título de la investigación : Efecto de hongos micorrízicos arbusculares y abonos orgánicos en plantas de quina (<i>Cinchona officinalis</i> L.) bajo condiciones de invernadero y vivero.			
Cartilla N° : _____			
Provincia : <u>Achachapoyas</u>			
Distrito : <u>Leymabamba</u>			
Anexo : <u>Palmaria</u>			
Institución : <u>AFOTUR</u>			
Fecha : <u>6/10/2022</u>			
DATOS DEL ENCUESTADO			
Nombre y apellidos : <u>Napoleón Vega Escobedo</u>			
Edad : <u>75 años</u>			
Género : <u>M</u>			
Nivel de estudio : <u>Superior</u>			
Instrucción: lea las preguntas detenidamente y marque con un aspa (x) o subraye la alternativa que considere adecuada según su punto de vista.			
I. FACTOR TÉCNICO Descripción y comparación de la factibilidad			
Características	Sistema de producción tecnificado (invernadero)	Sistema de producción intermedio (vivero)	Sistema de producción convencional (sin proyecto)
Tamaño	6 m x 3 m x 2 m	6 m x 3 m x 2 m	6 m x 3 m x 2 m
Temperatura	> 18 °C	< 18 °C	< 18 °C
Humedad relativa	> 80%	< 60%	< 60%
Riego	Controlado, microaspersión	Regadera manual, precipitación	Regadera manual, precipitación
Microorganismos	40 g de micorrizas arbusculares	40 gramos de micorrizas arbusculares	Sin micorrizas
Abonamiento	40 g de gallinaza y humus de lombriz/planta	40 g de gallinaza y humus de lombriz/planta	354,24 cm ³ de turba de bosque/planta
Mantenimiento	bajo	medio	alto
Supervivencia de plantas	alto	medio	bajo
Plantas logradas para campo	100%	95,7%	60%
II. FACTOR ECONÓMICO			
2.1. En 5000 plantas de quina producidas, ¿qué cantidad de dinero considera que puede aportar por campaña bajo los sistemas de producción tecnificados?. Estos ingresos fueron evaluados en soles por campaña/año.			
a) más de 3000 (4) b) 3000-2500 (3) c) 2500-2000 (2) d) 2000-1000 (1) e) menor a 1000 (0)			
2.2. ¿En qué porcentaje considera que la producción de quina bajo los sistemas de producción tecnificados (con proyecto), presentan dependencia de insumos externos respecto al sistema convencional? (riesgo económico)			
a) de 0% a 20% (4) b) de 20% a 40% (3) c) de 40% a 60% (2) d) de 60% a 80% (1) e) de 80% a 100% (0)			
III. FACTOR AMBIENTAL			
3.1. ¿En qué porcentaje estimaría la pérdida de cobertura del suelo con los sistemas de producción tecnificados para plantas de quina, en comparación al sistema convencional (sin proyecto)? (pérdida de cobertura de suelo).			
a) 100% de cobertura (4) b) de 75% a 99% de cobertura (3) c) de 50% a 74% de cobertura (2) d) de 25% a 49% de cobertura (1) e) de 0% a 24% de cobertura (0)			
3.2. ¿En qué nivel, el sistema de producción tecnificado podría generar deterioro de ecosistemas, en relación al sistema convencional para el árbol de la quina (sin proyecto)?			
a) Muy alto (4) b) Alto (3) c) Medio (2) d) Bajo (1) e) Nulo (0)			
IV. FACTOR SOCIAL			
4.1. En función a la factibilidad técnica, en la investigación, ¿qué percepción tiene respecto al sistema de producción tecnificado de plantones de quina (con proyecto)? Aceptabilidad del sistema de producción			
a) Totalmente satisfecho (desea implementar el sistema) (4) b) Satisfecho (requiere mayor información) (3) c) Algo satisfecho (considera que es igual al sistema tradicional) (2) d) Insatisfecho (optaría por el sistema tradicional) (1) e) Totalmente insatisfecho (no lo implementaría nunca) (0)			
Encuestador: <u>Bach. Tito Sanchez Santillan</u>			
Observaciones: <u>Requerimos soporte técnico y articulación al mercado</u>			