









# El efecto de los consorcios micorrícicos y el tipo de fertilización en la calidad de plántulas en un vivero del árbol Ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz) en Campeche, México

Effect of Mycorrhizal Consortia and the Type of Fertilization on the Quality of Seedlings in Nursery of the Ramon Tree (*Brosimum alicastrum* Swartz) in Campeche, Mexico

 Ezequiel Espinosa Grande <sup>1</sup>  Bruno Manuel Chávez-Vergara <sup>2</sup>  
 Arelly Anayansi Vargas-Díaz <sup>1</sup>  Alfredo Esteban Tadeo Noble <sup>1</sup>  Jaime Bautista-Ortega <sup>1</sup>  
 Víctor Manuel Cetina Alcalá <sup>1</sup>  Luis Alberto Uicab Brito <sup>3</sup>  Alberto Santillán Fernández <sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Colegio de Postgraduados, Campeche, México.

<sup>2</sup> Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

<sup>3</sup> Instituto Tecnológico Superior de Hopelchén, Campeche, México.

\*Autor de correspondencia: Alberto Santillán Fernández. Colegio de Postgraduados, IxM Conahcyt, carretera Haltunchén-Edzná, km. 17.5, Sihochac, Champotón, Campeche, México. [santillan.alberto@colpos.mx](mailto:santillan.alberto@colpos.mx)

Recibido: 26 de junio de 2022  
Aprobado: 28 de julio de 2023  
Publicado: 01 de noviembre de 2023

Editor temático: Pedro Rodríguez Hernández. (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA]), Putumayo, Colombia.

Para citar este artículo: Espinosa Grande, E., Chávez-Vergara, B. M., Vargas-Díaz, A. A., Tadeo Noble, A. E., Bautista-Ortega, J., Cetina Alcalá, V. M., Uicab Brito, L. A., & Santillán Fernández, A. (2023). El efecto de los consorcios micorrícicos y el tipo de fertilización en la calidad de plántulas en un vivero del árbol Ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz) en Campeche, México. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 24(3), e3082. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol24\\_num3\\_art:3082](https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num3_art:3082)

**Resumen:** La especie forestal *Brosimum alicastrum* se distribuye de manera natural en ausencia de un manejo silvícola. Por su alto potencial para la alimentación animal y humana, su demanda se ha incrementado y, con ello, la necesidad de generar investigación sobre su propagación en los viveros. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de diferentes consorcios micorrícicos y del tipo de fertilización en la calidad de plántula producida mediante semilla en vivero. Se evaluaron tratamientos factoriales de cinco niveles de micorrizas (comercial, Hopelchén, Conkal, Ramón y sin micorriza), dos tipos de fertilizantes (Osmocote®, y Bio2®) y un tratamiento control (sin micorriza y sin fertilizante). Las principales variables evaluadas fueron peso seco aéreo y radical como indicadores de la calidad de plántulas. Por su parte, la fertilización mejoró la calidad de las plántulas, mientras que el consorcio micorrícico y la asociación de estos con el fertilizante no fueron significativos. Otro resultado se relacionó con la calidad de las plantas, ya que esta fue mejor en aquellos tratamientos que incluyeron fertilizantes orgánicos y para el tratamiento control y también se encontró que la especie no tolera pH ácidos de los factores empleados en su propagación. Hasta el momento, el efecto de las micorrizas en la calidad de plántulas producidas en viveros no había sido documentado para esta especie, por lo tanto, estos resultados pueden ayudar a mejorar la calidad de plántulas en vivero de una especie con reciente potencial económico.

**Palabras clave:** ectomicorrizas, endomicorrizas, abono compuesto, abonos orgánicos, índice de calidad de plántula, plántula de Ramón.

**Abstract:** The forest species *Brosimum alicastrum* is naturally distributed in the absence of silvicultural management. Because of its high potential for animal and human food, its demand has increased, and with it the need to generate research on its propagation in nurseries. The objective of this research was to evaluate the effect of different mycorrhizal consortia and the type of fertilization on the quality of seedlings produced by seed in the nursery. Factor treatments of five levels of mycorrhizae (commercial, Hopelchén, Conkal, Ramón, and without mycorrhiza), two types of fertilizers (osmocote®, and bio2®), and one control treatment (without mycorrhiza and fertilizer) were evaluated. The main variables evaluated were aerial and radical dry weight as indicators of seedling quality. Fertilization improved the quality of the seedlings, while the mycorrhizal consortium and the association of these with the fertilizer were not significant. The quality of the plants was better in those treatments that included organic fertilizers and for the control treatment. It was also found that the species does not tolerate the acidic pH of the factors used in its propagation. Until now, the effect of mycorrhizae on the quality of nursery seedlings has not been documented for this species. Therefore, these results can help improve the quality of nursery seedlings of a species with recent economic potential.

**Keywords:** ectomycorrhizas, endomycorrhizas, compound fertilizers, organic fertilizers, seedling quality index, Ramón seedling.



## Introducción

El árbol Ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz), conocido comúnmente también como ojite, ojuch, mojú u oxx (vocablo maya), es un árbol endémico de la familia de las Moraceae y con una amplia distribución en Mesoamérica (Clement & Weiblen, 2009). Su semilla, su follaje, su látex y su madera tienen un alto potencial económico, tanto para la alimentación (animal y humana) como para los usos medicinales y culturales (Ramírez-Sánchez et al., 2017), sin embargo, pese a ser una especie útil, se distribuye mayormente de manera silvestre en selvas perennifolias y caducifolias (Santillán Fernández et al., 2021).

En 2019, *B. alicastrum* Sw. fue incluido como una especie prioritaria en el programa del Gobierno Federal de México denominado “Sembrando Vida”, cuyo objetivo es propagar esta y otras especies con fines de reforestación (Comisión Nacional Forestal, 2021). Este hecho, aunado a la importancia del árbol Ramón como un recurso local (Ramírez-Sánchez et al., 2017), incrementó la demanda de sus ejemplares (planta y fruto) y con ello la necesidad de generar investigación respecto a la silvicultura de la especie (Santillán Fernández et al., 2021).

En el establecimiento de plantaciones se requieren árboles con características fenotípicas y genotípicas que permitan un mejor desempeño de las plantas en campo, por lo que el método de propagación para la obtención del germoplasma es clave para un buen manejo silvícola (Hernández-González et al., 2015). La propagación puede ser de manera sexual (semilla) o asexual (estaca, acodo o injerto). En la reproducción sexual de los árboles, los progenitores pueden heredar características deseables como indeseables (Molina-Escalante et al., 2015) y para mejorar la calidad de plántulas, el manejo en vivero es primordial, desde la selección de la semilla, los sustratos, la fertilización y el riego (Sáenz-Reyes et al., 2014).

La calidad de plántulas se define como la capacidad que tienen los individuos para desarrollarse en las condiciones climáticas y edáficas del sitio de plantación, donde esta capacidad responde a la genética del germoplasma y las técnicas de propagación (Sáenz-Reyes et al., 2014). En la evaluación de calidad de plántulas en vivero, un error usual es comparar de forma independiente el efecto de los tratamientos empelados en cada una de las variables evaluadas, ya sea para la parte aérea o radical de las plántulas (Rueda-Sánchez et al., 2014).

Además, la parte aérea de las plántulas tiende a desarrollarse más rápido que su sistema radical, la cual es la que finalmente dará soporte en el momento de su plantación (Negreros-Castillo et al., 2010). Para evaluar la calidad de las plántulas producidas en vivero se han propuesto indicadores morfológicos que asocian la parte aérea de las plántulas con su sistema radical, como el índice de robustez, el índice de Dickson y el índice de lignificación (Sáenz-Reyes et al., 2014). Para la producción de plántulas en vivero, la combinación de factores como temperatura, exposición a horas luz, riego y nutrición inciden de manera directa en el crecimiento de las plantas; siendo el riego y la nutrición los factores donde se puede incidir más para mejorar la calidad de las plántulas (Rueda-Sánchez et al., 2014). Aunque el riego es esencial para el desarrollo de las plántulas, una mala nutrición provoca individuos de baja calidad (Alarcón-Vera, 2006).

En la búsqueda de estrategias que mejoren de manera considerable la calidad de las plántulas en vivero, se ha observado para el caso de especies forestales tropicales que esta calidad aumenta

cuando se establecen asociaciones con hongos micorrícicos en comparación a cuando solo se emplean fertilizantes minerales (Ramírez-Gómez et al., 2018), sin embargo, también se ha observado que los consorcios micorrícicos nativos de los sitios donde naturalmente se distribuye la especie tienen un mayor efecto en la calidad de la planta (Zulueta Rodríguez et al., 2010).

Al proceso de simbiosis entre determinados tipos de hongos y raíces de las plantas se le denomina micorriza y esto ayuda a mejorar la absorción de nutrientes y agua (Galindo-Flores et al., 2015). Así, la interacción de micorrizas con fertilizantes orgánicos ricos en fósforo mejora sustancialmente la calidad de plántulas en vivero de especies forestales, debido a que los consorcios micorrícicos requieren de la presencia de fósforo (Arias-Mota et al., 2019). Por su parte, Tuesta-Pinedo et al. (2017) encontraron que, en la asociación de micorrizas con fertilizantes, un factor que condiciona la simbiosis es el pH de los materiales combinados. Por su morfología y estructura, los hongos formadores de micorrizas se clasifican en: ectomicorrizas, las cuales son asociaciones que no penetran en el interior de las células de la raíz (Carrera-Nieva & López-Ríos, 2004) y endomicorrizas, las cuales se caracterizan por colonizar intracelularmente el córtex radical y que son de seis tipos, en función del tipo de hongo: ectendomicorrizas, arbutoides, monotropoides, ericoides, orquidioides y arbusculares (Ramírez-Gómez et al., 2018).

Los estudios sobre el manejo de plántulas en vivero para *B. alicastrum* son escasos (Santillán Fernández et al., 2021) y los que se han desarrollado se han centrado en evaluar la calidad de las plántulas en función de los sustratos (Pérez-de la Cruz et al., 2012), la fertilización (Rueda-Sánchez et al., 2014) y los contenedores (Santillán Fernández et al., 2021), por lo tanto, la información generada en torno al efecto de las micorrizas en la calidad de plántulas para el árbol Ramón es insuficiente, aun cuando se ha comprobado su eficacia en especies forestales de clima templado (Castillo-Guevara et al., 2012) y tropical (Ballina-Gómez et al., 2017).

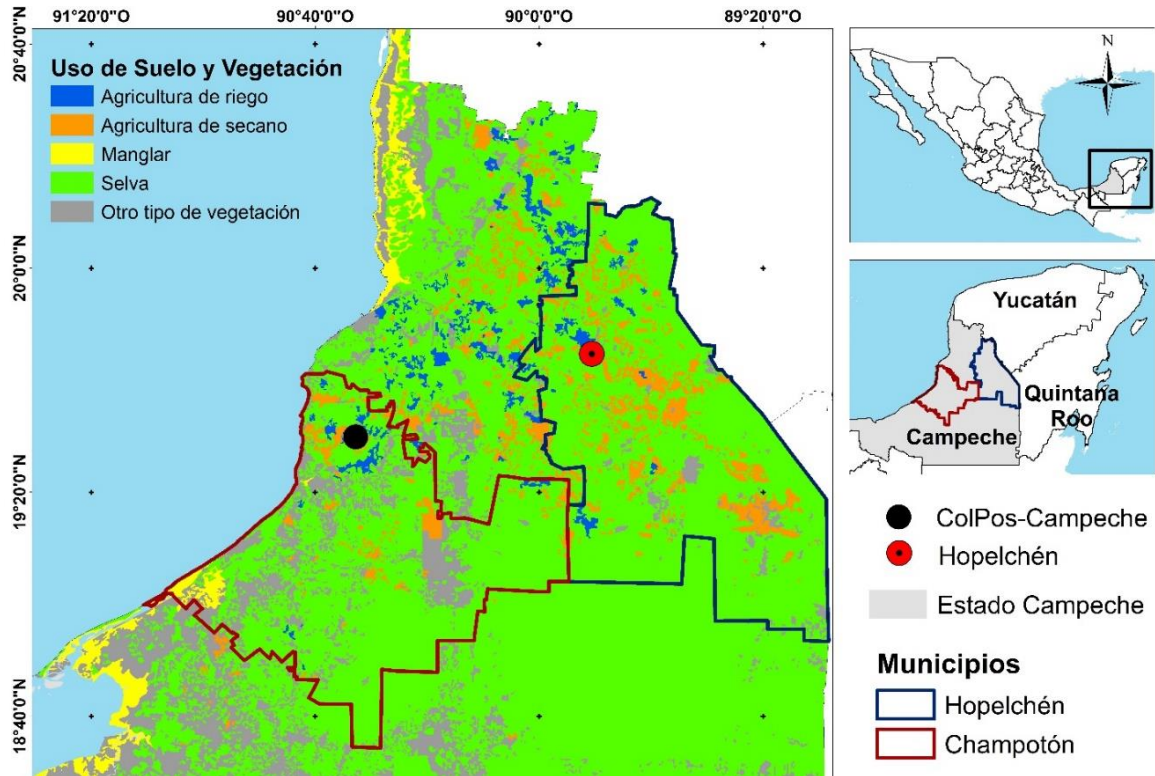
Bajo este contexto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diferentes consorcios micorrícicos y del tipo de fertilización en la calidad de plántulas producida mediante semilla en vivero. Para ello, se empleó un diseño experimental con arreglo factorial en bloques al azar y se analizaron algunos parámetros morfológicos vegetativos como indicadores de la calidad de las plántulas. La hipótesis de partida es que existe un efecto positivo en el crecimiento de la plántula de *B. alicastrum* cuando se emplean consorcios micorrícicos en su propagación por semilla en vivero.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

El trabajo se realizó en un vivero forestal ubicado en las instalaciones del Colegio de Postgraduados, campus Campeche (ColPos-Campeche), en el municipio de Champotón del estado de Campeche, México y donde las semillas de *B. alicastrum* fueron recolectadas de la localidad de Hopelchén, al norte del estado (figura 1). Esta región se caracteriza por una cobertura de selva media subperenifolia y selva alta perenifolia, con suelos arcillosos,

precipitaciones promedio anuales de 600 a 4000 mm, con épocas de estiaje de tres a siete meses, una temperatura media anual de 18 °C a 27 °C y una altitud de 20 a 1000 m s.n.m. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2018).



**Figura 1.** Ubicación espacial de la localidad donde se recolectaron las semillas de *B. alicastrum* y el vivero donde se realizó el experimento para evaluar el efecto de las micorrizas y la fertilización en la calidad de las plántulas

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2018)

### Pruebas de viabilidad de las semillas de *B. alicastrum*

En junio del 2021 se recolectaron semillas de Ramón en la localidad de Hopelchén. Para la recolecta de las semillas se siguió la metodología descrita por Vallejos et al. (2010), se seleccionaron los árboles con las mejores características fenotípicas (dasométricas) y con una distancia mínima de 100 m entre árboles seleccionados. El germoplasma se recolectó en bolsas esterilizadas de plástico que fueron trasladadas a las instalaciones del Colegio de Postgraduados, campus Campeche, y para determinar la viabilidad de germinación de las semillas, se seleccionaron al azar cuatro réplicas de seis semillas por réplica, las cuales fueron sometidas a una prueba de viabilidad con cloruro de tetrazolio al 0,5 %, conforme a la metodología descrita por Orantes-García et al. (2013). Una vez determinado el potencial de germinación, se colocaron 400 semillas en charolas germinadoras de 200 cavidades por charola, con una capacidad por cavidad de 23 ml, el sustrato empleado fue arena previamente esterilizada con vapor a presión

en autoclave a  $15 \text{ lb h}^{-1}$  durante tres días consecutivos. Así, se germinaron las semillas para garantizar las suficientes plántulas para un diseño experimental balanceado.

### Diseño experimental

El experimento se estableció en julio del 2021, con un diseño de bloques al azar con arreglo factorial incompleto, con cinco niveles de origen de las micorrizas (comercial, Hopelchén, Conkal, Ramón y sin micorriza), dos tipos de fertilizante (Osmocote® y Bio2®) y un tratamiento control (sin micorrizas y sin fertilizante). La combinación de los niveles de los factores evaluados más el testigo por control dio como resultado 11 tratamientos, los cuales fueron distribuidos completamente al azar en tres bloques con diez repeticiones por tratamiento por bloque, con un total de 330 plántulas evaluadas.

Para su evaluación en vivero, las plántulas germinadas mediante semilla en arena fueron extraídas a los 30 días de sembradas, cuando alcanzaron su segunda hoja verdadera. Se removió la arena de tal manera que no se dañara la raíz. Todas las unidades experimentales se trasplantaron en tubetes de 310 ml con un sustrato compuesto por 60 % de *peat moss*, 20 % de vermiculita y 20 % de perlita, la cual se caracteriza por un pH neutro con alta porosidad y capacidad de retención de humedad (Santillán Fernández et al., 2021). Estas unidades experimentales fueron aleatorizadas en condiciones homogéneas en un vivero, mediante un diseño experimental, y se les aplicó un riego manual cada tres días conforme a la retención de humedad del sustrato utilizado (Masaguer & López-Cuadrado, 2006).

### Identificación de micorrizas, inoculación y aplicación

Para la identificación taxonómica de los hongos formadores de micorrizas de los consorcios Hopelchén, Conkal y Ramón, se siguió la metodología descrita por Zulueta Rodríguez et al. (2010) y se purificaron en un laboratorio mediante co-cultivos hasta que generaron colonias puras. En el caso del consorcio Tecmyc®, los datos fueron obtenidos de su etiqueta. En la tabla 1 se describen las propiedades fisicoquímicas de las micorrizas y los fertilizantes utilizados. Es de aclarar que este estudio no midió el nivel de infección de las micorrizas en la raíz de las plántulas, debido a que el objetivo era determinar la promoción de crecimiento, además de que se emplearon consorcios donde la mezcla de varias micorrizas dificulta la cuantificación de la colonización (Martínez et al., 2007).

Los inóculos de las micorrizas en estado líquido fueron aplicados en proporciones de 10 ml por plántula y en el caso de los inóculos en estado sólido se pesaron 5 gr por plántula en una balanza analítica. Las micorrizas de Ramón se obtuvieron después de moler en un mortero raíces frescas con parte del suelo de donde fueron extraídas, para después diluirlas en agua durante 24 horas, donde la solución resultante fue aplicada en proporciones de 10 ml por plántula. La aplicación se dio al momento de trasplantar las plántulas a los tubetes, donde se añadieron los inóculos micorrícicos de acuerdo con el correspondiente tratamiento y poniéndolos en contacto directo con la raíz de la plántula; en el caso de los inóculos líquidos se utilizó una jeringa graduada y para los inóculos en estado sólido se aplicó con una cuchara. El fertilizante mineral Osmocote® se aplicó en una proporción de 5 gr por plántula y para el caso del fertilizante orgánico Bio2® se

diluyeron 10 gr en 250 ml por plántula. El fertilizante Osmocote® se aplicó mezclado con el sustrato y el Bio2® se aplicó en el primer riego.

**Tabla 1.** Características de las micorrizas y los fertilizantes empleados para evaluar su efecto en la calidad de plántulas en vivero de *B. alicastrum* Sw.

	Factor	Compuesto	Tipo	pH	Consistencia
Micorrizas	Comercial (nombre de venta Tecmyc®)	<i>Glomus fasciculatum</i> , <i>Glomus constrictum</i> , <i>Glomus tortuosum</i> , <i>Glomus geosporum</i> , <i>Acaulospora scrobiculata</i> y <i>Gigaspora margarita</i> .	Endomicorrizas /arbuscular	6,5-7,5	Polvo
	Hopelchén	<i>Suillus spp.</i> , <i>Rhizopogon spp.</i> , <i>Cenococcum spp.</i> , <i>Entrophospora spp.</i> , <i>Thelefora spp.</i> y <i>Acaulospora spp.</i>	Ectomicorrizas	5,5-6,5	Líquido
	Conkal	<i>Glomus intraradices</i>	Endomicorrizas /arbuscular	6,5-7,5	Polvo
	Ramón	<i>Glomus intraradices</i> y <i>Glomus sinuosum</i>	Endomicorrizas /arbuscular	6,5-7,5	Líquido
Fertilizantes	Osmocote®	Nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio	Mineral	6,5-7,5	Granulado
	Bio2®	Ácidos carboxílicos, oxiácidos orgánicos naturales y complejo orgánico fúlvico	Orgánico	6.5-7.5	Polvo

Fuente: Elaboración propia con datos del laboratorio

A los 120 días de establecido el experimento, se seleccionaron al azar 20 plántulas por tratamiento y se les midió específicamente en la parte aérea: altura (abreviada como H, medida en cm), diámetro basal (D, mm), número de hojas (HO), biomasa en verde o fresca (PVB, hojas y tallo, gr) y biomasa en seco (PSB, gr). Para el caso de la raíz se evaluó: longitud (LR, cm), diámetro del cuello de la raíz (DR, mm), peso en verde o fresco (PVR, gr) y peso en seco (PSR, gr). La biomasa seca de la plántula y la raíz se obtuvo en una balanza analítica después de extraer el material vegetativo de una estufa con circulación de aire forzado a 70 °C durante 24 horas.

### Análisis estadístico

El diseño experimental propuesto se evaluó durante 4 meses, de julio a octubre del 2021. Los datos obtenidos fueron analizados a través del análisis de varianza y por la separación de medias con prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). Mediante la correlación de Pearson ( $\alpha = 0,05$ ) se estableció la asociación que guardan entre sí las variables de la parte aérea de la plántula con las variables de la raíz.

Además, con la finalidad de agrupar aquellos tratamientos que tuvieron efectos similares en la calidad de las plántulas en vivero de *B. alicastrum* Sw., se desarrolló un análisis de conglomerados (dendrograma: las diferencias entre los tratamientos fueron calculadas mediante el método de distancia euclidiana y el agrupamiento por el método de Ward) y un análisis de componentes principales (ACP, por el método basado en correlaciones).

Para los grupos formados por el dendrograma y el ACP se calcularon sus diferencias estadísticas por la prueba de medias de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) y se representaron mediante diagramas de caja, tanto para las variables de la parte aérea de las plántulas como para las de la raíz. Los análisis estadísticos fueron desarrollados en el *software* estadístico R de libre acceso (The R Project for Statistical Computing, 2021).

### Índice de calidad de plántulas

Para determinar la calidad de plántulas de *B. alicastrum* producida mediante semilla en vivero, se construyeron seis indicadores morfológicos y un indicador fisiológico (tabla 2), con la finalidad de evitar la selección de plántulas desproporcionadas y descartar ejemplares de menor altura, pero con mayor vigor. Los indicadores y los umbrales para diferenciar entre calidad de plántula alta, media y baja fueron construidos de acuerdo con lo propuesto para especies forestales tropicales por Rueda-Sánchez et al. (2012), Rueda-Sánchez et al. (2014), Sáenz-Reyes et al. (2014) y Santillán Fernández et al. (2021).

**Tabla 2.** Indicadores morfológicos y fisiológicos para determinar la calidad de la plántula de *B. alicastrum* producida mediante semilla en vivero

Indicador		Calidad		
Nombre	Tipo	Alta	Media	Baja
Altura (H, cm)	Morfológico	> 25,0	15,0 a 24,9	< 14,9
Diámetro basal (D, mm)	Morfológico	> 4,0	2,5-3,9	< 2,5
Índice de robustez (IR)	Morfológico	< 6,0	6,1-8,0	> 8,0
Relación altura: longitud de raíz (R H:LR)	Morfológico	$\leq$ 2,0	2,1-2,5	> 2,5
Relación peso en seco de la biomasa: peso en seco de la raíz (R PSB:PSR)	Morfológico	< 2,0	2,1-2,5	> 2,5
Índice de calidad de Dickson (ICD)	Morfológico	$\geq$ 0,50	0,49-0,20	< 0,20
Índice de lignina (IL, %)	Fisiológico	$\geq$ 20,0	10,1-20,0	< 10,0

Fuente: Elaboración propia con datos recabados mediante revisión bibliográfica

## Resultados y discusión

### Pruebas de viabilidad de las semillas de *B. alicastrum*

El total de semillas (cuatro réplicas de seis semillas por réplica) sometidas a la prueba de viabilidad con cloruro de tetrazolio al 0,5 % (CTT), se tiñeron de rojo por completo. De acuerdo con la metodología descrita por Orantes-García et al. (2013), cuando las células vivas del embrión de la semilla respiran activamente (tienen mayor probabilidad de germinación), la prueba de CTT las tiñe de color rojo y, en el caso de las células muertas, estas conservan el color original del embrión, por lo que la intensidad en la tinción indica una mayor probabilidad de germinación (Mancipe-Murillo et al., 2018), sin embargo, a pesar de que las semillas presentaron un 100 % en el potencial de germinación, de las 400 semillas que se pusieron a germinar en arena, solo 367 germinaron (91,75 %) en un periodo de 8 a 10 días, esto se explica por la propiedad recalcitrante de las semillas de *B. alicastrum*, que son más propensas a perder viabilidad en los primeros 20 días después de su colecta (Magnitskiy & Plaza, 2007), por lo que para su manejo en vivero Mancipe-Murillo et al. (2018) se recomienda almacenar las semillas en temperaturas inferiores a los 5 °C para elongar su viabilidad.

### Efecto de las micorrizas y la fertilización en la calidad de plántulas

Las variables aéreas fueron influenciadas significativamente ( $p < 0,05$ ) por los factores micorrizas y fertilizante, mientras que la interacción de micorrizas  $\times$  fertilizante no afectó estadísticamente estas variables ( $p > 0,05$ ), a excepción de la altura de la planta. Para el caso de las variables radicales, la interacción de micorrizas  $\times$  fertilizante tampoco fue estadísticamente significativa ( $p > 0,05$ ) y nuevamente los factores micorrizas y fertilizante fueron estadísticamente significativos ( $p < 0,05$ ) (tabla 3).

Estos resultados contrastan con lo reportado por Martínez et al. (2007), quienes encontraron que la calidad de plántulas de especies forestales de climas templados fue significativamente mayor cuando se aplicó fertilizante y micorrizas en un mismo momento, que cuando se aplicaron por separado ambos factores, sin embargo, de acuerdo con Pérez-de la Cruz et al. (2012) y Hernández-González et al. (2015), la calidad de las plántulas en vivero de *B. alicastrum* se ha asociado más al tipo de sustrato, por encima de la fertilización y el riego.

Todas las variables del sistema aéreo lograron un mayor crecimiento con el fertilizante Osmocote® en relación con el Bio2® y al tratamiento sin fertilización (SF), con excepción del diámetro de tallo, donde ninguno de los fertilizantes mostró un buen desempeño, incluso con promedios menores al tratamiento SF. Para el caso de las variables del sistema radical, el tratamiento SF alcanzó los mayores promedios con relación a ambos fertilizantes (tabla 4), lo cual evidencia que para *B. alicastrum* a nivel de vivero no sería necesaria la fertilización para promover el crecimiento de su sistema radical (Santillán Fernández et al., 2021).



**Tabla 3.** Análisis de varianza para determinar el efecto de las micorrizas y la fertilización en la calidad de las plántulas de *B. alicastrum* Sw. reproducidas mediante semilla en vivero

Sistema	Variable	Micorriza		Fertilizante		Micorriza × fertilizante	
		F-Valor	Pr > F	F-Valor	Pr > F	F-Valor	Pr > F
Aéreo	Altura (cm)	74,37	< 0,0001***	41,15	< 0,0001***	7,01	<0,0001***
	Diámetro tallo (mm)	76,59	< 0,0001***	3,21	0,0417*	1,78	0,2333
	Hojas (número)	37,82	< 0,0001***	18,60	< 0,0001***	1,69	0,2002
	Biomasa verde (gr)	3,7	0,0111*	55,44	< 0,0001***	1,54	0,1680
	Biomasa seca (gr)	9,73	< 0,0001***	38,37	< 0,0001***	1,53	0,1533
Radical	Longitud (cm)	2,16	0,0890	7,10	0,0002***	0,21	0,8128
	Diámetro (mm)	7,24	0,0001***	3,48	0,0394*	0,2	0,9367
	Peso verde (gr)	8,91	< 0,0001***	8,36	0,0008***	1,58	0,1966
	Peso seco (gr)	11,07	< 0,0001***	3,44	0,0411*	0,62	0,6539

Notas aclaratorias: P-valores: \* < 0,05, \*\* < 0,01 y \*\*\* < 0,001.

Fuente: Elaboración propia con datos recabados mediante un diseño experimental

El efecto de las micorrizas en el crecimiento de las variables evaluadas del sistema aéreo y radical fue estadísticamente similar, a excepción de cuando se emplearon las micorrizas de Hoppelchén, donde se encontraron los efectos más bajos (tabla 5), sin embargo, en los tratamientos donde se aplicaron micorrizas de Ramón o no se aplicaron micorrizas, se obtuvieron matemáticamente las mejores medias para las variables evaluadas. De acuerdo con Zulueta Rodríguez et al. (2010), este hecho se puede explicar debido a que las interacciones simbióticas en *B. alicastrum* son muy específicas con especies nativas de micorrizas, por lo que cuando los consorcios utilizados son inespecíficos, la simbiosis es poco eficiente.

**Tabla 4.** Prueba de medias por Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) para determinar el efecto del tipo de fertilizante en la calidad de plántulas de *B. alicastrum* Sw. reproducidas mediante semilla en vivero

Sistema	Variable	Fertilizante		
		Osmocote®	Bio2®	Sin fertilizante
Aéreo	Altura (cm)	32,50 A	22,09 C	28,34 B
	Diámetro tallo (mm)	3,13 AB	2,91 B	3,34 A
	Número de hojas	7,41 A	5,38 B	6,30 AB
	Biomasa seca (gr)	2,58 A	1,08 B	1,13 B
Radical	Longitud (cm)	14,37 A	14,36 A	14,58 A
	Diámetro (mm)	3,80 AB	3,45 B	4,16 A
	Peso verde (gr)	1,23 AB	0,96 B	1,43 A
	Peso seco (gr)	0,77 A	0,62 A	0,81 A

Notas aclaratorias: medias con la misma letra por fila no son estadísticamente diferentes (Tukey  $\alpha = 0,05$ ). Fuente: Elaboración propia con datos recabados mediante un diseño experimental

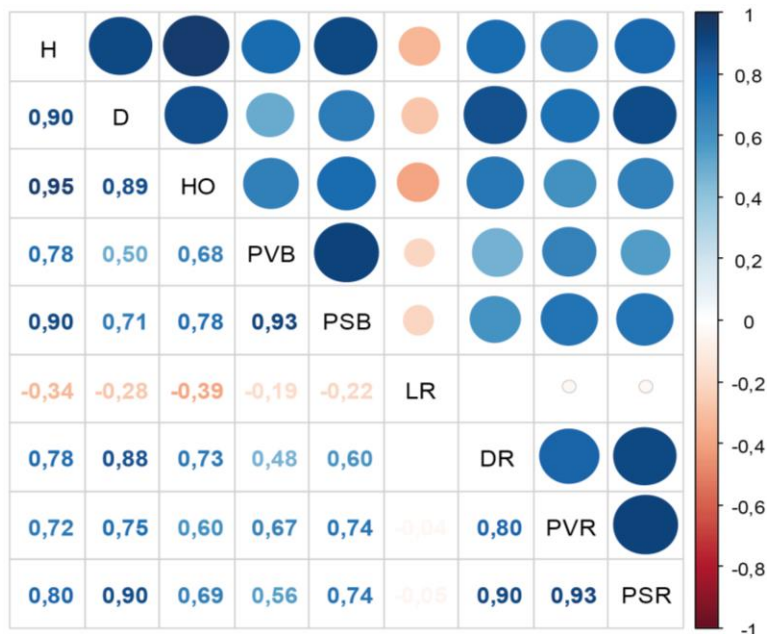
**Tabla 5.** Prueba de medias por Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) para determinar el efecto del tipo de micorriza en la calidad de las plántulas de *B. alicastrum*, reproducidas mediante semilla en vivero

Sistema	Variable	Consorcio micorriza				
		Ramón	Sin micorriza	Comercial	Conkal	Hopelchén
Aéreo	Altura (cm)	33,80 A	31,52 A	31,29 A	30,84 A	7,45 B
	Diámetro tallo (mm)	3,69 A	3,52 A	3,43 A	3,34 A	1,03 B
	Número de hojas	7,57 A	7,20 A	7,43 A	7,05 A	2,27 B
	Biomasa seca (gr)	2,26 A	1,90 A	2,04 A	1,89 A	0,68 B
Radical	Longitud (cm)	14,29 A	14,47 A	13,83 A	14,56 A	14,70 A
	Diámetro (mm)	4,03 A	3,85 A	3,80 A	3,89 A	2,70 B
	Peso verde (gr)	1,19 AB	1,39 A	1,06 B	1,17 AB	0,70 C
	Peso seco (gr)	0,78 A	0,85 A	0,75 A	0,76 A	0,30 B

Notas aclaratorias: medias con la misma letra por fila no son estadísticamente diferentes (Tukey  $\alpha = 0,05$ ).

Fuente: Elaboración propia con datos recabados mediante un diseño experimental

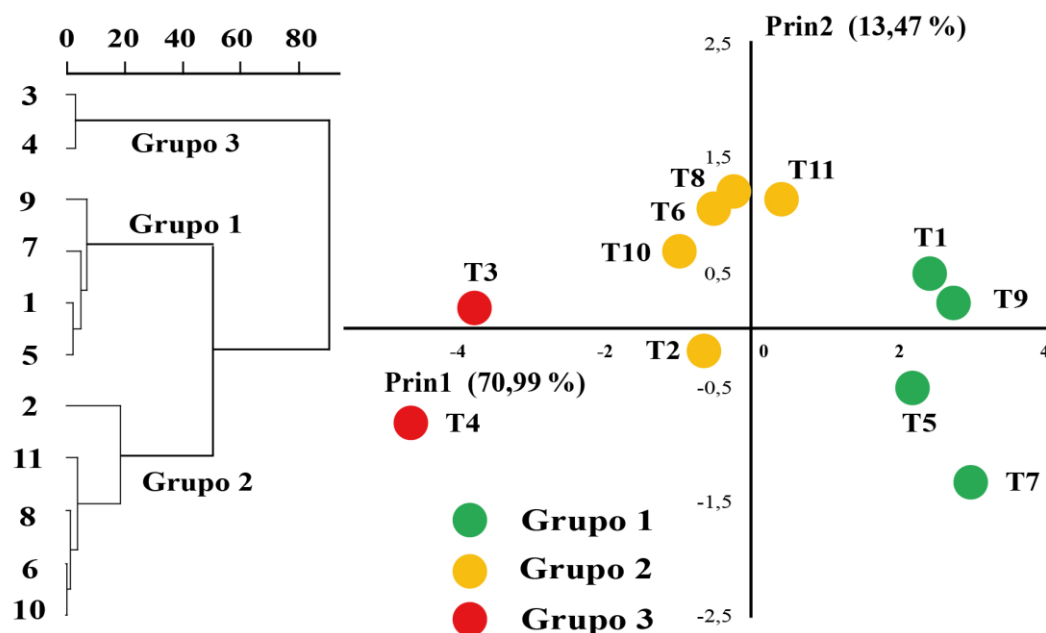
Al asociar mediante la correlación de Pearson las variables del sistema aéreo de las plántulas con las variables del sistema radical, se encontró una relación alta y directamente proporcional ( $\rho > 0,50$ ) en ocho de las nueve variables analizadas (figura 2). Como se esperaba, la longitud de la raíz (LR) se asoció inversamente proporcional con la altura de las plántulas (H), ya que de acuerdo con Negreros-Castillo et al. (2010) en la evaluación de las plántulas en vivero, la parte aérea se desarrolla más rápido que su sistema radical.



**Figura 2.** Matriz de correlación de Pearson que asocia las variables del sistema aéreo de las plántulas de *B. alicastrum* con las variables de su raíz, propagadas mediante semilla en vivero, donde se evaluó el efecto de micorrizas, fertilizante y su interacción en la calidad de plántulas.

Fuente: Elaboración propia con datos recabados mediante un diseño experimental

En el ACP se encontró que el primer componente (Prin1) agrupó a las variables H (valor del eigenvector 0,382), D (0,366), HO (0,356), PVB (0,309), PSB (0,354), DR (0,341), PVR (0,342) y PSR (0,360), y explicó el 70,99 % de la varianza total de los datos. El segundo componente (Prin2) agrupó a la variable LR (0,796) que explicó el 13,47 %; entre ambos componentes explicaron el 84,46 % de la varianza total de los datos. La dispersión de los eigenvalores de cada uno de los 11 tratamientos permitió agrupar y diferenciar tres grupos que fueron reafirmados mediante el dendrograma del análisis de clúster (figura 3).



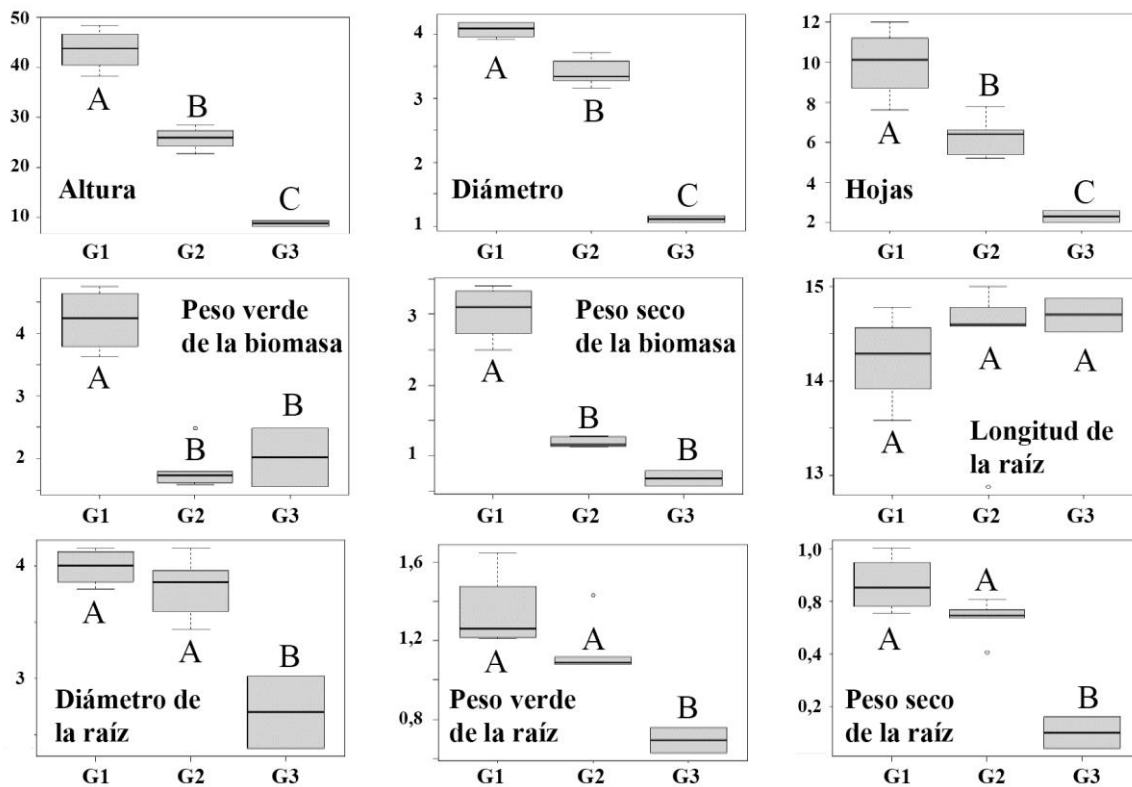
**Figura 3.** Agrupación de tratamientos por técnicas multivariadas en función del efecto que tuvieron en la calidad de las plántulas de *B. alicastrum* propagadas mediante semilla en vivero

Fuente: Elaboración propia con datos recabados mediante un diseño experimental

El factor que más influyó en la formación de los grupos fue el asociado a la fertilización e implícitamente al pH neutro o ligeramente alcalino de los compuestos utilizados. En la figura 3 se observa que en el grupo 1 se juntaron los tratamientos donde el fertilizante utilizado fue Osmocote®, en el grupo 2 el fertilizante Bio2® y el testigo por control; y en el grupo 3 al parecer el pH ácido de las micorrizas de Hopelchén influyó para que fueran los tratamientos con las características menos deseables para la calidad de las plántulas de *B. alicastrum* producidas mediante semilla en vivero.

La prueba de medias por Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) por grupo diferenciado para las variables de la parte aérea de las plántulas, como para las variables de la raíz, reveló que las mejores medias correspondieron al grupo 1, formado por los tratamientos que incluyeron el fertilizante Osmocote® (figura 4), sin embargo, de acuerdo con Negreros-Castillo et al. (2010), en la calidad de plántulas en vivero, no solo se deben evaluar las variables por separado, sino que debe haber una correspondencia entre variables aéreas y radicales. Para ello, Sáenz-Reyes et al. (2014)

proponen algunos índices que asocian la parte aérea de las plántulas con su sistema radical, para determinar si las plántulas producidas en vivero tienen la calidad para sobrevivir a una plantación.



**Figura 4.** Prueba de medias por grupo diferenciado para las variables del sistema aéreo y radical de las plántulas de *B. alicastrum* propagadas mediante semilla en vivero

Notas aclaratorias: medias con la misma letra dentro de cada variable analizada no son estadísticamente diferentes (Tukey  $\alpha = 0,05$ ).

Fuente: Elaboración propia con datos recabados mediante un diseño experimental

### Índice de calidad de plántulas

Al analizar una a una las variables morfométricas de la parte aérea de las plántulas y de su sistema radical, se encontró que las mejores características de plántula correspondieron a aquellas donde se incluyó el fertilizante mineral Osmocote®, sin embargo, mediante la construcción de indicadores de calidad de plántula se encontró que las mejores proporciones entre parte aérea y sistema radical se obtuvieron para aquellos ejemplares donde se utilizó el fertilizante orgánico Bio2®, con calidad de plántula de media a alta (tabla 6).

Tuesta-Pinedo et al. (2017) encontraron que los fertilizantes minerales desarrollan más rápido la parte aérea de las plántulas producidas en vivero, mientras que el efecto de los fertilizantes orgánicos es más evidente en el sistema radical. Sáenz-Reyes et al. (2014) mencionan que, por lo atractivo del sistema aéreo de las plántulas, en los viveros es más frecuente la fertilización

mineral, sin embargo, la evaluación de la calidad de las plántulas mediante índices morfológicos incrementa la probabilidad de adaptación y el desarrollo en una plantación (Rueda-Sánchez et al., 2014).

Analizar la calidad de plántula por el índice de robustez (IR) garantiza la elección de ejemplares resistentes a la desecación por el viento y arbolitos más robustos tienden a adaptarse mejor a sitios con limitada humedad (Sáenz-Reyes et al., 2014), como es el caso del árbol Ramón, que de manera natural crece en terrenos pedregosos con sequías prolongadas (Vega López et al., 2003), mientras que relaciones desproporcionadas de altura (cm): largo de raíz (mm) y peso seco de la biomasa (gr): peso seco de la raíz (gr), indican la existencia de un sistema radical insuficiente para proveer de energía a la parte aérea de la planta, la cual se agrava cuando las plantas se desarrollan en sitios con escasas de agua (Rueda-Sánchez et al., 2014).

En estos casos, el índice de calidad de Dickson (ICD) es el más utilizado para evaluar la calidad de plántulas en vivero, ya que expresa el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez, lo que evita seleccionar plantas desproporcionadas y descartar ejemplares de menor altura, pero con mayor vigor (Sáenz-Reyes et al., 2014). Respecto al índice de lignina, destaca el hecho de que los ejemplares de todos los tratamientos tuvieron porcentajes altos de lignina, lo que sugiere que la fisiología del árbol Ramón tiende a producir altos niveles de este biopolímero, algo que ya ha sido documentado previamente por Pech-Cohuo et al. (2022).

Finalmente, la calidad de plántula de *B. alicastrum*, evaluada como alta, se encontró en aquellos tratamientos donde se asoció el fertilizante orgánico Bio2® con micorrizas provenientes de la misma especie (Ramón) y para el testigo por control que no utilizó ni fertilizante ni micorrizas (tabla 6). Estos resultados coinciden con lo reportado por Pérez-de la Cruz et al. (2012) y Santillán Fernández et al. (2021), quienes encontraron que el tipo de sustrato y de riego en el vivero condicionan el desarrollo de las plántulas de *B. alicastrum*, aún más que la fertilización; sin embargo, para el presente estudio se debe considerar que no se realizó una evaluación definitiva en campo para determinar la adaptación y el vigor de las plántulas; además de que los indicadores de las raíces fueron medidos en recipientes relativamente pequeños, lo que pudo limitar el total desarrollo de las raíces. También se debe considerar que, en la construcción para el índice de calidad de plántulas, todas las variables se ponderaron con el mismo peso.

**Tabla 6.** Indicadores de calidad de plántula de *B. alicastrum* producida mediante semilla en vivero, donde se evaluó el efecto de las micorrizas y la fertilización en la calidad de plántulas

Tratamiento	Fertilizante	Micorriza	Indicadores de calidad de plántulas de <i>B. alicastrum</i>							Calidad plántulas*
			H	D	IR	R H:LR	R PSB:PSR	ICD	IL	
T1	Osmocote®	Comercial	44,9 (A)	4,18 (A)	11,21 (B)	3,04 (B)	3,36 (B)	0,27 (M)	81 (A)	Baja
T2	Bio2®	Comercial	28,56 (A)	3,58 (M)	8,39 (B)	2,23 (M)	1,84 (A)	0,18 (B)	69 (A)	Media
T3	Osmocote®	Hopelchén	8,3 (B)	1,06 (B)	2,76 (A)	0,58 (A)	3,32 (B)	0,06 (B)	35 (A)	Baja
T4	Bio2®	Hopelchén	9,4 (B)	1,16 (B)	4,84 (A)	0,66 (A)	3,62 (B)	0,02 (B)	41 (A)	Baja
T5	Osmocote®	Conkal	42,72 (A)	4,18 (A)	11,52 (B)	2,97 (B)	3,18 (B)	0,23 (M)	62 (A)	Baja
T6	Bio2®	Conkal	24,26 (M)	3,28 (M)	6,32 (M)	1,65 (A)	1,65 (A)	0,23 (M)	70 (A)	Media
T7	Osmocote®	Ramón	48,4 (A)	4,10 (A)	11,83 (B)	3,56 (B)	4,10 (B)	0,25 (M)	67 (A)	Baja
T8	Bio2®	Ramón	27,32 (A)	3,72 (M)	6,99 (M)	1,82 (A)	1,76 (A)	0,22 (M)	71 (A)	Alta
T9	Osmocote®	SM	38,3 (A)	3,92 (M)	11,15 (B)	2,69 (B)	3,44 (B)	0,33 (M)	71 (A)	Baja
T10	Bio2®	SM	22,8 (M)	3,16 (M)	6,36 (M)	1,56 (A)	1,57 (A)	0,22 (M)	71 (A)	Media
T11	SF	SM	26,02 (A)	3,34 (M)	6,34 (M)	1,78 (A)	1,39 (A)	0,21 (M)	49 (A)	Alta

Notas aclaratorias: **\*Calidad alta (A):** Se refiere a plantas que presentan ausencia absoluta de características indeseables, es decir, que las variables evaluadas se calificaron como de calidad alta (A), aunque se puede aceptar hasta tres valores con calidad media (M), pero en ningún caso valores con calidad baja (B). **Calidad media (M):** se aceptan hasta cuatro valores de calidad media (M) y dos variables con calificación de calidad baja (B). **Calidad baja (B):** son aquellas plantas que presentan tres o más valores de calidad baja (B), es decir, son plantas que tendrán una baja supervivencia y un reducido desarrollo en los sitios de plantación. H = Altura, D = diámetro basal, IR = índice de robustez, R H:LR = relación altura: longitud de raíz, R PSB:PSR = relación peso en seco de la biomasa: peso en seco de la raíz, ICD = índice de calidad de Dickson, IL = índice de lignina y SM = sin micorriza.

Fuente: Elaboración propia con datos recabados mediante un diseño experimental

## Conclusiones

La fertilización mejoró el crecimiento de las plántulas de *B. alicastrum*, mientras que el consorcio micorrícico y la asociación de estos con el fertilizante no fueron significativos. El crecimiento de las plántulas fue mejor en aquellos tratamientos que incluyeron fertilizantes orgánicos y para el tratamiento control (sin micorriza y sin fertilizante); por lo tanto, se sugiere que bajo condiciones similares a las estudiadas es más viable no aplicar fertilizantes minerales ni micorrizas para la producción de plántulas de *B. alicastrum* en viveros. Además, al parecer la especie no tolera pH ácidos de los factores empleados en su propagación.

Hasta el momento, el efecto de las micorrizas en el crecimiento de plántulas producidas en viveros no había sido documentado para esta especie, por lo tanto, estos resultados pueden ayudar a mejorar el crecimiento de plántulas en viveros de una especie con reciente potencial económico.

## Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías (Conahcyt) por la beca otorgada a Ezequiel Espinosa Grande para el desarrollo de la Maestría en Ciencias en Bioprospección y Sustentabilidad Agrícola en el Trópico, en el Colegio de Postgraduados, campus Campeche y por la Catedra-Conahcyt 364: reconversión productiva sustentable para el desarrollo de los productores rurales de Campeche, otorgada a Alberto Santillán Fernández, y a los árbitros que aportaron una mejora a la estructura del artículo.

## Contribución de los autores

Ezequiel Espinosa Grande: toma de datos en campo y análisis de la información; Bruno Manuel Chávez-Vergara: análisis de la información y redacción del manuscrito original; Arely Anayansi Vargas-Díaz: análisis de la información y redacción del manuscrito final; Alfredo Esteban Tadeo Noble: elaboración de mapas cartográficos y revisión de datos; Jaime Bautista-Ortega: análisis de información y elaboración de manuscrito original, edición y revisión; Víctor Manuel Cetina Alcalá: conceptualización, análisis de información y elaboración de manuscrito; Luis Alberto Uicab Brito: revisión, seguimiento de resultados y elaboración de manuscrito; Alberto Santillán Fernández: conceptualización y diseño del estudio, análisis estadísticos y redacción del manuscrito final.

## Implicaciones éticas

Los autores declaran que no existen implicaciones éticas en el desarrollo de esta investigación.



## Conflicto de interés

Los autores manifiestan que no existen conflictos de interés en este estudio.

## Financiación

La investigación no contó con apoyo económico para su realización.

## Referencias

- Alarcón-Vera, L. (2006). Nutrición y riego en los viveros. *Horticultura internacional*, 6(1), 52-65. [http://www.horticom.com/Revistasonline/revistas/viveros06/a\\_alarcon.pdf](http://www.horticom.com/Revistasonline/revistas/viveros06/a_alarcon.pdf)
- Arias-Mota, R. M., Romero-Fernández, A. d. J., Bañuelos-Trejo, J., & Cruz-Elizondo, Y. D. (2019). Inoculación de hongos solubilizadores de fósforo y micorrizas arbusculares en plantas de jitomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(8), 1747-1757. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i8.1558>
- Ballina-Gómez, H., Ruiz-Sánchez, E., Ambriz-Parra, E., & Alvarado-López, C. (2017). Efecto de la luz y micorrizas en la germinación de semillas de árboles de selvas secas. *Madera y bosques*, 23(3), 29-37. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2331531>
- Carrera-Nieva, A., & López-Ríos, G. F. (2004). Manejo y evaluación de ectomicorrizas en especies forestales. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 10(2), 93-98. <https://www.redalyc.org/pdf/629/62910204.pdf>
- Castillo-Guevara, C., Lara, C., & Pérez, G. (2012). Micofagia por roedores en un bosque templado del centro de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(3), 772-777. <https://doi.org/10.7550/rmb.27445>
- Clement, W. L., & Weiblen, G. D. (2009). Morphological evolution in the mulberry family (Moraceae). *Systematic Botany*, 34(3), 530-552. <https://doi.org/10.1600/036364409789271155>
- Comisión Nacional Forestal. (2021). *Programa Federal Sembrado Vida*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/bienestar/acciones-y-programas/programa-sembrando-vida>
- Galindo-Flores, G., Castillo-Guevara, C., Campos-López, A., & Lara, C. (2015). Caracterización de las ectomicorrizas formadas por *Laccaria trichodermophora* y *Suillus tomentosus* en *Pinus montezumae*. *Botanical Sciences*, 93(4), 855-863. <https://doi.org/10.17129/botsci.200>
- Hernández-González, O., Vergara-Yoisura, S., & Larqué-Saavedra, A. (2015). Primeras etapas de crecimiento de *Brosimum alicastrum* Sw. en Yucatán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(27), 38-49. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v6n27/v6n27a4.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2018). *Uso de suelo y vegetación: Conjunto de datos vectoriales de la carta de uso de suelo y vegetación. Escala 1:250000. Serie VII. Conjunto Nacional* [Base de datos]. Inegi, México. <https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/default.html#Descargas>
- Magnitskiy, S. V., & Plaza, G. A. (2007). Fisiología de semillas recalcitrantes de árboles tropicales. *Agronomía Colombiana*, 25(1), 96-103. <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v25n1/v25n1a11.pdf>



- Mancipe-Murillo, C., Calderón-Hernández, M., & Pérez-Martínez, L. V. (2018). Evaluación de viabilidad de semillas de 17 especies tropicales altoandinas por la prueba de germinación y la prueba de tetrazolio. *Caldasia*, 40(2), 366-382. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v40n2.68251>
- Martínez, D. B., Barroetaveña, C., & Rajchenberg, M. (2007). Influencia del régimen de fertilización y del momento de inoculación en la micorrización de *Pinus ponderosa* en la etapa de vivero. *Bosque (Valdivia)*, 28(3), 226-233. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002007000300007>
- Masaguer, A., & López-Cuadrado, M. (2006). Sustratos para viveros. *Horticultura Internacional*, 6(1), 44-51. [http://www.horticom.com/Revistasonline/revistas/viveros06/m\\_cruz\\_a\\_masaguer.pdf](http://www.horticom.com/Revistasonline/revistas/viveros06/m_cruz_a_masaguer.pdf)
- Molina-Escalante, M. O., Castillo-Guerra, L. O., Parada-Berrios, F. A., Lara-Ascencio, F., & Linares, A. Y. (2015). Caracterización morfológica *in situ* de Ojushte (*Brosimum alicastrum* Swartz) y su incidencia en la selección de germoplasma de alto potencial nutricional en El Salvador. *Producción Agropecuaria y Desarrollo Sostenible*, 3(1), 61-76. <https://doi.org/10.5377/payds.v3i0.3972>
- Negreros-Castillo, P., Apodaca-Martínez, M., & Mize, C. W. (2010). Efecto de sustrato y densidad en la calidad de plántulas de cedro, caoba y roble. *Madera y Bosques*, 16(2), 7-18. <http://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v16n2/v16n2a1.pdf>
- Orantes-García, C., Pérez-Farrera, M. Á., Rioja-Paradela, T. M., & Garrido-Ramírez, E. R. (2013). Viabilidad y germinación de semillas de tres especies arbóreas nativas de la selva tropical, Chiapas, México. *Polibotánica*, 36(1), 117-127. <http://www.scielo.org.mx/pdf/polib/n36/n36a8.pdf>
- Pech-Cohuo, S. C., Martín-López, H., Uribe-Calderón, J., González-Canché, N. G., Salgado-Tránsito, I., May-Pat, A., Cuevas-Bernardino, J. C., Ayora-Talavera, T., Cervantes-Uc, J. M., & Pacheco, N. (2022). Physicochemical, Mechanical, and Structural Properties of Bio-Active Films Based on Biological-Chemical Chitosan, a Novel Ramon (*Brosimum alicastrum*) Starch, and Quercetin. *Polymers*, 14(7), 1346. <https://doi.org/10.3390/polym14071346>
- Pérez-de la Cruz, S., Orantes-García, C., Garrido-Ramírez, E., & Cruz-López, J. A. (2012). Diferencias en crecimiento y desarrollo de plántulas de mojú (*Brosimum alicastrum* Swartz) en condiciones de vivero. *Lacandonia*, 6(2), 51-57. <https://xdoc.mx/preview/diferencias-en-crecimiento-y-desarrollo-de-plantulas-de-moju-5e69484411477>
- Ramírez-Gómez, M., Peñaranda-Rolon, A., Pérez-Moncada, U. A., & Serralde, D. P. (2018). Biofertilización con hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA) en especies forestales en vivero. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 16(2), 15-25. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-35612018000200015&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-35612018000200015&script=sci_arttext)
- Ramírez-Sánchez, S., Ibáñez-Vázquez, D., Gutiérrez-Peña, M., Ortega-Fuentes, M. S., García-Ponce, L. L., & Larqué-Saavedra, A. (2017). El Ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz) una alternativa para la seguridad alimentaria en México. *Agroproductividad*, 10(1), 80-83. <https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/943>

- Rueda-Sánchez, A., Benavides-Solorio, J. d. D., Prieto-Ruiz, J. Á., Sáenz-Reyez, J., Orozco-Gutiérrez, G., & Molina-Castañeda, A. (2012). Calidad de planta producida en los viveros forestales de Jalisco. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 3(14), 69-82. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v3n14/v3n14a6.pdf>
- Rueda-Sánchez, A., Benavides-Solorio, J. d. D., Saenz-Reyez, J., Muñoz Flores, H. J., Prieto-Ruiz, J. Á., & Orozco Gutiérrez, G. (2014). Calidad de planta producida en los viveros forestales de Nayarit. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 5(22), 58-73. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v5n22/v5n22a5.pdf>
- Sáenz Reyes, J., Muñoz Flores, H. J., Pérez, C. M. Á., Rueda Sánchez, A., & Hernández Ramos, J. (2014). Calidad de planta de tres especies de pino en el vivero "Morelia", estado de Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 5(26), 98-111. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v5n26/v5n26a8.pdf>
- Santillán Fernández, A., Santiago Santes, O. V., Espinosa Grande, E., Huicab Pech, Z. G., Larqué Saavedra, F. A., & Bautista Ortega, J. (2021). Propagación sexual y asexual de *Brosimum alicastrum* Swartz en Campeche, México. *La Granja*, 34(2), 105-116. <https://doi.org/10.17163/lgr.n34.2021.07>
- The R Project for Statistical Computing. (2021). *R version 3.6.1*. <https://www.r-project.org/>
- Tuesta-Pinedo, Á. L., Trigozo-Bartra, E., Cayotopa-Torres, J. J., Arévalo-Gardini, E., Arévalo-Hernández, C. O., Zúñiga-Cernadez, L. B., & Leon-Ttacca, B. (2017). Optimización de la fertilización orgánica e inorgánica del cacao (*Theobroma Cacao* L.) con la inclusión de *Trichoderma endófito* y Micorrizas arbusculares. *Revista Tecnología en Marcha*, 30(1), 67-78. [https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/3086](https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/3086)
- Vallejos, J., Badilla, Y., Picado, F., & Murillo, O. (2010). Metodología para la selección e incorporación de árboles plus en programas de mejoramiento genético forestal. *Agronomía Costarricense*, 34(1), 105-119. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/ac/v34n1/a11v34n1.pdf>
- Vega López, A., Valdez Hernández, J. I., & Cetina Alcalá, V. M. (2003). Zonas ecológicas de *Brosimum alicastrum* Sw. en la costa del Pacífico mexicano. *Madera y Bosques*, 9(1), 27-53. <https://www.redalyc.org/pdf/617/61790102.pdf>
- Zulueta Rodríguez, R., Varela, L., Aguilar Espinosa, S., Trejo Aguilar, D., & Lara Capistrán, L. (2010). Estatus micorrízico de Jacaratia mexicana y hongos formadores de micorriza arbuscular presentes en selvas bajas caducifolias del Golfo de México. *Revista Mexicana de Micología*, 31(1), 37-44. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmm/v31/v31a6.pdf>