

Efecto de micorrizas arbusculares y abonos orgánicos en el comportamiento vegetativo de *Cinchona officinalis* en ambientes controlados

Effect of arbuscular mycorrhizae and organic fertilizers on vegetative performance of *Cinchona officinalis* in controlled environments

Tito Sanchez¹, Miguel Altamirano², Maria Huaman³, Marly Guelac³, Krystel Rojas⁴ y Eli Morales⁵

RESUMEN

El estudio tuvo por objetivo evaluar el efecto de micorrizas arbusculares y abonos orgánicos en el comportamiento vegetativo de *Cinchona officinalis* en ambientes controlados. La investigación se instaló bajo un diseño completo al azar con arreglo trifactorial (4A: micorrizas x 3B: abonos x 2C: ambientes), contando con 72 unidades experimentales. Las plantas de quina fueron inoculadas en vivero e invernadero con 40 g de micorrizas procedentes de bosques naturales (San Jerónimo, Conila y Leymebamba) y abonadas con 40 g de gallinaza y humus de lombriz. Se encontró que la mortalidad de la quina se dio en el vivero y abonadas con gallinaza, con un 6.3 % en promedio, por su parte, no se reportó mortalidad a nivel de invernadero; respecto a la velocidad de crecimiento, los consorcios micorrízicos SJ y LEY tuvieron mayor efecto, juntamente con la aplicación de humus de lombriz a nivel de invernadero. Se concluye que, resulta factible propagar la quina, inoculando con micorrizas arbusculares autóctonas, potenciando su efectividad en complemento con humus de lombriz, pudiéndose usar como sustrato alternativo y sustituir a la turba de bosque; paralelamente, es indispensable manejar condiciones ambientales (temperatura y humedad relativa), para lograr una alta supervivencia y alta velocidad de crecimiento.

Palabras clave: Quina, endomicorriza, forestal nativo, resiliencia, simbiosis.

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the effect of arbuscular mycorrhizae and organic fertilizers on the vegetative behavior of *Cinchona officinalis* in controlled environments. The research was carried out under a complete randomized design with a trifactorial arrangement (4A: mycorrhizae x 3B: fertilizers x 2C: environments), with 72 experimental units. The cinchona plants were inoculated in nursery and greenhouse with 40 g of mycorrhizae from natural forests (San Jerónimo, Conila and Leymebamba) and fertilized with 40 g of chicken manure and earthworm humus. It was found that the mortality of quinine occurred mostly in the nursery and fertilized with poultry manure, with an average of 6.3%, while no mortality was reported at the greenhouse level; with respect to growth rate, the mycorrhizal consortia SJ and LEY had a greater effect, together with the application of earthworm humus at the greenhouse level. It is concluded that it is feasible to propagate cinchona by inoculating with native arbuscular mycorrhizae, enhancing its effectiveness in complement with earthworm humus, which can be used as an alternative substrate and substitute for forest peat; at the same time, it is essential to manage environmental conditions (temperature and relative humidity) to achieve high survival and high growth rate.

Keywords: Quina, endomycorrhiza, native forest, resilience, symbiosis.

DOI: <https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.v10i3.311>

Recibido: 13/08/2022. Aceptado: 10/09/2022

* Autor para correspondencia

1. Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas, Perú. Email: titosanchezsantillan@gmail.com

2. Escuela profesional de Ingeniería Agrónoma, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas, Perú. Email: altamiranotantaleanm6@gmail.com

3. Servicios Generales Jucusbamba EIRL, Perú. Email: marihuamanv170@mail.com; marly.guelac@gmail.com

4. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Iquitos, Perú. Email: krojas@iiap.gob.pe

5. Universidad Nacional Intercultural Fabiola Salazar Leguía de Bagua (UNIFSLB), Bagua 01721, Perú: emorales@unibagua.edu.pe

INTRODUCCIÓN

Cinchona officinalis L., conocida comúnmente como árbol de la quina o cascarilla, es un árbol que prospera generalmente en los bosques nubosos de Perú, Ecuador, Bolivia y Colombia (Huamán et al., 2016). El género *Cinchona* pertenece a la familia Rubiaceae, uno de los taxones más diversos del mundo, ocupando el cuarto lugar después de las familias Asteraceae, Orchidaceae y Poaceae, con alrededor de 10 700 especies (Mabberley, 2004). Este género está conformado por 23 especies, de los cuales en el Perú se han reportado 19 (Madsen, 2002).

Su importancia y reconocimiento fue gracias al alcaloide que éstas poseen “quinina”, sustancia que curó la malaria durante los siglos XVII y XVIII, no obstante, no es el único valor que poseen, también destaca su importancia ambiental (Hodge, 1947), brindando servicios ecosistémicos como la mitigación de gases de efecto invernadero y regulación de ciclos climáticos e hidrológicos (Pollito, 1989). *C. officinalis* L, se encuentra en peligro de extinción, a consecuencia de la explotación con el afán de obtener la quinina y también a causa de la expansión de fronteras agrícolas, ganaderas y demográficas (Madsen, 2002).

Dentro de otros factores que afectan su repoblamiento, es la baja capacidad que éstas poseen para regenerarse en bosques naturales, ya que sus semillas son pequeñas y pierden su viabilidad en poco tiempo, sumado a esto el constante peligro que corren por los incendios forestales (Gómez et al., 2016). Como alternativa surge el uso de micorrizas arbusculares procedentes de zonas rizosférica de quina en bosques naturales; estos microorganismos benéficos tienen la capacidad de colonizar las raíces formando una asociación simbiótica y que gracias a la formación de arbusculos pueden intercambiar nutrimentos con las plantas para favorecer su desarrollo de sus funciones fisiológicas (Gómez & Villate, 2010; Jiménez, 2019).

Por su parte, el uso de abonos orgánicos, ejerce una influencia positiva sobre la fertilidad del suelo y a la potenciación de ciertos criterios nutrimentales, aportan gran cantidad de exportación de nitrógeno, rendimiento y materia seca favorables para las plantas (Canseco et al., 2020). Dentro de los abonos orgánicos más empleados encontramos a la gallinaza, catalogado como un potente mejorador de suelo, capaz de favorecer la actividad microbiológica y como fuente de nutrientes (Rodríguez et al., 2016). Otro, abono destacado es el humus de lombriz, que es un material rico en microorganismos y nutrientes esenciales (Colonese et al., 2017). Tal como refiere Quevedo (1993), donde la aplicación de humus de lombriz con dosis de 2 y 4 kg por planta, en el establecimiento de *Cedrela odorata* L. obtuvo resultados favorables en diámetro de planta y altura, superando en un 400% al testigo en un año de evaluación.

Para la propagación de quina bajo condiciones controladas resulta incierto el manejo de parámetros como temperatura y humedad relativa. En su hábitat natural, por lo general, éstas poseen condiciones favorables, tales como alta humedad relativa, temperaturas frías y baja luminosidad. Reportes sobre la reproducción de esta especie en condiciones semi-controladas (invernadero) a nivel vegetativo han tenido resultados adversos puesto que a los 30 días de instalado presentaron un alto índice de mortalidad. Por otro lado, en investigaciones que tuvieron como objetivo propagar vegetativamente *Cinchona pubescens* mediante el uso de dos tipos de sustratos y 2 enraizadores, químicos y orgánicos bajo condiciones de invernadero, mostro resultados negativos ya que a los 30 días de instalación se observó estacas muertas (Maroto, 2022). Así mismo, se datan trabajos sobre la reproducción de quina a nivel de vivero, adicionando micorrizas y fertilizante químicos, mostrando buenos resultados biométricos (Guachón & Prado, 2012).

Por lo descrito, resulta fundamental realizar una investigación de este tipo, para buscar alternativas viables para la reproducción del árbol de la quina, empleando microorganismos eficientes, abonos orgánicos adecuados y ambientes con capacidad de simulación de las condiciones ambientales normales que necesita esta especie, por los que el estudio tuvo por objetivo evaluar el efecto de micorrizas arbusculares y abonos orgánicos en el comportamiento vegetativo de *C. officinalis* en ambientes controlados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la investigación

La investigación se desarrolló en los ambientes de vivero de la empresa Servicios Generales Jucusbamba EIRL, ubicado en el anexo el Tingo, distrito Conila, provincia de Luya-Amazonas, a una altitud de 2341 m s.n.m. La zona registró una temperatura promedio de 15 °C y una humedad promedio de 50%.

Colecta y multiplicación de consorcios micorrízicos

Los hongos micorrízicos arbusculares fueron colectados de la zona rizosférica de plantas adultas de quina localizadas en bosques montanos de San Jerónimo, Conila y Leymebamba. En total se obtuvo 10 kg de inóculo por cada zona de colecta y fueron transportados a vivero.

En vivero se construyeron cajones de manera con dimensiones de 30 x 30 x 20 cm, largo, ancho y altura respectivamente, aislándolos del suelo con un plástico, luego fueron depositados los consorcios micorrízicos previamente mezclados con arena de río a una proporción volumétrica 1:2 (suelo

micorrízico 1: arena 2). En los sustratos fueron sembrados maíz, en surcos para realizar el proceso de multiplicación de esporas de los HMA-N, por un periodo de 80 días.

Obtención del material biológico

Las plántulas de quina fueron obtenidas mediante el proceso de germinación a partir de semilla botánica colectada del bosque montano San Jerónimo a 2616 m s.n.m. En vivero se realizó un tratamiento pre-germinativo con agua caliente 36 °C por un periodo de 12 horas, y luego fueron germinados en arena estéril dentro de una cámara de subirrigación.

Fertilización con abonos orgánicos

Los abonos orgánicos fueron aplicados al sustrato antes del llenado a bolsas (5 x 8 pulgadas), para ello se mezcló en una proporción volumétrica de 1:14 v/v de abonos y sustrato respectivamente, equivalente a 40g por bolsa. Los abonos empleados fueron gallinaza y humus de lombriz.

Inoculación a plantas de quina

Las plántulas de quina fueron repicadas en los sustratos y juntamente fueron aplicados las micorrizas arbusculares en una cantidad de 40g por planta, luego se cubrió con la misma tierra del sustrato y se aplicó un riego controlado para poner en contacto las raíces y el agente inoculante. Las plántulas de quina finalmente fueron distribuidas en dos ambientes (vivero e invernadero), para determinar el comportamiento vegetativo.

Evaluación de variables

Durante 120 días se evaluaron las variables de sobrevivencia y velocidad de crecimiento de las plantas de quina bajo a aplicación micorrízica y abonos orgánicos.

Diseño estadístico y procesamiento de los datos

La investigación fue ejecutada en un diseño completo al azar con arreglo trifactorial (4A: micorrizas x 3B: abonos x 2C: ambientes). Los datos fueron recopilados en una cartilla de evaluación física y sistematizados en una base de datos Excel. Las variables de mortalidad no presentaron normalidad ni homogeneidad de varianzas, por lo que se realizó una prueba no paramétrica de Kruskal Wallis y la variable de velocidad de crecimiento fue analizado con el análisis de varianza ($p < 0.05$), las medias fueron comparadas mediante el test post hoc de Tukey ($\alpha=0.05$). Se uso el software estadístico infostat versión 2018 para el procesamiento de datos.

RESULTADOS

Mortalidad

La prueba no paramétrica de Kruskal Wallis reporta la existencia de diferencias significativas para la variable mortalidad, bajos los efectos de micorrizas, abonos y ambientes ($p\text{-valor} < 0.05$) (Tabla 1).

Tabla 1. Valor de probabilidad del análisis no paramétrico Kruskal Wallis para la mortalidad de quina

Fuente de variación	GL	C	H	p-valor
Tratamientos	23	0.264	10.87	0.011*

*= significativo ($p\text{-valor} < 0,05$); GL: grado de libertad; C: cuadrado medio; H: valor Kruskal Wallis

La mayor mortalidad se tuvo con el tratamiento T15, pero sin diferencia estadística con los tratamientos T16, T18, T21 y T24. Los resultados manifiestan que, la mortalidad estuvo dada por el ambiente y en parte por el abono, ya que se obtuvo un 6.3 % de plantas muertas en promedio a nivel de vivero, mientras que, en invernadero no existió mortalidad. Probablemente la gallinaza, también haya generado mortalidad, ya que sólo las plantas abonadas con este abono murieron y a nivel de vivero (Figura 1).

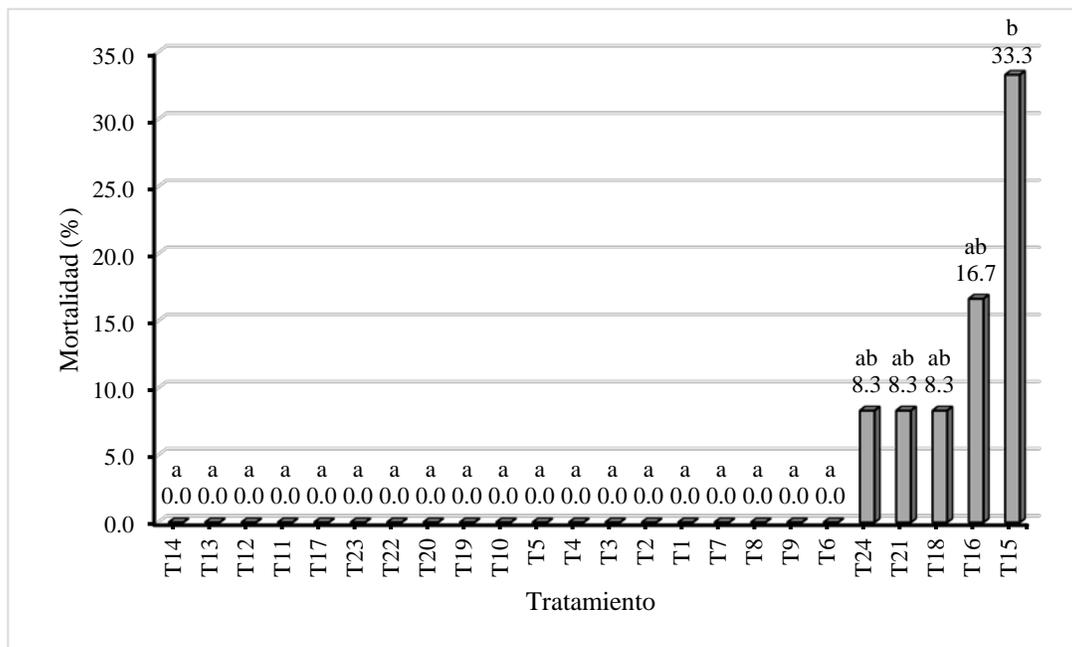


Figura 1. Test post hoc para la mortalidad de quina micorrizadas con HMA, abonos y en diferentes ambientes

Velocidad de crecimiento

El ANOVA para la variable velocidad de crecimiento general, reporta la existencia de diferencias significativas ($p\text{-valor} < 0.01$) efectuadas por los factores de manera individual e interaccionada en forma pareada; no obstante, la interacción de los tres factores no mostró diferencias significativas (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis de varianza ($p < 0.01$) para la altura de plantas de quina con diferentes tratamientos

F.V.	SC	gl	CME	F	p-valor
Micorrizas	0.00424	3	0.00081	65.90148	0.00000*
Abono	0.00723	2	0.00141	168.71538	0.00000*
Ambiente	0.00478	1	0.00362	222.96349	0.00000*
Micorrizas*Abono	0.00054	6	0.00478	4.22481	0.00172*
Micorrizas*Ambiente	0.00085	3	0.00009	13.24728	0.00000*
Abono*Ambiente	0.00076	2	0.00028	17.74164	0.00000*
Micorrizas*Abono*Ambiente	0.00032	6	0.00038	2.48810	0.03548
Error	0.00103	48	0.00005		
Total	0.01975	71			

*=altamente significativo ($p\text{-valor} < 0,01$); F.V.: fuente de variación; SC: suma de cuadrados; gl.: grado de libertad; CME: cuadrado medio del error; F: Fisher

El test post hoc de Tukey (5%), reporta que, los consorcios micorrícicos de Leymebamba (CM-LEY) y San Jerónimo (CM-SJ), lograron mayor efecto en la velocidad de crecimiento, superando al consorcio Conila (CM-CON) y testigo (SM) (Figura 2-a). En cuanto a los abonos, humus de lombriz (HUM) superó a gallinaza (GALL) y al testigo (SA), denotando que las plantas de quina tienen mejor respuesta a este abono (Figura 2-b). Las plantas sembradas en invernadero mostraron mayor velocidad de crecimiento superando a las plantas en vivero, dejando entrever que las plantas de quina necesitan temperaturas alrededor de 22 °C y humedad relativa superior al 80% para incrementar su crecimiento (Figura 2-c).

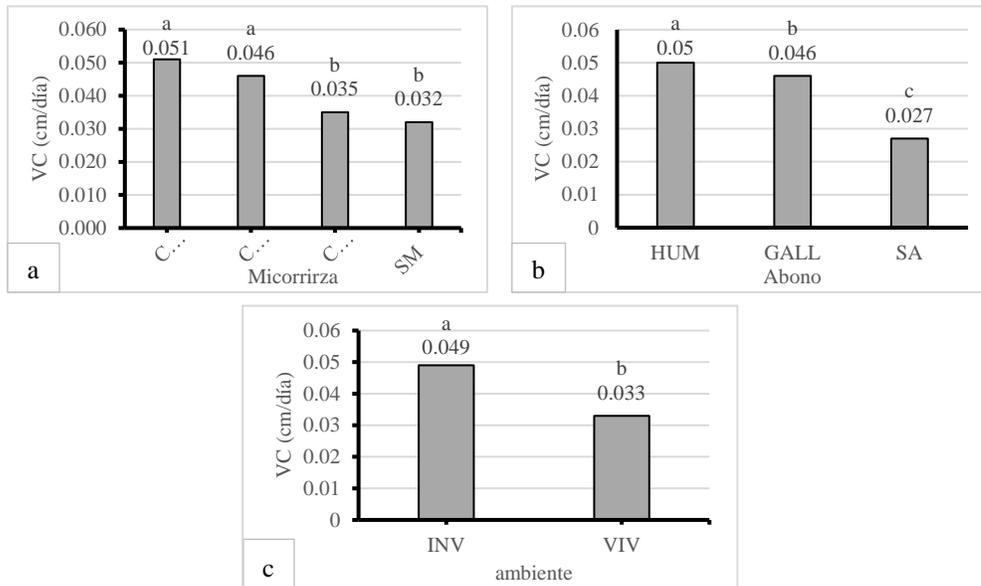


Figura 2. Test post hoc Tukey (5%) para la velocidad de crecimiento de quina con micorrizas y abonos en dos ambientes

Los consorcios micorrícicos Leymebamba y San Jerónimo, en interacción con los abonos gallinaza y humus de lombriz mostraron efectos sobresalientes en la velocidad de crecimiento; asimismo, los mismos consorcios y abonos inoculados a nivel de invernadero tuvieron similar efecto para esta variable en plantas de *C. officinalis* (Figura 3 – a, b y c).

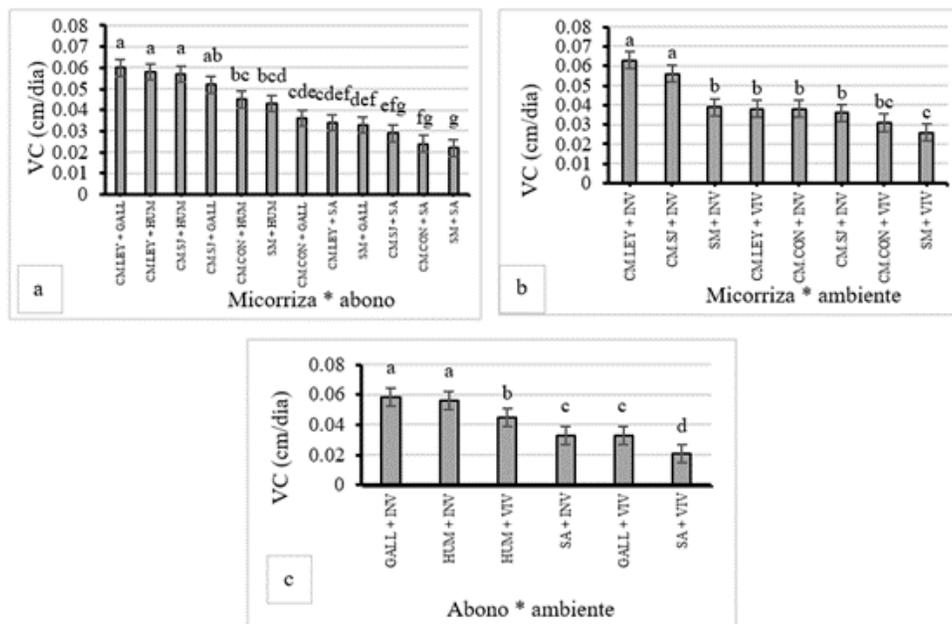


Figura 3. Test de Tukey (5%) para la velocidad de crecimiento de quina con la interacción de micorrizas, abonos y ambientes.

La velocidad de crecimiento de quina, reportada por semanas y en dos ambientes, denota una larga diferencia, observando primero, que en invernadero el tratamiento T6 se mostró superior, alcanzando su pico más alto a los 90 días, seguido por el tratamiento T8. En el día 105 todos los tratamientos disminuyeron su velocidad de crecimiento, pero el tratamiento T6 mantuvo el liderato, cambiando los efectos a los 120 días, que fue liderado por el tratamiento T9, seguido por los tratamientos T6 y T8 (Figura 4 – a). Las plantas de quina en vivero manifestaron una alta velocidad de crecimiento a los 90 días, mostrándose superior el tratamiento T17, seguido por el tratamiento T20. A los 105 días, todos bajaron la velocidad de crecimiento similar a invernadero, pero en el día 120, los tratamientos T23 y T20 superaron a todos los demás tratamientos (Figura 4 – b).

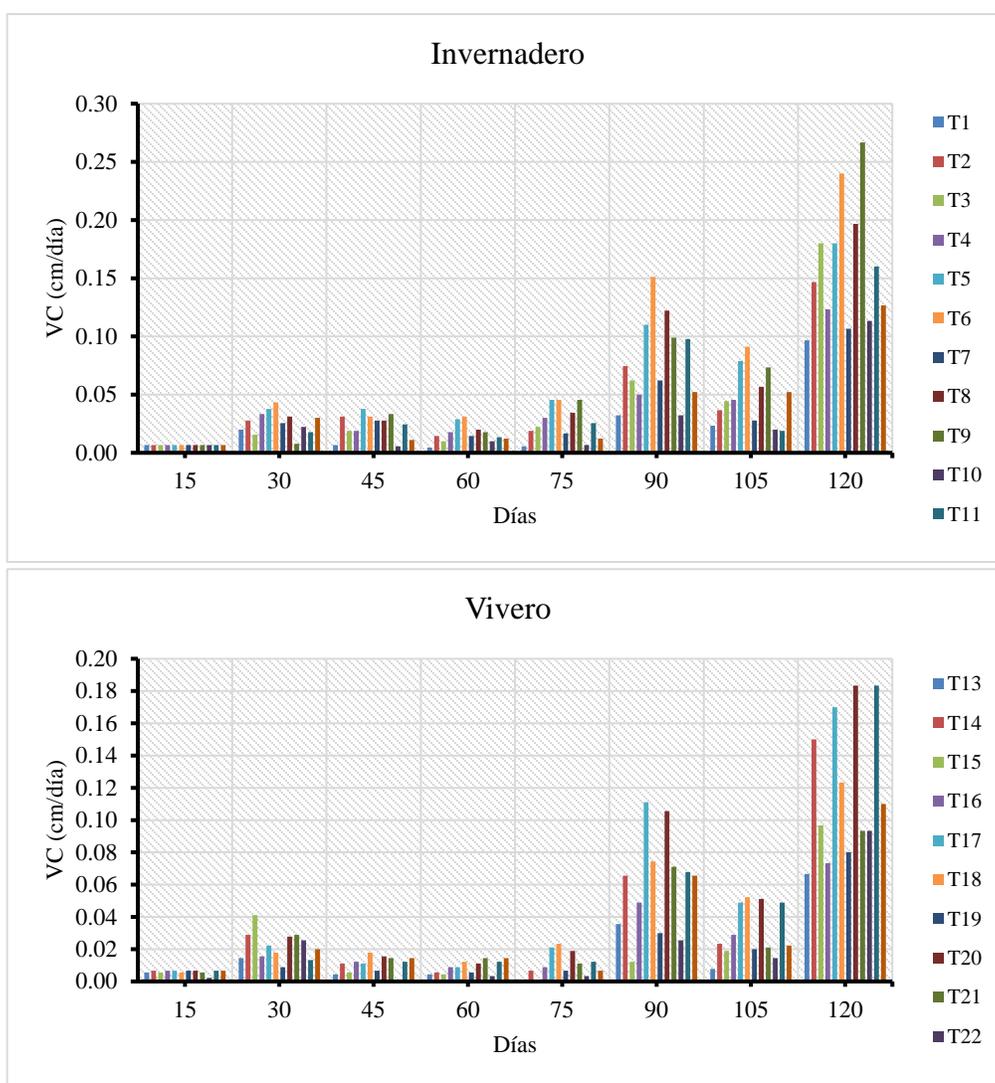


Figura 4. Velocidad de crecimiento de planta de quina reportada por días

La curva de crecimiento de quina, a los 75 días se mantuvo homogéneo, no obstante, a partir del día 90 hasta el día 120, las plantas tratadas con CM – Leymebamba y CM - San Jerónimo, con aplicación de gallinaza y humus mostraron mayor crecimiento y superaron a los demás tratamientos. Por su parte, en invernadero el crecimiento de quina manifestó la curva más alta y superaron considerablemente a las plantas en vivero.

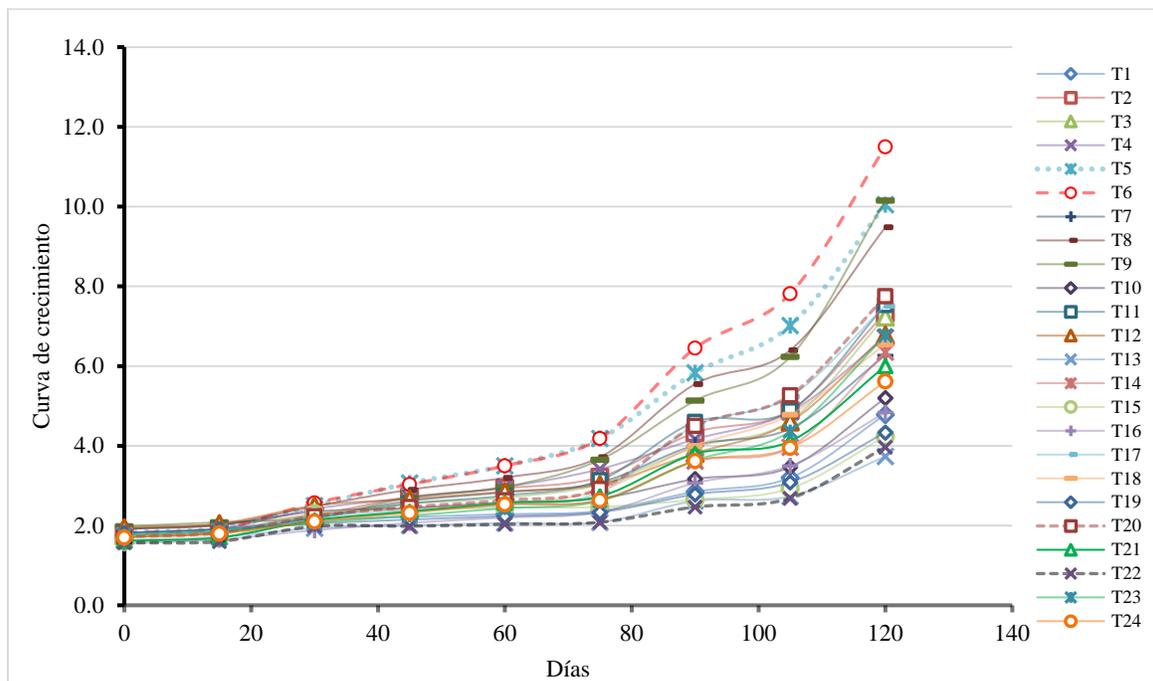


Figura 4. Curva de crecimiento de quina con diferentes micorrizas, abonos y ambientes

DISCUSIÓN

Las plantas de quina tuvieron una mortalidad en promedio de 6.3% con el tratamiento gallinaza y a nivel de vivero; no obstante, en invernadero, no se encontró mortalidad, logrando un prendimiento absoluto de las plantas.

Los hongos micorrízicos arbusculares autóctonos y abonos orgánicos favorecen la velocidad de crecimiento de plantas de *C. officinalis*, logrando velocidades de 0.11 cm/día a 0.18 cm/día desde los 90 hasta los 120 días; la curva de crecimiento denota, que las plantas de quina tratadas los inóculos eficientes y el abono ideal a nivel de invernadero muestran incrementos significativos en relación directamente proporcional a los días de evaluación. En general los inóculos CM- LEY y CM-SJ fueron los más influyentes, superando a CM-Conila; con efectos paralelos a humus de lombriz que superó a gallinaza; en cuanto al ambiente, las quina en invernadero obtuvo la mayor velocidad de crecimiento.

Los hallazgos, demuestran que, resulta factible el uso de HMA autóctonos en la propagación de quina y su principal beneficio para las plantas es la fijación y translocación de nutrientes, especialmente de fósforo y otros elementos indisponibles, así mismo, transportan agua aun cuando las condiciones sean adversas para las plantas, favoreciendo el correcto crecimiento y desarrollo de las mismas (Dalling et al., 2011; Huang et al., 2018; Pankaj et al., 2021).

Por su parte, los abonos orgánicos, ejercen una influencia positiva sobre la fertilidad del suelo y la potenciación de ciertos criterios nutrimentales, aportan gran cantidad de nitrógeno, elemento indispensable para la ganancia de materia seca y crecimiento de las plantas (Canseco et al., 2020). En el estudio, el humus de lombriz fue el más destacado, a lo que refiere Colonese et al. (2017), que este abono es rico en ácidos húmicos, nutrientes esenciales y microorganismos indispensables para las plantas, además puede usarse como abono alternativo y sustituir a turba de bosque con impactos sostenibles importantes dentro de la propagación masiva de la quina, que hasta la fecha solo se ha reportado como única fuente de nutrientes y material indispensable para propagar esta especie (Castañeda et al., 2019; Zarate et al., 2022).

Como medida alternativa y la disponibilidad de abonos, se sugiere el uso de gallinaza, para propagar la quina, a pesar que no superó a humus, pero que evidentemente favoreció el crecimiento de las plantas, con valores superiores al testigo. Para Rodríguez et al. (2016), este abono, es destacado por su composición nutrimental y microbiológica fundamentales dentro del crecimiento y desarrollo de la mayoría de plantas; aunque, Quevedo (1993), refiere que, para el establecimiento de plantas forestales nativas como el cedro, resulta factible emplear el humus de lombriz, ya que presentan efectos favorables y directamente proporcionales a las cantidades aplicadas.

Las plantas de quina, responden favorablemente a las condiciones empleadas diferentes a las de su hábitat natural, logrando un rápido crecimiento con temperatura promedio de 22 °C y humedad relativa > 80% logradas en invernadero, a pesar que, la temperatura reportada, no se asemeja al promedio normal de su ecosistema (mosque montano nuboso) (Gómez et al., 2016).

CONCLUSIONES

Los hongos micorrízicos arbusculares autóctonos favorecen el crecimiento y supervivencia de plantas de *C. officinalis* a nivel de invernadero. Los hallazgos en este estudio son promisorios para propagar masivamente esta especie emblemática enmarcadas en la sostenibilidad, con fines de repoblamiento y/o rehabilitación de áreas forestales degradadas.

AGRADECIMIENTOS

Al Programa Nacional de Investigación Científica y Estudios Avanzados (PROCIENCIA) por el apoyo mediante el contrato de subvención 103-2021 FONDECYT y al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Canseco Martínez, D. A., Villegas Aparicio, Y., Castañeda Hidalgo, E., Carrillo Rodríguez, J. C., Robles, C., & Santiago Martínez, G. M. (2020). Respuesta de *Coffea arabica* L. a la aplicación de abonos orgánicos y biofertilizantes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(6), 1285-1298. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i6.2612>
- Castañeda, J. H. V., Sabaleta, E. L., Hernández, M. K. B., Meza, S. N. V., & Sánchez, L. M. Q. (2019). Comparación de sustratos en la propagación sexual y asexual del árbol de la quina (*Cinchona officinalis*). *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable* 2(3), 77-85. <http://dx.doi.org/10.25127/aps.20183.407>
- Colonese, M. D. C., Bernardi, M. J., Cotorruelo, J., & Saucedo, R. (2017). Humus de lombriz como alternativa para mejorar la fertilidad de los suelos arenosos de huertas agroecológicas. *Agrotecnia*, (25), 19. <https://revistas.unne.edu.ar/index.php/agr/article/viewFile/2442/2156>
- Dalling, J. W., Davis, A. S., Schutte, B. J., & Elizabeth Arnold, A. (2011). Seed survival in soil: Interacting effects of predation, dormancy and the soil microbial community. *Journal of Ecology*, 99(1), 89-95. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2010.01739.x>
- Gómez, M. R., & Villate, A. R. (2010). Señales de reconocimiento entre plantas y hongos formadores de micorrizas arbusculares. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 11(1), 53-60. https://doi.org/10.21930/rcta.vol11_num1_art:195
- Gómez Silvera, A., Beraun Macedo, L. A., Gómez Rengifo, O. J., & Llatas Ducep, E. (2016). Identificación de la regeneración natural de la quina roja o cascarilla *Cinchona Pubescens*, Vahl, por la morfología de sus estadios naturales en el Bosque de Neblina de Upaypitec, distrito de Kañaris, región Lambayeque. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/380>
- Guachón, T., Prado, M., & Lucero, H. (2012). Evaluación del efecto del inóculo Micorrízico arbuscular en el crecimiento de *Cinchona pubescens* y *Cinchona officinalis* en condiciones de vivero. Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL). Loja, Ecuador.

- Hodge, W. (1947). *Cinchona Procurement in Latin America*. Economic Botany. University of Massachusetts, 229-257.
- Huamán, L., Albán, J., & Chilquillo, E. (2019). Aspectos taxonómicos y avances en el conocimiento del estado actual del árbol de la Quina (*Cinchona officinalis* L.) en el Norte de Perú. *Ecología Aplicada*, 18(2), 145-153. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v18i2.1333>
- Huang, H., Zi, X.-M., Lin, H., & Gao, J.-Y. (2018). Host-specificity of symbiotic mycorrhizal fungi for enhancing seed germination, protocorm formation and seedling development of over-collected medicinal orchid, *Dendrobium devonianum*. *Journal of Microbiology*, 56(1), 42-48. <https://doi.org/10.1007/s12275-018-7225-1>
- Jiménez Ortiz, M. M., Gómez Álvarez, R., Oliva Hernández, J., Granados Zurita, L., Pat Fernández, J. M., & Aranda Ibáñez, E. M. (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>
- Mabberley, D. J. (2004). More French "firsts" in Australia ignored: Dumont de Courset's *Le Botaniste Cultivateur*. *Taxon*, 53(1), 187-192. <https://doi.org/10.2307/4135512>
- Madsen, J. (2002). Historia cultural de la cascarilla de Loja. *Botánica Austroecuatorial: estudios sobre los recursos naturales en las provincias de El Oro, Loja y Zamora Chinchipe*, 385-399.
- Maroto Vinuesa, J. A. (2022). Evaluación de dos sustratos y dos enraizadores en la propagación vegetativa de *Spirotheca awadendron* (ceibo) y *Cinchona pubescens* (cascarilla) en el noroccidente de Pichincha. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/16106>
- Pankaj, U., Kurmi, A., Lothe, N. B., & Verma, R. K. (2021). Influence of the seedlings emergence and initial growth of palmarosa (*Cymbopogon martinii* (Roxb.) Wats. Var. *Motia* Burk) by arbuscular mycorrhizal fungi in soil salinity conditions. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 24, 100317. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2021.100317>
- Pollito, PZ (1989). Taxonomía, distribución geográfica y estado del género *Cinchona* en el Perú.
- 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>
- Rodríguez, D. G. T., Mendoza, B., Parra, L. M. M., & Gómez, C. E. (2016). Calidad de abonos orgánicos empleados en la depresión de Quíbor-Venezuela bajo ambientes protegidos. *Revista Ciencia y Tecnología*, 9(2), 1-10. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6261796>

Zarate, F. H. F., Castillo, A. E. H., Vega, L. M. B., Huatangari, L. Q., & Santillán, T. S. (2022). Efecto del sustrato en la propagación sexual de *Cinchona officinalis* L. (Rubiaceae). *Ecosistemas*, 31(1), 2314-2314. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2314>.