

SEP



Enero 2026

Núm. 61

POLIBOTÁNICA



POLIBOTÁNICA

ISSN 1405-2768

ISSN 2395-9525



Núm. 61

Ciencia y
Tecnología

Secretaría de Ciencia, Humanidades,
Tecnología e Innovación

Enero 2026

PÁG.

CONTENIDO

- 1 La familia *Buxaceae* en México
The *Buxaceae* family in Mexico
Rafael Fernández N. | María de la Luz Arreguín Sánchez
- 23 Riqueza de epífitas vasculares en la reserva El Peñón, municipio de Valle de Bravo, Estado de México, México
Vascular epiphyte richness in The Peñón reserve, municipality of Valle de Bravo, Estado de México, Mexico
Ivonne Gomez | Bruno Téllez | Adolfo Espejo-Serna | Ana Rosa López-Ferrari
- 55 Variación de umbrales dnbr y rbr en la detección de incendios forestales en el área Iztaccíhuatl-Popocatepetl México
Variation of dnbr and rbr thresholds in forest fire detection in the Iztaccíhuatl-Popocatepetl area, Mexico
Ederson Steven Cobo Muelas | Pablito Marcelo López Serrano | Daniel José Vega Nieva | Jose Javier Corral Rivas | José López García | Lilia de Lourdes Manzo Delgado
- 75 Dinámica fenológica mensual de especies de bosque mixto.
Monthly phenological dynamics of mixed forest species.
Cynthia Judith Carranza Ojeda | Juan Antonio Reyes Agüero | Carlos Alfonso Muñoz Robles | Anuschka Van't Hooft | Jorge Alberto Flores Cano | José Villanueva Díaz
- 101 Servicios ecosistémicos de provisión en comunidades de pueblos Otomí y Matlazincas del Estado de México, México
Provision of ecosystem services in indigenous communities in the State of Mexico, Mexico
Laura White-Olascoaga | David García-Mondragón | Carmen Zepeda-Gómez
- 115 Comparación de tasas de respiración del suelo en ecosistemas agrícola, agostadero y urbano en una zona semiárida en Juárez, Chihuahua, México
Comparison of soil respiration rates in agricultural, rangeland, and urban ecosystems at semiarid areas in Juárez, Chihuahua, Mexico
Juan Pedro Flores Margez | Alejandra Valles Rodríguez | Pedro Osuna Avila | Dolores Adilene Garcia Gonzalez
- 133 Caracterización ecológica de la zona de proliferación del hongo blanco de pino (*Tricholoma mesoamericanum*) en “El Guajolote” Hidalgo, México
Ecological characterization of the fruiting area of the pine white mushroom (*Tricholoma mesoamericanum*) in “El Guajolote” Hidalgo, Mexico
Alvaro Alfonso Reyes Grimaldo | Ramón Razo Zárate | Oscar Arce Cervantes | Magdalena Martínez Reyes | Jesús Pérez Moreno | Rodrigo Rodríguez Laguna
- 145 Influencia de la variabilidad climática y del fenómeno ENOS en el crecimiento radial de *Pinus rzedowskii* y *P. martinezii* en Michoacán, México
Influence of climate variability and the ENSO phenomenon on the radial growth of *Pinus rzedowskii* and *P. martinezii* in Michoacán, Mexico
Ulises Manzanilla Quiñones | Patricia Delgado Valerio | Teodoro Carlón Allende
- 165 Caracteres morfométricos y patrones de germinación de semillas de *Pinus pseudostrobus* Lindl. de diferentes procedencias
Morphometric characteristics and germination patterns of *Pinus pseudostrobus* Lindl. seeds from different sources
Daniel Madrigal González | Nahum Modesto Sánchez-Vargas | Mariela Gómez-Romero | María Dolores Uribe-Salas | Alejandro Martínez-Palacios | Selene Ramos-Ortiz
- 181 Germinación de *Ormosia macrocalyx* Ducke (Fabaceae), árbol nativo en peligro de extinción
Germination of *Ormosia macrocalyx* Ducke (Fabaceae), an endangered native tree
Brenda Karina Pozo Gómez | Carolina Orantes García | Dulce María Pozo Gómez | Alma Gabriela Verdugo Valdez | María Silvia Sánchez Cortés | Rubén Antonio Moreno Moreno
- 193 Propagación in vitro de callos de morera (*Morus alba* L.) como alternativa alimenticia para larvas de gusanos de seda (*Bombyx mori*)
In vitro propagation of *Morus alba* L. calli as an alternative feed for silkworm (*Bombyx mori*) larvae
Alma Rosa Hernández Rojas | José Luis Rodríguez-de la O | Alejandro Rodríguez-Ortega | Elvis García-López | Manuel Hernández-Hernández | Jessica Lizbeth Sebastián-Nicolás | Rosita Deny Romero-Santos
- 205 Mejoras en un método comercial de extracción de ADN para obtener extractos de ácido nucleico de alta calidad a partir de yemas vegetativas de *Populus tremuloides* Michx.
Improvements to a commercial DNA extraction method for high-quality nucleic acid extractions from *Populus tremuloides* Michx. vegetative buds
Cecilia Gutierrez | Marcelo Barraza Salas | Ilga Mercedes Porth | Christian Wehenkel
- 221 Crecimiento de plántulas de *Laelia autumnalis* y *Encyclia cordigera* en función de la concentración de sacarosa y carbón activado.
Growth of *Laelia autumnalis* and *Encyclia cordigera* seedlings as a function of sucrose and activated charcoal concentration
Marcela Cabañas Rodríguez | María Andrade Rodríguez | Oscar Gabriel Villegas Torres | Iran Alia Tejacal | Porfirio Juarez López | José Antonio Chávez García
- 235 Dinámica fenologica mensual de especies de bosque mixto
Montly phenological dynamics of mixed forest species
Andrea Cecilia Acosta-Hernández | Eduardo Daniel Vivar Vivar | Marin Pompa-García

PÁG.

CONTENIDO

- 259 Efecto de hongos micorrízicos arbusculares sobre la supervivencia y el crecimiento de plantas de *Dalbergia congestiflora* propagadas in vitro y por semilla en condiciones de invernadero
Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the survival and growth of *Dalbergia congestiflora* plants propagated in vitro and from seed under greenhouse conditions
Enrique Ambríz | Carlos Juan Alvarado López | Yoshira López Antonio | Hebert Jair Barrales Cureño | Rafael Salgado Garciglia | Alejandra Hernández García
- 273 Crioconservación de explantes florales encapsulados de cacao (*Theobroma cacao* L.) mediante deshidratación y vitrificación
Cryopreservation of encapsulated floral explants of cacao (*Theobroma cacao* L.) by dehydration and vitrification
Eliud Rodríguez Olivera | Leobardo Iracheta Donjuan | José Luis Rodríguez de la O | Carlos Hugo Avendaño Arrazate
- 295 Análisis de la diversidad genética en cacao (*Theobroma cacao* L.) y pataxte (*T. bicolor* Humb. & Bonpl.) de los estados de Tabasco y Chiapas, México
Genetic diversity analysis in cocoa (*Theobroma cacao* L.) and pataxte (*T. bicolor* Humb. & Bonpl.) from Tabasco and Chiapas, Mexico
Fernanda Sarahi Hernández Montes | Guadalupe Concepción Rodríguez Castillejos | Guillermo Castañón Nájera | Octelina Ruiz Castillo | Christian Asur Christian Asur | Hernán Wenceslao Araujo Torres | Régulo Ruíz Salazar
- 311 Respuesta morfogénica de *Agave angustifolia* al gradiente auxina-citocinina durante el desarrollo de embriones somáticos indirectos
Morphogenetic response of *Agave angustifolia* to the auxin-cytokinin gradient during the development of indirect somatic embryos
Jesús-Ignacio Reyes-Díaz | Rosa María Nava-Becerril | Amaury-Martín Arzate-Fernández
- 329 Efecto del ácido salicílico en el incremento de biomasa y azúcares reductores en *Agave cupreata* y *Agave salmiana*
Effect of salicylic acid on increase of biomass and reducing sugars in *Agave cupreata* and *Agave salmiana*
Hilda Guadalupe GARCÍA NÚÑEZ | Amaury Martín Arzate-Fernández | Ana María Roque-Otero | Martín Rubí-Arriaga | Aurelio Domínguez-López
- 343 Contribución al conocimiento tradicional sobre el uso y manejo de los recursos vegetales en el municipio de Malinalco, Estado de México, México.
Contribution to traditional knowledge of plant resource use and management in Malinalco, State of Mexico, Mexico
Margarita Micaela Avila Uribe | Blanca Margarita Berdeja-Martínez | Ana María Mora-Rocha | Yajaira Cerón-Reyes | Karla Mariela Hernández-Sánchez | María Eugenia Ordorica Vargas | Lidia Cevallos-Villanueva
- 365 La agrobiodiversidad del agroecosistema traspatio como estrategia contra la pobreza extrema en Platón Sánchez, Veracruz, México
Agrobiodiversity in the backyard agroecosystem as a strategy against extreme poverty in Platon Sanchez, Veracruz, Mexico
Rubén Purroy-Vásquez | Gregorio Hernández-Salinas | Jorge Armida-Lozano | Alejandro Llaguno-Aguñaga | Karla Lissete Silva-Martínez | Nicolás Francisco Mateo-Díaz
- 385 Quelites entre cocineras tradicionales nahuas y totonacas de la Sierra Norte de Puebla, México
Quelites among nahua and totonac traditional cooks from the Northern Sierra of Puebla, Mexico
Victoria Ortiz-Trápala | Heike Vibrans | María Edelmira Linares-Mazari | Diego Flores-Sánchez
- 409 *Litsea glaucescens* y *Clinopodium macrostemon* recursos forestales no maderables en mercados tradicionales de los Valles Centrales de Oaxaca
Litsea glaucescens and *Clinopodium macrostemon* non-timber forest resources in traditional markets of the Central Valleys of Oaxaca
Domitila Jarquín-Rosales | Gisela Virginia Campos Angeles | Valentín José Reyes-Hernández | Salvador Lozano-Trejo | Juan José Alpuche-Osorno | Gerardo Rodríguez-Ortiz
- 427 Sistemas verticales rústicos para la producción de alimentos en espacios limitados: un aporte a la seguridad alimentaria familiar
Rustic vertical home gardens for food production in limited spaces: a contribution to household food security
Pablo Yax-Lopez | Kevin Manolo Noriega Elías | Jorge Rubén Sosof Vásquez
- 443 Orquídeas silvestres comercializadas en cinco mercados tradicionales de Oaxaca, México
Wild orchids sold in five traditional markets in Oaxaca, Mexico
María Hipólita Santos Escamilla | Gisela Virginia Campos Angeles | José Cruz Carrillo Rodríguez | Nancy Gabriela Molina Luna
- 457 Proceso artesanal de elaboración de jabón de corozo (*Attalea butyracea* (Mutis ex L.F.) Wess. Boer) en la región de la Chontalpa, Tabasco, México
Artisanal process of making corozo soap (*Attalea butyracea* (Mutis ex L.F.) Wess. Boer) in the Chontalpa region, Tabasco, Mexico
Elsa Chávez García
- 479 La comercialización de plantas del bosque tropical caducifolio y su importancia cultural en el centro de México
The commercialization of tropical deciduous forest plants and their cultural importance in central Mexico
Ofelia Sotelo Caro | Alejandro Flores Palacios | Susana Valencia Díaz | David Osvaldo Salinas Sánchez | Rodolfo Figueroa Brito

POLIBOTÁNICA

Núm. 61

ISSN electrónico: 2395-9525

Enero 2026

Portada



Sistema de cultivo vertical integrado por módulos contenedores uniformes que albergan diversas especies herbáceas y foliares. La disposición estratificada optimiza el uso del espacio y favorece la eficiencia en la captación de luz, mientras que la heterogeneidad morfológica de las plantas evidencia la plasticidad fenotípica asociada a condiciones de cultivo intensivo en ambientes urbanos. Este sistema representa una forma de infraestructura verde orientada a la producción vegetal sustentable y a la mejora microclimática en entornos metropolitanos.

BA vertical cultivation system composed of uniform container modules housing a variety of herbaceous and foliage plant species. The stratified arrangement optimizes space use and enhances light capture efficiency, while the morphological heterogeneity of the plants reflects phenotypic plasticity under intensive cultivation conditions in urban environments. This system represents a form of green infrastructure aimed at sustainable plant production and microclimate improvement in metropolitan settings.

por/by
Rafael Fernández Nava

REVISTA BOTÁNICA INTERNACIONAL DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

EDITOR EN JEFE

Rafael Fernández Nava

EDITORA ASOCIADA

María de la Luz Arreguín Sánchez

COMITÉ EDITORIAL INTERNACIONAL

Christiane Anderson
University of Michigan
Ann Arbor, Michigan, US

Delia Fernández González
Universidad de León
León, España

Heike Vibrans
Colegio de Postgraduados
Estado de México, México

José Angel Villarreal Quintanilla
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
Saltillo, Coahuila, México

Hugo Cota Sánchez
University of Saskatchewan
Saskatoon, Saskatchewan, Canada

Luis Gerardo Zepeda Vallejo
Instituto Politécnico Nacional
Ciudad de México, México

Fernando Chiang Cabrera
Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad de México, México

Claude Sastre
Muséum National d'Histoire Naturelle
Paris, Francia

Thomas F. Daniel
California Academy of Sciences
San Francisco, California, US

Mauricio Velayos Rodríguez
Real Jardín Botánico
Madrid, España

Francisco de Asis Dos Santos
Universidade Estadual de Feira de Santana
Feira de Santana, Brasil

Noemí Waksman de Torres
Universidad Autónoma de Nuevo León
Monterrey, NL, México

Carlos Fabián Vargas Mendoza
Instituto Politécnico Nacional
Ciudad de México, México

Julieta Carranza Velázquez
Universidad de Costa Rica
San Pedro, Costa Rica

José Luis Godínez Ortega
Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad de México, México

Tom Wendt
University of Texas
Austin, Texas, US

José Manuel Rico Ordaz
Universidad de Oviedo
Oviedo, España

Edith V. Gómez Sosa
Instituto de Botánica Darwinion
Buenos Aires, Argentina

Edith V. Gómez Sosa
Instituto de Botánica Darwinion
Buenos Aires, Argentina

Dr. Juan Ramón Zapata Morales
Universidad de Guanajuato
Guanajuato, México

Jorge Llorente Bousquets
Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad de México, México

DISEÑO Y FORMACIÓN ELECTRÓNICA

Luz Elena Tejeda Hernández

OPEN JOURNAL SYSTEM Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

Pedro Aráoz Palomino

POLIBOTÁNICA, revista botánica internacional del Instituto Politécnico Nacional, incluye exclusivamente artículos que representen los resultados de investigaciones originales en el área. Tiene una periodicidad de dos números al año, con distribución y Comité Editorial Internacional.

Todos los artículos enviados a la revista para su posible publicación son sometidos por lo menos a un par de árbitros, reconocidos especialistas nacionales o internacionales que los revisan y evalúan y son los que finalmente recomiendan la pertinencia o no de la publicación del artículo, cabe destacar que este es el medio con que contamos para cuidar el nivel y la calidad de los trabajos publicados.

INSTRUCCIONES A LOS AUTORES PARA LA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS

Se aceptarán aquellos originales que se ajusten a las prescripciones siguientes:

POLIBOTÁNICA incluye exclusivamente artículos que representen los resultados de investigaciones originales que no hayan sido publicados.

1. El autor deberá anexar una carta membretada y firmada dirigida al Editor, donde se presente el manuscrito, así como la indicación de que el trabajo es original e inédito, ya que no se aceptan trabajos publicados o presentados anterior o simultáneamente en otra revista, circunstancia que el autor(es) deberá declarar expresamente en la carta de presentación de su artículo.
2. Al quedar aceptado un trabajo, su autor no podrá ya enviarlo a ninguna otra revista nacional o extranjera.
3. Los artículos deberán estar escritos en español, inglés, francés o portugués. En el caso de estar escritos en otros idiomas diferentes al español, deberá incluirse un amplio resumen en este idioma.
4. Como parte de los requisitos del CONACYT, POLIBOTÁNICA ahora usa la plataforma del Open Journal System (OJS); para la gestión de los artículos sometidos a la misma. Así que le solicitamos de la manera más atenta sea tan amable de registrarse y enviar su artículo en la siguiente liga: www.polibotanica.mx/ojs/index.php/polibotanica
 - a) cargar el trabajo en archivo electrónico de office-word, no hay un máximo de páginas con las siguientes características:
 - b) en páginas tamaño carta, letra times new roman 12 puntos a doble espacio y 2 cm por margen
5. Las figuras, imágenes, gráficas del trabajo deben estar incluidas en el documento de Word original:
 - a) en formato jpg
 - b) con una resolución mínima de 300 dpi y un tamaño mínimo de 140 mm de ancho
 - c) las letras deben estar perfectamente legibles y contrastadas
6. Todo trabajo deberá ir encabezado por:
 - a) Un título tanto en español como en inglés que exprese claramente el problema a que se refiere. El formato para el título es: negritas, tamaño 14 y centrado;
 - b) El nombre del autor o autores, con sus iniciales correspondientes, sin expresión de títulos o grados académicos. El formato para los autores es: alineados a la izquierda, cada uno en un párrafo distinto y tamaño 12. Cada autor debe tener un número en formato superíndice indicando a qué afiliación pertenece;
 - c) La designación del laboratorio e institución donde se realizó el trabajo. La(s) afiliación(es) debe(n) estar abajo del grupo de autores. Cada afiliación deberá estar en un párrafo y tamaño

12. Al inicio de cada afiliación estará el número en superíndice que lo relaciona con uno o más autor/es.

d) El autor para correspondencia deberá estar en el siguiente párrafo, alineado a la izquierda, tamaño 12.

7. Todo trabajo deberá estar formado por los siguientes capítulos:

a) RESUMEN y ABSTRACT. Palabras clave y Key Words. El resumen debe venir después de la afiliación de los autores, alineado a la izquierda, tamaño 12. La palabra “Resumen: / Abstract:” debe venir en negritas y con dos puntos. El texto del resumen debe empezar en el párrafo siguiente, tamaño 12 y justificado. El texto “Palabras clave / Key Words:” debe venir en negritas seguido de dos puntos. Cada una de las palabras clave deben estar separadas por coma o punto y coma, finalizadas por punto.

b) INTRODUCCIÓN y MÉTODOS empleados. Cuando se trate de técnicas o métodos ya conocidos, solamente se les mencionará por la cita de la publicación original en la que se dieron a conocer. El formato para todas las secciones en esta lista es: negritas, tamaño 16 y centrado.

c) RESULTADOS obtenidos. Presentación acompañada del número necesario de gráficas, tablas, figuras o diagramas de tamaño muy cercano al que tendrá su reproducción impresa (19 x 14 cm).

d) DISCUSIÓN concisa de los resultados obtenidos, limitada a lo que sea original y a otros datos relacionados directamente y que se consideren nuevos.

e) CONCLUSIONES.

ESPECIFICACIONES DE FORMATO PARA EL CUERPO DEL TRABAJO

1. Secciones/Subtítulos de párrafo: Fuente tamaño 16, centrado, en negritas, con la primera letra en mayúscula.
2. Subsecciones/Subtítulos de párrafo secundarios : Fuente tamaño 14, centrado, en negritas, con la primera letra en mayúscula. Cuando existan subsecciones de subsección formatear en tamaño 13 negrita y centrado.
3. Cuerpo del texto: Fuente tamaño 12, justificado. NO debe haber saltos de línea entre párrafos.
4. Las notas de pie de página deben estar al final de cada página, fuente tamaño 12 justificadas.
5. Cita textual con mas de tres líneas: Fuente tamaño 12, margen izquierdo de 4 cm.
6. Título de imágenes: Fuente tamaño 12, centrado y en negritas, separado por dos puntos de su descripción. Descripción de las imágenes: tamaño 12.
7. Notas al pie de las imágenes: Fuente tamaño 12 y centradas con respecto a la imagen, la primera letra debe estar en mayúsculas.
8. Imágenes: deben estar en el cuerpo del texto, insertadas en formato png o jpg, a por lo menos 300 dpi de resolución y centradas. Las imagenes deben estar en línea con el texto. Se consideran imágenes: gráficos, cuadros, fotografías, diagramas y, en algunos casos, tablas y ecuaciones.
9. Tablas de tipo texto: El título de las columnas de las tablas debe estar en negritas y los datos del cuerpo de la tabla con fuente normal. Los nombres científicos deben estar en *italicas*. Se recomienda utilizar las Tablas como imágenes, estas deberán de ir centradas (a por lo menos 300 dpi de resolución).
10. Notas al pie de la tabla: Fuente tamaño 12 y centradas con respecto a la tabla, la primera letra debe estar en mayúsculas.
11. Ecuaciones pueden estar en Mathtype 1 o en imagen. En este último caso, seguir instrucciones del punto 8.
12. Citas del tipo autor y año deben estar entre paréntesis, con el apellido del autor seguido por el año (Souza, 2007), primera letra en mayúscula.

8. LITERATURA CITADA, Se tomara como base el Estilo APA para las Referencias Bibliográficas, formada por las referencias mencionadas en el texto del trabajo y en orden alfabético. Es obligatorio utilizar Mendeley® (software bibliográfico). El propósito de utilizar este tipo de software es asegurar que los datos contenidos en las referencias están correctamente estructurados y corresponden a las citas del cuerpo del texto.

ESTRUCTURA Y FORMATO DE LOS AGRADECIMIENTOS Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Los Agradecimientos deberán estar después de la última sección del cuerpo del texto. Esta información debe tener como título la palabra “Agradecimientos”, o su equivalente en otro idioma, en negritas, tamaño 12 y centrado. El texto de esta información debe estar en tamaño 12 justificado.
2. Las Referencias bibliográficas deben estar en orden alfabético sin salto de línea de párrafo, alineados a la izquierda, en tamaño 12.
3. Apéndices, anexos, glosarios y otros materiales deben incluirse después de las referencias bibliográficas. En caso de que estos materiales sean extensos deberán ser creados como archivos PDF.

9. REVISIÓN Y PUBLICACIÓN

Todos los artículos enviados a la revista para su posible publicación serán sometidos a una revisión “doble ciego”, se enviarán por lo menos a un par de árbitros, reconocidos especialistas nacionales o internacionales que los revisarán y evaluarán y serán los que finalmente recomienden la pertinencia o no de la publicación del artículo, cabe destacar que este es el medio con que contamos para cuidar el nivel y la calidad de los trabajos publicados.

Una vez aceptado el trabajo, se cobrarán al autor(es) \$299 por página más IVA, independientemente del número de fotografías que contenga.

PUBLICATION GUIDELINES

POLIBOTÁNICA, an international botanical journal supported by the National Polytechnic Institute, only publishes material resulting of original research in the botanic area. It has a periodicity of two issues per year with international distribution and an international Editorial Committee.

All articles submitted to POLIBOTÁNICA for publication are reviewed by at least a couple of referees. National or international recognized experts will evaluate all submitted materials in order to recommend the appropriateness or otherwise of a publication. Therefore, the quality of published papers in POLIBOTÁNICA is of the highest international standards.

FOR PUBLICATION OF ARTICLES

Originals that comply with the following requirements will be accepted:

1. POLIBOTÁNICA includes only items that represent the results of original research which have not been published. The author should attach an official and signed letter to Editor stating that the work is original and unpublished. We do not accept articles published or presented before or simultaneously in another journal, a fact that the author (s) must expressly declare in the letter.
2. When an article has been accepted, the author can no longer send it to a different national or foreign journal.
3. Articles should be written in Spanish, English, French or Portuguese. In the case of be written in

languages other than Spanish, it should include an abstract in English.

4. The article ought to be sent to the POLIBOTÁNICA's Open Journal System <http://www.polibotanica.mx/ojs> in an office-word file without a maximum number of pages with the following features:

a) on letter-size pages, Times New Roman font type, 12-point font size, double-spaced and 2 cm margin

5. The figures, images, graphics in the article must be attached as follows:

a) in jpg format

b) with a minimum resolution of 300 dpi and a minimum size of 140 mm wide

c) all characters must be legible and contrasted

6. All articles must include:

a) a title in both Spanish and English that clearly express the problem referred to. The format for this section is: bold, font size 14 and centered.;

b) the name of the author or authors, with their initials, no titles and no academic degrees. The format for this section is: font size 12, aligned to the left, each name in a different paragraph but without spaces in-between and a superscript number indicating the affiliation;

c) complete affiliations of all authors (including laboratory or research institution). The format for this section is: font size 12, aligned to the left, each name in a different paragraph but without spaces in-between and a superscript number at the beginning of the affiliation;

d) correspondence author should be in the next paragraph, font size 12 and aligned to the left.

7. All work should be composed of the following chapters:

a) RESUMEN and ABSTRACT. Palabras clave y Key Words. The format for this section is: bold, font size 12 and centered. Both words (RESUMEN: and ABSTRACT:) must include a colon, be in bold and aligned to the left. The body of the abstract must be justified and in font size 12. Both palabras clave: and keywords: must include a colon, be in bold and aligned to the left. Keywords must be separated by a comma or semicolon, must be justified and in font size 12.

b) INTRODUCTION y METHODS. In the case of techniques or methods that are already known, they were mentioned only by appointment of the original publication in which they were released.

c) RESULTS. Accompanied with presentation of the required number of graphs, tables, figures or diagrams very close to the size which will be printed (19 x 14 cm).

d) DISCUSSION. A concise discussion of the results obtained, limited to what is original and other related directly and considered new data.

e) CONCLUSIONS. The format for sections Introduction, Results, Discussion and Conclusions is: bold, font size 16 and centered.

FORMAT SPECIFICATIONS FOR THE BODY OF WORK

1. Sections: Font size 16, centered, bold, with the first letter capitalized.
2. Subsections / Secondary Subtitles: Font size 14, centered, bold, with the first letter capitalized. When there are second grade subsections format in size 13 bold and centered.
3. Body: Font size 12, justified. There should NOT be line breaks between paragraphs.
4. Footnotes should be at the bottom of each page, font size 12 and justified.
5. Textual quotation with more than three lines: Source size 12, left margin of 4 cm.
6. Image Title: Font size 12, centered and bold, separated by two points from its description. Description of the images: size 12.
7. Images Footnotes: Font size 12 and centered with respect to the image, the first letter must be in capital letters.
8. Images: must be in the body of the text, inserted in png or jpg format, at least 300 dpi resolution and centered. Images should be in line with the text. Graphs, charts, photographs, diagrams and, in some cases, tables and equations are considered images.
9. Text Tables: Only The title of the columns of the tables must be in bold. Scientific names must be in italics. It is recommended to use the Tables as images, they should be centered (at least 300 dpi resolution).
10. Footnotes: Font size 12 and centered with respect to the table, the first letter must be in upper case.
11. Equations can be in Mathtype 1 or in image. In the latter case, follow the instructions in point 8.
12. Quotations of the author and year type must be in parentheses, with the author's last name followed by the year (Souza, 2007), first letter in capital letters.

8. LITERATURE CITED. All references must be cited using the APA stile. POLIBOTÁNICA requires the use of Mendeley® (free reference manager) for the entire bibliography.

STRUCTURE AND FORMAT OF ACKNOWLEDGMENTS AND BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

1. Acknowledgments must be after the last section of the body of the text. This information should be titled the word "Acknowledgments", or its equivalent in another language, in bold, size 12 and centered. The text of this information must be in size 12 justified.
2. Bibliographical references should be in alphabetical order without paragraph line jump, aligned to the left, in size 12.
3. Appendices, annexes, glossaries and other materials should be included after the bibliographic references. If these materials are extensive they should be created as PDF files.

9. REVIEW AND PUBLICATION

All articles submitted to the journal for publication will undergo a review "double-blind", they will be sent at least a couple of referees, recognized national or international experts that reviewed and evaluated and will be finally recommended the relevance or the publication of the article, it is noteworthy that this is the means that we have to take care of the level and quality of published articles.

Once accepted the article, the author will be charged \$15 USD per text page, regardless of how many pictures it contains.

Toda correspondencia relacionada con la revista deberá ser dirigida a:

Dr. Rafael Fernández Nava
Editor en Jefe de

POLIBOTÁNICA

Departamento de Botánica
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional
Apdo. Postal 17-564, CP 11410, Ciudad de México

Correo electrónico:
polibotanica@gmail.com
rfernand@ipn.mx

Dirección Web
http://www.polibotanica.mx

POLIBOTÁNICA es una revista indexada en:

CRMICYT - Sistema de Clasificación de Revistas Mexicanas de Ciencia y Tecnología

SciELO - Scientific Electronic Library Online.

Google Académico - Google Scholar.

DOAJ, Directorio de Revistas de Acceso Público.

Dialnet portal de difusión de la producción científica hispana.

REDIB Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico.

LATINDEX, Sistema regional de información en línea para revistas científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal.

PERIODICA, Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias.



Ciencia y Tecnología

Secretaría de Ciencia, Humanidades,
Tecnología e Innovación



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Director General: *Dr. Arturo Reyes Sandoval*

Secretario General: *M. en C. Ismael Jaidar Monter*

Secretario Académico: *M. en E.N.A. María Isabel Rojas Ruíz*

Secretario de Innovación e Integración Social: *M.C.E. Yessica Gasca Castillo*

Secretario de Investigación y Posgrado: *Dra. Martha Leticia Vázquez González*

Secretario de Servicios Educativos: *Dr. Marco Antonio Sosa Palacios*

Secretario de Administración: *M. en C. Javier Tapia Santoyo*

Director de Educación Superior: *Lic. Tomás Huerta Hernández*

ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Director:

Dr. Isaac Juan Luna Romero

Subdirectora Académica:

Biol. Elizabeth Guarneros Banuelos

Jefe de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación:

Lic. Edgar Gregorio Cárcamo Villalobos

Subdirector de Servicios Educativos e Integración Social:

Biól. Gonzalo Galindo BecerriL

POLIBOTÁNICA, Año 30, No. 61, enero 2026, es una publicación semestral editada por el Instituto Politécnico Nacional, a través de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Unidad Profesional Lázaro Cárdenas, Prolongación de Carpio y Plan de Ayala s/n, Col. Santo Tomas C.P. 11340 Delegación Miguel Hidalgo México, D.F. Teléfono 57296000 ext. 62331. <http://www.herbario.encb.ipn.mx/>, Editor responsable: Rafael Fernández Nava. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título No. 04-2015-011309001300-203. ISSN impreso: 1405-2768, ISSN digital: 2395-9525, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Unidad de informática de la ENCB del IPN, Rafael Fernández Nava, Unidad Profesional Lázaro Cárdenas, Prolongación de Carpio y Plan de Ayala s/n, Col. Santo Tomas CP 11340 Delegación Miguel Hidalgo México, D.F.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

**Polibotánica**

ISSN electrónico: 2395-9525

polibotanica@gmail.com

Instituto Politécnico Nacional

México

<http://www.polibotanica.mx>

EFECTO DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES SOBRE LA SUPERVIVENCIA Y EL CRECIMIENTO DE PLANTAS DE *Dalbergia congestiflora* PROPAGADAS *in vitro* Y POR SEMILLA EN CONDICIONES DE INVERNADERO

EFFECT OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI ON THE SURVIVAL AND GROWTH OF *Dalbergia congestiflora* PLANTS PROPAGATED *in vitro* AND FROM SEED UNDER GREENHOUSE CONDITIONS

Ambriz, E., C.J. Alvarado López, Y. López Antonio, H.J. Barrales Cureño, R. Salgado Garciglia, A. Hernández García

EFECTO DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES SOBRE LA SUPERVIVENCIA Y EL CRECIMIENTO DE PLANTAS DE *Dalbergia congestiflora* PROPAGADAS *in vitro* Y POR SEMILLA EN CONDICIONES DE INVERNADERO

EFFECT OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI ON THE SURVIVAL AND GROWTH OF *Dalbergia congestiflora* PLANTS PROPAGATED *in vitro* AND FROM SEED UNDER GREENHOUSE CONDITIONS



Instituto Politécnico Nacional

Núm. 61: 259-271 México. Enero 2026

DOI: 10.18387/polibotanica.61.15



Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional).

Efecto de hongos micorrízicos arbusculares sobre la supervivencia y el crecimiento de plantas de *Dalbergia congestiflora* propagadas *in vitro* y por semilla en condiciones de invernadero

Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the survival and growth of *Dalbergia congestiflora* plants propagated *in vitro* and from seed under greenhouse conditions

Enrique Ambriz, Carlos Juan Alvarado López, Yoshira López Antonio, Hebert Jair Barrales Cureño, Rafael Salgado Garciglia, Alejandra Hernández García

EFFECTO DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES SOBRE LA SUPERVIVENCIA Y EL CRECIMIENTO DE PLANTAS DE *Dalbergia congestiflora* PROPAGADAS *in vitro* Y POR SEMILLA EN CONDICIONES DE INVERNADERO

EFFECT OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI ON THE SURVIVAL AND GROWTH OF *Dalbergia congestiflora* PLANTS PROPAGATED *in vitro* AND FROM SEED UNDER GREENHOUSE CONDITIONS

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 61: 259-271. Enero 2026

DOI:

10.18387/polibotanica.61.15

Enrique Ambriz <https://orcid.org/0000-0003-1513-5760>

Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Ave. Francisco J. Múgica s/n. Morelia, Michoacán. México

Carlos Juan Alvarado-López <https://orcid.org/0000-0001-7442-8171>


Instituto Tecnológico de Conkal. Av. Tecnológico s/n. Conkal, Yucatán, México

Yoshira López-Antonio

Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Ave. Francisco J. Múgica s/n. Morelia, Michoacán. México

Hebert Jair Barrales-Cureño <https://orcid.org/0000-0002-8431-2102>

Rafael Salgado-Garciglia <https://orcid.org/0000-0001-5920-6562>

Alejandra Hernández-García / alejandra.hernandez@umich.mx 

<https://orcid.org/0000-0001-8353-0266>

Instituto de Investigaciones Químico Biológicas.

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Ave. Francisco J. Múgica s/n. Morelia, Michoacán. México.

RESUMEN: Las especies de árboles en estatus de riesgo, como *Dalbergia congestiflora* Pittier (Fabaceae), presentan una baja calidad de crecimiento y desarrollo, lo que dificulta su supervivencia en invernadero y campo. Para mitigar esto, se utilizan estrategias como la fertilización y la adición de microorganismos benéficos, destacando los hongos micorrízicos arbusculares (HMA). El objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de la adición de HMA sobre la supervivencia, crecimiento y desarrollo de plantas de *D. congestiflora* cultivadas en invernadero, utilizando dos métodos de propagación (plantas micropropagadas y propagadas por semillas). A partir de brotes multiplicados *in vitro* provenientes de callos, se obtuvieron plántulas micropropagadas, aclimatadas con éxito y posteriormente cultivadas en invernadero. Las plantas propagadas por semillas, se desarrollaron a partir de la germinación en cajas Petri con papel filtro húmedo y después fueron cultivadas en invernadero. En ambos casos, las plantas se inocularon con un producto comercial de HMA, utilizando tres concentraciones de esporas/planta (80, 128 y 176) y un tratamiento control (0 esporas) ($n=6$), evaluando parámetros de supervivencia, altura, diámetro de tallo, número de folíolos y área foliar, durante 180 días. La inoculación con esporas tuvo efectos variables según el tipo de propagación de la planta, la supervivencia de las plantas micropropagadas y obtenidas por semilla fue mayor ($p<0.05$) en los tratamientos de inoculación, en comparación con el tratamiento control. En plantas micropropagadas, la inoculación no afectó la altura ni el diámetro del tallo, pero con la inoculación de 128 y 176 esporas, resultaron en una mayor área foliar a los 180 días ($p<0.05$). En plantas propagadas por semilla, con las tres concentraciones de inoculación, se obtuvo un incremento en la altura y el diámetro del tallo a los 180 días ($p<0.05$). En estas plantas, con 176 esporas también se aumentó significativamente el número de folíolos ($p<0.05$), y con 80 y 128 esporas, se produjo la mayor área foliar a los 180 días ($p<0.05$). En general, las plantas inoculadas propagadas por semilla mostraron los valores más altos en todas las variables evaluadas en comparación con las plantas micropropagadas.

Palabras clave: Campincerán, calidad de planta, micorrizas, propagación.

ABSTRACT: Endangered tree species, such as *Dalbergia congestiflora* Pittier (Fabaceae), have a low quality of growth and development, which makes it difficult for them to survive in greenhouses and fields. To mitigate this, strategies such as fertilization and the addition of beneficial microorganisms are used, highlighting arbuscular mycorrhizal fungi (AMF). The objective of the present research was to determine the effect of the addition of AMF on the survival, growth and development of greenhouse-grown *D. congestiflora* plants, using two propagation methods (micropropagated and seed-propagated plants). From shoots multiplied *in vitro* from callus, micropropagated plantlets were obtained, successfully acclimatized and subsequently grown in greenhouse. The seed-propagated plants were developed from germination in Petri dishes with wet filter paper and then grown in greenhouse. In both cases, the plants were inoculated with a commercial AMF product, using three concentrations of spores/plant (80, 128 and 176) and a control treatment (0 spores) (n=6), evaluating growth parameters such as survival, plant height, stem diameter, number of leaflets and leaf area, during 180 days. Inoculation with spores had variable effects depending on the type of plant propagation, the survival of micropropagated and seed-obtained plants was higher ($p<0.05$) in inoculation treatments, compared to the control treatment. In micropropagated plants, inoculation did not affect stem height or diameter, but with inoculation of 128 and 176 spores, they resulted in a larger leaf area at 180 days ($p<0.05$). In seed-propagated plants, with the three inoculation concentrations, an increase in plant height and stem diameter was obtained at 180 days ($p<0.05$). In these plants, with 176 spores, the number of leaflets was also significantly increased ($p<0.05$), and with 80 and 128 spores, the largest leaf area was produced at 180 days ($p<0.05$). Overall, seed-propagated inoculated plants showed the highest values in all evaluated variables compared to micropropagated plants.

Key Words: Campincerán, plant quality, mycorrhizae, propagation.

INTRODUCCIÓN

El género *Dalbergia* agrupa especies maderables de gran valor comercial. El incremento en la demanda de madera de estas especies ha generado la reducción de las poblaciones y esta situación se ha agravado debido a que de manera natural se distribuyen de forma agregada (Barboza Nogueira *et al.*, 2014). La disminución del número de árboles potencialmente productivos genera baja producción de semillas y bajo reclutamiento, aunado a que estas especies presentan baja capacidad de dispersión de semillas (Barboza Nogueira *et al.*, 2014). A pesar de estas dificultades, la propagación de *Dalbergia congestiflora* es prometedora ya que se ha reportado hasta un 90 % de germinación (Casillas-Sánchez, 2014) y se tiene un protocolo de propagación *in vitro* (Hernández-García *et al.*, 2021). Sin embargo, tanto las plantas propagadas por semilla como por micropropagación, no cuentan con características morfológicas adecuadas para soportar las condiciones de estrés en campo. Por lo tanto, se requiere generar estrategias para incrementar el crecimiento de las plantas de *D. congestiflora* y asegurar su supervivencia durante su cultivo.

Las estrategias para incrementar el vigor de las plantas son a través del abono y de la fertilización, el uso de bioestimulantes, el tipo de sustrato, el tipo de contenedor, el riego y el drenaje, el control de factores como el pH, la temperatura y luz, así como con la inoculación de microorganismos (Yakhin *et al.*, 2017; Patel *et al.*, 2023). Una dosis de fertilización alta genera plantas con mayor diámetro de tallo y altura (Watkinson *et al.*, 2022; Paz *et al.*, 2023). Además, las plantas crecidas en contenedores profundos y con el sustrato adecuado producen raíces de mayor longitud, y como consecuencia el diámetro de tallo y la altura también se incrementan (Bernaola-Paucar *et al.*, 2022; El Haddadi *et al.*, 2022; Wang *et al.*, 2023), por lo que estas prácticas en vivero mejoran el crecimiento. Por otra parte, la combinación de fertilización y hongos micorrízicos arbusculares (HMA) da como resultado una mayor calidad de planta a través del diámetro de tallo y de la altura de la planta (Ruiz *et al.*, 2021).

La supervivencia de las plantas en campo, ya sea propagadas por semilla o micropropagadas, varía de acuerdo con la especie vegetal. En plantas de *Dalbergia retusa* propagadas por semillas,

se presentó un 75% de supervivencia después de diez años de haber realizado la plantación (López-Barreto, 2015). Para *D. congestiflora* se tienen datos de 27% de supervivencia (Márquez-Torres & Martínez-Garza, 2022), cuyo valor se ha clasificado como bajo. La supervivencia de plantas micropropagadas bajo condiciones de campo ha sido reportada entre 7.5 y 22% (Salama *et al.*, 2017; Mežaka *et al.*, 2023). La supervivencia puede aumentar hasta un 81% y depende de la estructura morfológica de las plantas micropropagadas, tallos altamente lignificados y mayor cantidad de ramas laterales (Pogorzelec *et al.*, 2014). Los HMA contribuyen en el aumento del vigor o calidad de las plantas propagadas *in vitro* durante su cultivo en invernadero y con ello se incrementan las posibilidades de supervivencia en condiciones de campo. Lo anterior, debido a que los HMA ayudan a disminuir el estrés causado durante el trasplante y la aclimatación, mejorando de manera significativa la absorción de nutrientes y agua (Roveda *et al.*, 2012; El Kinany *et al.*, 2019; Ancona *et al.*, 2021; Gómez-Falcón *et al.*, 2023; Mortier *et al.*, 2023). Efectos positivos sobre la altura y el diámetro de tallo se han observado en diversas especies de plantas micropropagadas micorrizadas en comparación con las no micorrizadas (El Kinany *et al.*, 2019; Gómez-Falcón *et al.*, 2023) y en plantas propagadas por semilla en especies del género *Dalbergia* (Niranjan *et al.*, 2007; Bisht *et al.*, 2009; Mirdhe & Lakshman, 2009; Saravanan *et al.*, 2013; Bhardwaj *et al.*, 2023). Por lo tanto, la hipótesis de este trabajo fue que las plantas de *D. congestiflora* tanto propagadas por semillas como micropropagadas, incrementan su supervivencia y crecimiento con la inoculación de HMA. Por lo que, el objetivo fue evaluar el crecimiento de plantas de *D. congestiflora* propagadas por semilla y micropropagadas, inoculadas con un producto comercial de HMA. Las variables evaluadas fueron supervivencia, diámetro de tallo, altura de la planta, número de folíolos y área foliar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las plantas micropropagadas de *D. congestiflora* se obtuvieron a partir de callos cultivados en medio Murashige y Skoog (MS) (Murashige & Skoog, 1962) con 1.5 mg L⁻¹ de benciladenina (BA) y 0.5 mg L⁻¹ de ácido naftalenacético (ANA), establecidos a partir de yemas axilares de plántulas micropropagadas (Hernández-García *et al.*, 2021), y mantenidos en condiciones de cuarto de cultivo en el Laboratorio de Biotecnología Vegetal del Instituto de Investigaciones Químico Biológicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). Para lograr la formación de brotes, se cultivaron segmentos de callos de 0.5 cm de diámetro, de 30 días de cultivo, en medio MS con 1.0 mg L⁻¹ BA y 0.1 mg L⁻¹ ANA, con 8 g L⁻¹ de agar bacteriológico (Bioxon®, México) y 30 g L⁻¹ de sacarosa (Bioxon®, México) (Hernández-García *et al.*, 2021). Posteriormente se mantuvieron en un cuarto de cultivo a 25 °C y un fotoperiodo de 16 horas de luz con una intensidad de 36 µmol m⁻² s⁻¹, por lámparas de luz blanca fluorescente. Los brotes se desarrollaron después de 30 días y se colocaron en medio MS ½ con 2.5 mg L⁻¹ de ácido idol-3-butírico (AIB) con 20 g L⁻¹ de sacarosa y mantenidos en las condiciones antes mencionadas, hasta la formación de plántulas (Hernández García *et al.*, 2016). Para ambos medios, los reguladores de crecimiento, vitaminas y sales minerales, fueron de la marca Sigma-Aldrich® México.

Las plántulas se mantuvieron bajo cultivo *in vitro* por 30 días por considerarlas aptas para el trasplante y aclimatación, ya que presentaron una altura de 4 cm en promedio, con 5 raíces con una longitud promedio de 2 cm (Figura 1A). Éstas se trasplantaron y se cultivaron en condiciones de aclimatación durante 30 días en cámara húmeda a 80% de humedad relativa, de acuerdo con lo reportado por Hernández-García *et al.* (2021). Posteriormente se cultivaron en bolsas de plástico de 1 kg conteniendo sustrato de una mezcla de materia orgánica (Vigoro®) con agrolita en una proporción de 1:1, esterilizado dos veces en condiciones de presión a 14 lb pulg⁻² durante 30 min (Figura 1B). El pH del sustrato después de la esterilización fue de 5.3.

Las semillas de *D. congestiflora* fueron donadas por el Laboratorio de Anatomía de la Madera de la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera (UMSNH) y fueron recolectadas de 15 individuos en la localidad de Carácuaro Michoacán México (18°59'17.17"N, 101°6'18.56"W).

La germinación se realizó en cajas Petri con papel filtro húmedo y se mantuvieron en oscuridad en condiciones de cuarto de cultivo (25 °C), hasta la aparición de la radícula (Figura 1C). Después de 30 días de la germinación, las plantas fueron cultivadas en el mismo sustrato de cultivo utilizado para las plantas micropropagadas (Figura 1D). Para la experimentación, se utilizaron plantas de ambos sistemas de propagación, con una altura promedio de 4 cm de altura y fueron mantenidas en condiciones semicontroladas de invernadero, a una temperatura promedio de 25 °C, humedad relativa de 80%, sin control de las horas luz, utilizando una malla-sombra del 70%. El riego del sustrato fue cada tercer día con agua corriente, hasta quedar completamente húmedo durante todo el experimento.

Las plantas provenientes de semilla y micropropagadas se inocularon con un consorcio de especies de un producto comercial de HMA, conteniendo esporas de *Glomus clarum*, *G. intraradices*, *G. etunicatum* y *Entrophospora columbiana* (Mycor Tree ® Plant Health Care, Canadá), utilizando tres tratamientos con diferentes concentraciones de esporas (80, 128 y 176 esporas por planta) y un tratamiento control, sin esporas. Para obtener los tres diferentes inóculos (esporas mL⁻¹), se preparó una solución de esporas de la mezcla de HMA con 1 mL de agua estéril, en la que se obtuvo 176 esporas mL⁻¹, de la cual se realizaron dos diluciones, registrando 126 y 80 esporas mL⁻¹. A los 15 días después del cultivo de las plantas en invernadero, tanto micropropagadas como propagadas por semilla, se agregó 1 mL de cada concentración de esporas por planta (Figuras 1B, 1D).

Además del porcentaje de supervivencia, se evaluaron los parámetros de crecimiento como la altura de la planta, el diámetro de tallo, número de folíolos y el área foliar, ésta se determinó midiendo el largo y ancho de los folíolos por planta, para ambos sistemas. Estos parámetros se evaluaron a los 60, 120 y 180 días, contados a partir de la inoculación en ambos sistemas de propagación y el área foliar se determinó solo a los 180 días. El número de plantas fue de 15 por tratamiento para ambos sistemas de propagación, considerando cada planta como repetición.

Los datos de las variables de altura, diámetro de tallo, número de folíolos y área foliar, fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) por variable. El número de réplicas (n) varió durante la experimentación, de acuerdo a la supervivencia de las plantas. Se utilizó una prueba de diferenciación de medias de Tukey ($p < 0.05$) (programa estadístico JP8®).

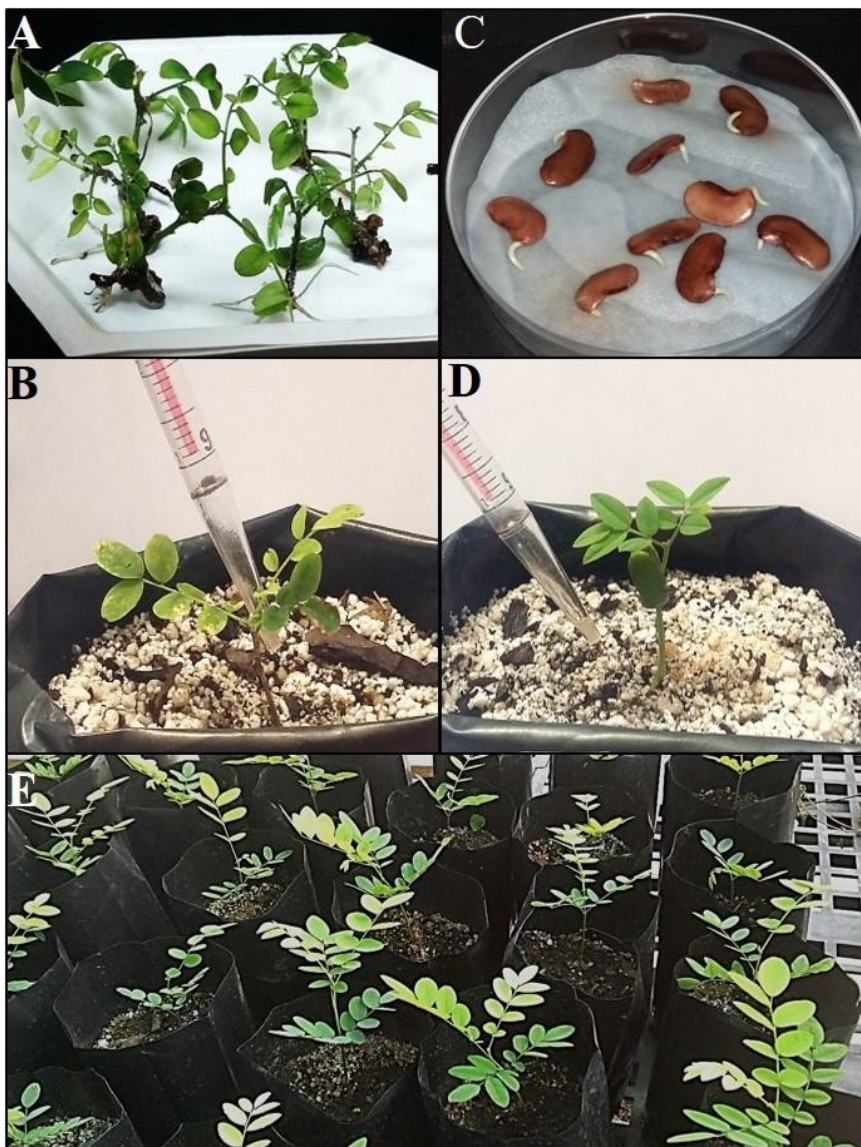


Figura 1. Plantas micropropagadas y propagadas por semilla de *D. congestiflora*: A) Plántulas micropropagadas previo al trasplante y aclimatación; B) Plantas micropropagadas cultivadas en invernadero, después de 30 días de aclimatación; C) Semillas a los tres días del inicio de la germinación; D) Plantas propagadas por semilla, después de 30 días de germinación; E) Plantas propagadas por semilla, cultivadas durante 180 días en condiciones de invernadero e inoculadas con 176 esporas de HMA.

Figure 1. *D. congestiflora* plants micropropagated and propagated from seed: A) Plantlets micropropagated prior to transplantation and acclimatization; B) Micropropagated plants grown in greenhouse, after 30 days of acclimatization; C) Seeds three days after the start of germination; D) Plants propagated from seed, after 30 days of germination; E) Plants propagated from seed, cultivated for 180 days in greenhouse conditions, inoculated with 176 spores.

RESULTADOS

Efecto de la inoculación con HMA en plantas micropropagadas

El efecto de la inoculación con HMA en plantas micropropagadas de *D. congestiflora*, sobre el porcentaje de supervivencia, la altura, el número de folíolos, el diámetro del tallo y el área foliar, se presenta en el Cuadro 1. La supervivencia de las plántulas a los 30 días del trasplante previo a

la inoculación con las esporas de HMA, fue de un 70%, seleccionando 15 plántulas para cada tratamiento. Las plántulas micropropagadas no inoculadas con HMA presentaron un porcentaje del 20% de supervivencia a los 60 días, un valor igual cuando se inocularon con 80 esporas, porcentaje que aumentó en plantas inoculadas con 128 y 176 esporas, alcanzando un 40%. A los 120 días no hubo variación en los porcentajes de supervivencia en todos los tratamientos, permaneciendo un 20% en las plántulas control e inoculadas con 80 esporas, y un 40 % en los tratamientos con 128 y 176 esporas, valores que permanecieron durante todo el periodo evaluado (180 días). La inoculación con HMA no mostró un efecto positivo en la altura de las plantas y en el diámetro de tallo, ya que no hubo diferencias significativas entre los valores de las plantas del tratamiento control y los tratamientos con esporas. 80, 128 y 176 esporas, a los diferentes tiempos. Sin embargo, aunque no hubo un incremento en el número de folíolos a los 60 días de cultivo, en los tratamientos con esporas, respecto al tratamiento control, las plantas tratadas con 176 esporas mantuvieron valores sin diferencias significativas desde los 60 días (7.7 folíolos) hasta los 180 días (5.8 folíolos). En los demás tratamientos, este número disminuyó, siendo más notorio en las plantas tratadas con 128 esporas, con 3 folíolos a los 180 días del cultivo.

En la variable de área foliar, a los 180 días se observó un incremento en las plantas tratadas con 128 y 176 esporas (1.97 y 1.99 cm², respectivamente), sin embargo, en las plantas tratadas con 80 esporas, se obtuvo una disminución en esta variable, sin diferencia significativa a lo observado en plantas control.

Cuadro 1. Efecto del número de esporas de HMA sobre las variables de supervivencia y crecimiento de plantas micropropagadas de *Dalbergia congestiflora*

Table 1. Effect of the number of AMF spores on the survival and growth parameters of micropropagated plants of *Dalbergia congestiflora*.

Variable	Edad (días)	Tratamientos (número de esporas)			
		Control	80	128	176
Supervivencia (%)	60	20	20	40	40
	120	20	20	40	40
	180	20	20	40	40
Altura (cm)	60	5.9±0.57 a	6.3±0.25 a	6.2±0.40 a	6.0±0.40 a
	120	6.0±0.55 a	6.5±0.43 a	6.5±0.45 a	6.5±0.15 a
	180	6.0±0.59 a	6.6±0.44 a	6.5±0.45 a	6.5±0.14 a
Diámetro (mm)	60	1.23±0.14 a	1.15±0.21 a	1.30±0.39 a	1.15±0.14 a
	120	1.45±0.30 a	1.33±0.26 a	1.47±0.41 a	1.47±0.31 a
	180	1.45±0.30 a	1.33±0.26 a	1.47±0.41 a	1.47±0.31 a
Número de folíolos	60	7.0±0.89 a	6.3±0.63 a	5.5±1.22 b	7.7±0.82 a
	120	4.2±0.41 c	5.5±0.84 b	2.8±0.75 d	5.8±0.98 a
	180	4.2±0.41 c	5.5±0.84 b	3.0±0.89 d	5.8±1.17 a b
Área foliar (cm ²)	180	0.98±0.50 b	1.08±0.22 b	1.97±0.38 a	1.99±0.19 a

± =Desviación estándar, letras distintas por variable indican diferencia significativa ($p<0.05$).

± = standard error, different letter per variable indicates a significant difference ($p<0.05$).

Efecto de la inoculación de HMA en plantas propagadas por semilla

A los dos días de inicio del experimento de germinación, se observó la formación de radícula con una longitud promedio de 0.45 mm, a los 8 días se obtuvo la formación de plántulas con una altura promedio de 4 cm, presentando un 90% de germinación, las que fueron trasplantadas a sustrato para la experimentación. En el cuadro 2 se muestran los resultados de porcentaje de

supervivencia y de las variables de altura, diámetro de tallo, número de folíolos y área foliar, a los 60, 120 y 180 días del cultivo. A los 60 días de cultivo, se obtuvo un 100% de supervivencia en todos los tratamientos, el cual disminuyó a los 120 y 180 días, manteniendo los porcentajes más altos en las plantas tratadas con 128 y 176 esporas (80%).

La altura de las plantas varió en relación al número de esporas y con el tiempo de evaluación. A los 60 días, no hubo diferencias significativas en la altura en las plantas de cada uno de los tratamientos, con un máximo de 12.5 cm en las tratadas con 176 esporas, valor similar a lo presentado en plantas no tratadas a los 120 y 180 días. Con 176 esporas, se obtuvo la mayor altura a los 120 y 180 días, con 14.1 y 14.7 cm, respectivamente, sin diferencia significativa con el valor de la altura de plantas tratadas con 128 esporas a los 180 días del cultivo (13.4 cm).

Desde los 60 días, las plantas propagadas por semilla tanto en el tratamiento control como en los tratamientos con esporas, presentaron un incremento en el diámetro de tallo, alcanzando 2.2 mm en plantas control a los 180 días, obteniendo a este tiempo, los mayores valores de diámetro de tallo en los tratamientos con 80, 128 y 176 esporas (3.2, 2.8 y 3 mm, respectivamente), sin diferencias significativas entre éstos.

El número de folíolos incrementó en las plantas inoculadas, respecto al número de esporas, con el mayor número en el tratamiento con 176 esporas, a los 60 (38.5) y 120 días (42.5). A los 180 días del cultivo, se obtuvo una disminución de esta variable tanto en plantas control como en las inoculadas. La mayor área foliar fue observada a los 180 días del cultivo, en las plantas tratadas con 80 y 128 esporas, con baja diferencia significativa a la de plantas control y una alta diferencia significativa con las plantas tratadas con 176 esporas, las que mostraron una disminución en esta variable.

Cuadro 2. Efecto del número de esporas de HMA sobre las variables de supervivencia y crecimiento de plantas de *Dalbergia congestiflora* propagadas por semilla

Table 2. Effect of the number of AMF spores on the survival and growth parameters of seed-propagated *Dalbergia congestiflora* plants

Variable	Edad (días)	Tratamientos (número de esporas)			
		Control	80	128	176
Supervivencia (%)	60	100	100	100	100
	120	60	80	80	80
	180	40	60	80	80
Altura (cm)	60	10.9±0.96 b	11.5±0.95 b	11.3±0.86 b	12.5±0.50 b
	120	11.9±0.65 b	12.6±0.55 b	13.0±0.69 ab	14.1±0.40 a
	180	11.9±0.65 b	13.1±0.59 ab	13.4±0.58 a	14.7±0.79 a
Diámetro (mm)	60	1.5±0.22 c	2.2±0.39 b	2.1±0.85 b	1.9±0.27 b
	120	2.1±0.42 b	3.0±0.09 a	2.4±0.38 b	2.3±0.41 b
	180	2.2±0.32 b	3.2±0.41 a	2.8±0.27 a	3.0±0.04 a
Número de folíolos	60	25.0±3.7 c	31.5±4.2 b	34.7±1.1 b	38.5±2.1 a
	120	27.5±2.2 bc	33.8±1.9 b	31.7±2.6 b	42.5±2.7 a
	180	17.5±2.7 d	23.5±3.1 c	21.7±2.6 c	31.2±2.0 b
Área foliar (cm ²)	180	7.9±1.03 ab	9.1±1.83 a	8.9±3.46 a	6.1±1.00 b

± = Desviación estándar, letras distintas por variable indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

± = standard error, different letter per variable indicates a significant difference ($p < 0.05$).

DISCUSIÓN

Efecto de la inoculación de HMA en plantas micropropagadas

El efecto benéfico de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) sobre la supervivencia en diversas plantas micropropagadas se ha reportado hasta 2.25 veces más, respecto a lo observado en plántulas no inoculadas con HMA, con valores de supervivencia de entre 40 y 80% (da Silva *et al.*, 2017; Ancona *et al.*, 2021; Gómez-Falcón *et al.*, 2023). Estos autores han propuesto que los valores de supervivencia están asociados a la calidad de las plantas en la etapa de propagación y la diferencia en supervivencia es por efecto de los HMA. En este estudio, se observó también un efecto positivo con la inoculación de HMA sobre la supervivencia de las plantas micropropagadas de *D. congestiflora*, ya que se promovió un incremento de dos veces, cuando se inocularon con 128 y 176 esporas. El valor bajo del porcentaje de supervivencia (20%) a los 180 días en plantas micropropagadas no tratadas con esporas de HMA, se sugiere se deba a que éstas sufren un fuerte estrés y no están preparadas para crecer y desarrollarse en las condiciones de invernadero ya que muestran deshidratación, insuficiencia fotosintética, un sistema radicular débil, por lo que requieren de un óptimo sustrato y buenas condiciones de humedad, temperatura y luz, así como la presencia de microorganismos benéficos como los HMA (Pérez *et al.*, 2002; Collado *et al.*, 2004). Con la inoculación de HMA (128 y 176 esporas) en plántulas micropropagadas de *D. congestiflora*, se logró un 40% de supervivencia, con la inoculación de 80 esporas no se consiguió un incremento en la supervivencia.

Los valores de altura y diámetro de tallo en plantas micropropagadas fueron similares en todos los tratamientos durante todo el experimento, sin observar diferencias significativas entre éstos, no encontrando un efecto positivo con la inoculación de HMA. Un aumento en el diámetro del tallo de plantas micropropagadas, cultivadas en invernadero e inoculadas con HMA, se ha reportado en *Hevea brasiliensis* (caucho) (Sosa Rodríguez *et al.*, 2009), así como en *Citrus sinensis* (naranja dulce), inoculadas con *Glomus* spp. Zac-19 (Chávez *et al.*, 2000), obteniendo un valor de 3.5 mm de diámetro en ambas especies. En esta investigación, las plantas micropropagadas e inoculadas con 128 y 176 esporas, obtuvieron solo 1.47 mm de diámetro de tallo a los 180 días y no difirieron de las plantas no inoculadas. Con estos resultados, se sugiere que el tiempo de experimentación fue primordial para observar un efecto positivo, ya que, en otras plantas, como en las de alcachofa (*Cynara cardunculus*), no se ha observado dicho efecto en el crecimiento, debido al corto periodo de evaluación (Pandino *et al.*, 2022). Esta situación ya ha sido observada a los 180 días de crecimiento y después de 6 meses, en plantas micropropagadas de coco (*Cocos nucifera*) inoculadas con HMA, las que mostraron un incremento en el crecimiento y en el área foliar (Gómez-Falcón *et al.*, 2023). En cuanto a esta variable (área foliar), a los 180 días se observó un incremento en plantas inoculadas con 128 y 176 esporas, excepto en el tratamiento con 80. Hay investigaciones en las que se demuestra este efecto positivo, dependiente del número de esporas de inoculación, debido a una alta colonización (Vivas-Cedeño *et al.*, 2018), lo que no pudo comprobarse en la presente investigación, quedando como perspectiva del trabajo.

Efecto de la inoculación de HMA en plantas propagadas por semilla

Los resultados obtenidos en el porcentaje de germinación, concuerdan con lo reportado en diversas investigaciones de especies del género *Dalbergia* (García & Di Stéfano, 2000; Casillas-Sánchez, 2014). En el caso de *D. congestiflora* es necesario mantener condiciones de alta humedad para obtener resultados del 90% de germinación. Casillas-Sánchez (2014) reportó un porcentaje de supervivencia en *D. congestiflora* del 47% a los 15 días del cultivo, en una mezcla de vermiculita + turba (3:1 v/v), lo que difiere con lo obtenido en este trabajo ya que se presentó un porcentaje de supervivencia del 100% hasta los 60 días tanto en plantas control como en plantas inoculadas con los tres tratamientos de HMA (80, 128 y 176 esporas por planta).

Con la inoculación de HMA comercial en plantas germinadas de *D. congestiflora*, se incrementó tanto la altura como el diámetro del tallo, con un mayor efecto cuando se inocularon con 176 esporas, a los 180 días del cultivo. La altura de las plantas en *Dalbergia sissoo* fue entre 17 y 41 cm para plantas sin inocular y plantas inoculadas con HMA respectivamente, en un periodo de

120 días (Mirdhe & Lakshman, 2009), mientras que la altura en plantas de *Dalbergia latifolia*, ésta fue de 19 y 27 cm para plantas sin inocular e inoculadas con HMA en un periodo de 180 días, respectivamente (Saravanan *et al.*, 2013). En las plantas de *D. congestiflora* se obtuvo una altura menor a la altura reportada para especies de *Dalbergia* en periodos de crecimiento similares, con 11.9 y 14.7 cm en plantas sin inocular e inoculadas con HMA, respectivamente. Estos resultados indican que *D. congestiflora* tiene una velocidad de crecimiento menor, en comparación con otras especies del mismo género. Lo anterior, al considerar que Casillas-Sánchez (2014) reportó valores de altura de la planta similares a los observados en este estudio con la misma especie de *Dalbergia*.

Aunque a los 180 días el número de folíolos disminuyó significativamente tanto en plantas control como inoculadas con HMA, a los 120 se observó el mayor número con 42.5 folíolos por planta, en plantas inoculadas con 176 esporas por planta. Este resultado no se relacionó con el área foliar, ya que, a los 180 días, se obtuvo el valor menor en las plantas de este tratamiento (176 esporas/planta), sin diferencia significativa al de las plantas no inoculadas. Las plantas inoculadas con 80 y 128 esporas por planta presentaron los mayores valores de área foliar con 9.1 y 8.9 cm², respectivamente.

En *D. latifolia* se ha reportado un mayor número de hojas y mayor área foliar para plantas inoculadas en relación a las plantas sin inocular (Saravanan *et al.*, 2013), cuyos valores son muy superiores a los observados en el presente estudio. A pesar de que se presentó una disminución en el número de folíolos a los 180 días del cultivo, la inoculación de HMA mostró un efecto positivo en esta variable en plantas de *D. congestiflora*, lo cual se debe posiblemente a una mejor nutrición, principalmente mediante el aporte de fósforo como se ha planteado en algunas investigaciones (Aguirre-Medina *et al.*, 2011; Saravanan *et al.*, 2013). En *D. sisso*, también se infiere que el incremento en biomasa a los 90 días del cultivo en plantas inoculadas con una mezcla de HMA (*Glomus intraradices*, *Gigaspora albida* y *Acaulospora scrobiculata*), se debe a una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes (Bisht *et al.*, 2009).

CONCLUSIONES

El efecto de la inoculación con el consorcio de especies de HMA del producto comercial (*Glomus intraradices*, *G. etunicatum*, *G. clarum* y *Entrophospora columbiana*), con 80, 128 y 176 esporas/planta, fue más notorio en plantas de *D. congestiflora* propagadas por semilla, ya que todas las variables determinadas (supervivencia, altura, diámetro del tallo, número de folíolos y área foliar), presentaron los valores más altos en comparación con las plantas micropropagadas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera y al laboratorio de Biotecnología Vegetal del Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

LITERATURA CITADA

- Aguirre-Medina, J. F., Moroyoqui-Ovilla, D. M., Mendoza-López, A., Cadena-Iñiguez, J., Avendaño-Arrazate, C. H., & Aguirre-Cadena, J. F. (2011). Hongo endomicorrízico y bacteria fijadora de nitrógeno inoculadas a *Coffea arabica* en vivero. *Agronomía Mesoamericana*, 22(1), 71–80. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43721202009>
- Ancona, S., De Mastro, G., Jenderek, M. M., & Ruta, C. (2021). Micropropagation supports reintroduction of an Apulian artichoke landrace in sustainable cropping systems. *Agronomy*, 11(6): 1169. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061169>

- Barboza Nogueira, F. C., Medeiros Filho, S., Baldoni, R. N., & Sampaio e Silva, T. A. (2014). Is the seed dispersal related to spatial pattern of individuals in populations? The Case of *Dalbergia cearensis*. *American Journal of Plant Sciences*, 05(20), 2997–3004. <https://doi.org/10.4236/ajps.2014.520316>
- Bernaola-Paucar, R. M., Ruiz-Blandon, B., Salcedo-Pérez, E., & Zapata-Hernández, I. (2022). Nursery management factors that influence growth and survival of *Pinus douglasiana* in Mexico. *Bosque*, 43(2), 101–115. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002022000200101>
- Bhardwaj, A. K., Chandra, K. K., & Kumar, R. (2023). Water stress changes on AMF colonization, stomatal conductance and photosynthesis of *Dalbergia sissoo* seedlings grown in entisol soil under nursery condition. *Forest Science and Technology*, 19(1), 47–58. <https://doi.org/10.1080/21580103.2023.2167873>
- Bisht, R., Chaturvedi, S., Srivastava, R., Sharma, A. K., & Johri, B. N. (2009). Effect of arbuscular mycorrhizal fungi, *Pseudomonas fluorescens* and *Rhizobium leguminosarum* on the growth and nutrient status of *Dalbergia sissoo* Roxb. *Tropical Ecology*, 50(2), 231–242. <https://www.researchgate.net/publication/255454806>
- Casillas-Sánchez, J. I. (2014). “*Propagación de Tilia americana* var. *mexicana* y *Dalbergia congestiflora*” (Tesis Inédita de Maestría). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, México, 80 p.
- Chávez, M. C. G., Cerrato, R. F., Monter, A. V., & Oropeza, J. L. (2000). Selección de sustratos de crecimiento en microplántulas de cítricos inoculadas con *Glomus* sp. Zac-19. *Terra Latinoamericana*, 18(4), 0. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57318411.pdf>
- Collado, R., Barbón, R., Agramonte, D., Jiménez, F., Pérez, M., Gutiérrez, O., & Ramírez, D. (2004). Establecimiento *in vitro* de ápices y segmento nodales de *Swietenia macrophylla* King. *Biotechnología Vegetal*, 4(3). <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/411>
- da Silva, A. R., de Melo, N. F., & Yano-Melo, A. M. (2017). Acclimatization of micropropagated plants of *Etlingera elatior* (Jack) R. M. Sm. inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi. *South African Journal of Botany*, 113, 164–169. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2017.08.014>
- El Haddadi, R., El Mekkaoui, A., Zouahri, A., Ouazzani Touhami, A., & Douira, A. (2022). Effect of growing media on morpho-physiological quality attributes of *Tetraclinis articulata* seedlings. *Forest Science and Technology*, 18(3), 108–117. <https://doi.org/10.1080/21580103.2022.2104936>
- El Kinany, S., Achbani, E., Faggrou, M., Ouahmane, L., El Hilali, R., Haggoud, A., & Bouamri, R. (2019). Effect of organic fertilizer and commercial arbuscular mycorrhizal fungi on the growth of micropropagated date palm cv. Feggouss. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18(4), 411–417. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2018.01.004>
- García, E. G., & Di Stéfano, J. F. (2000). Temperatura y germinación de las semillas de *Dalbergia retusa* (Papilionaceae), árbol en peligro de extinción. *Revista de Biología Tropical*, 48(1), 43–45. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442000000100005
- Gómez-Falcón, N., Sáenz-Carbonell, L. A., Andrade-Torres, A., Lara-Pérez, L. A., Narváez, M., & Oropeza, C. (2023). Arbuscular mycorrhizal fungi increase the survival and growth of micropropagated coconut (*Cocos nucifera* L.) plantlets. *In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant*, 59(3), 401–412. <https://doi.org/10.1007/s11627-023-10345-5>
- Hernández García, A., Salgado Garciglia, R., & Ambriz Parra, E. (2016). Propagación de *Dalbergia congestiflora* Pittier (Fabaceae) por estaca: efecto de la concentración de AIB y el tejido de la estaca. *Nova Scientia*, 8(17), 87–96. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052016000200087&lng=es&tlng=es
- Hernández-García, A., Ambriz-Parra, E., López-Albarrán, P., León, J. C. De, & Salgado-Garciglia, R. (2021). *In vitro* propagation from axillary buds of the endangered tree

- Dalbergia congestiflora* Pittier (Fabaceae). *Plant Biotechnology*, 38(4), 409–414. <https://doi.org/10.5511/PLANTBIOTECHNOLOGY.21.0901A>
- López-Barreto, C. A. (2015). Evaluación de sobrevivencia e incremento de seis especies forestales maderables en plantaciones de la finca Eco forestal, San Juan del Sur, Rivas. (Tesis inédita de Doctorado). Universidad Nacional Agraria, 21. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442000000100005
- Márquez-Torres, J. F., & Martínez-Garza, C. (2022). Supervivencia de 12 especies de árboles nativos en plantaciones de restauración en la selva estacionalmente seca. *Botanical Sciences*, 100(2), 314–330. <https://doi.org/10.17129/botsci.2878>
- Mežaka, I., Kļaviņa, D., Kaļāne, L., & Kronberga, A. (2023). Large-Scale *in vitro* propagation and *ex vitro* adaptation of the endangered medicinal plant *Eryngium maritimum* L. *Horticulturae*, 9(2), 271. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9020271>
- Mirdhe, R. M., & Lakshman, H. C. (2009). Synergistic effect of arbuscular mycorrhizal fungi and *Rhizobium* inoculation on *Dalbergia sissoo* Roxb. in unsterile soil. *Nat. Environ. Pollut. Technol.*, 8, 781–784. [https://www.neptjournal.com/upload-images/NL-1-28-\(28\)-B-1389.pdf](https://www.neptjournal.com/upload-images/NL-1-28-(28)-B-1389.pdf)
- Mortier, E., Jacquiod, S., Jouve, L., Martin-Laurent, F., Recorbet, G., & Lamotte, O. (2023). Micropropagated walnut dependency on phosphate fertilization and arbuscular mycorrhiza for growth, nutrition and quality differ between rootstocks both after acclimatization and post-acclimatization. *Scientia Horticulturae*, 318, 112081. <https://doi.org/10.1101/2022.11.24.517850>
- Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15(3), 473–497. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>
- Niranjan, R., Mohan, V., & Rao, V. M. (2007). Effect of indole acetic acid on the synergistic interactions of *Bradyrhizobium* and *Glomus fasciculatum* on growth, nodulation, and nitrogen fixation of *Dalbergia sissoo* Roxb. *Arid Land Research and Management*, 21(4), 329–342. <https://doi.org/10.1080/15324980701603573>
- Pandino, G., Lombardo, S., Monaco, A. Lo, Ruta, C., & Mauromicale, G. (2022). Mycorrhizal inoculation improves plant growth and yield of micropropagated early globe artichoke under field conditions. *Agriculture (Switzerland)*, 12(1), 114. <https://doi.org/10.3390/agriculture12010114>
- Patel, B. K., Wolfe, K. S., Patel, S. B., Dugan, K. C., Esbrook, C. L., Pawlik, A. J., Stulberg, M., Kemple, C., Teele, M., & Zeleny, E. (2023). Effect of early mobilisation on long-term cognitive impairment in critical illness in the USA: a randomised controlled trial. *The Lancet Respiratory Medicine*, 11(6), 563–572. [https://doi.org/10.1016/s2213-2600\(22\)00489-1](https://doi.org/10.1016/s2213-2600(22)00489-1)
- Paz, M. P., Trejo, D. A. R., Morales, A. V., & De la Rosa, M. A. M. B. (2023). Fertilization, plant quality and field survival of *Pinus* spp. in Ixtlán de Juárez, state of Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 14(76), 71–92. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v14i76.1324>
- Pérez, J., Mesén, F., Hilje, L., & Aguilar, M. E. (2002). Desarrollo de un método de micropropagación aplicable a genotipos selectos de *Cedrela odorata* L. Optimización de la fase de multiplicación. *Recursos Naturales y Ambiente*, 38, 67–71. <http://bco.catie.ac.cr:8087/portal-revistas/index.php/RRNA/article/view/263/415>
- Pogorzelec, M., Banach-Albińska, B., Serafin, A., & Szczurowska, A. (2014). Population resources of an endangered species *Salix lapponum* L. in polesie lubelskie region (eastern Poland). *Acta Agrobotanica*, 67(4), 81–86. <https://doi.org/10.5586/aa.2014.043>
- Roveda, R., Peñaranda, A., Ramírez, M., Baquero, I., & Galindo P, R. (2012). Diagnosis of chemical soil fertility of the municipalities of Granada and Sylvania for golden cape gooseberry production in Cundinamarca. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 13(2), 179–188. <https://repository.agrosavia.co/items/7aedfb41-25f7-4e25-9f97-33c18401ac59>

Recibido:
20/junio/2025

Aceptado:
2/diciembre/2025

- Ruiz, S. S., Ruíz, J. Á. P., Aispuro, E. S., Simental, J. A. C., & Aispuro, R. E. M. (2021). Survival and growth of *Pinus engelmannii* Carr. In a reforestation from mycorrhization and fertilization. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 12(64). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i64.847>
- Salama, A., Shukla, M. R., Popova, E., Fisk, N. S., Jones, M. P., & Saxena, P. K. (2017). In vitro propagation and reintroduction of golden paintbrush (*Castilleja levisecta*), a critically imperilled plant species. *Canadian Journal of Plant Science*, 98(3), 762–770. <https://doi.org/10.1139/cjps-2017-0207>
- Saravanan, T. S., Rajendran, K., Uma, M., & Chezhian, P. (2013). Effects of bioinoculants on quality seedling production and nutrient uptake of *Casuarina equisetifolia* Forst. grown in decomposed coir pith. In *Microbiological Research In Agroecosystem Management* (pp. 141–154). Springer. http://dx.doi.org/10.1007/978-81-322-1087-0_10
- Sosa Rodríguez, T., Sánchez Nieves, J., Marina Melgarejo, L., Sc, B., Caro Muñoz, M., & Agrónoma, I. (2009). Efecto de la inoculación con hongos formadores de micorrizas arbusculares sobre plántulas de caucho. Effects of inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi on rubber seedlings. In *Acta biol. Colomb.*, 14(3), 31- 46. http://scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-548X2009000300003
- Vivas-Cedeño, J. S., Roger, Y. L., González-Ramírez, I., & Robles-García, J. O. (2018). Hongos micorrízicos arbusculares en el cultivo de plátano en viveros. *Dominio de Las Ciencias*, 4(3), 3–15. https://www.researchgate.net/publication/326722592_Hongos_micorrizicos_arbusculares_en_el_cultivo_de_platano_en_viveros
- Wang, M., Cheng, Z., Li, G., Wang, J., & Uscola, M. (2023). The tradeoff strategy between growth and survival in *Quercus variabilis* seedlings: determining the most limiting resource in the field drive shoot dieback. *Forestry*, 96(4), 575–587. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpac062>
- Watkinson, A. D., Naeth, M. A., & Pruss, S. D. (2022). Nutrient loading *Artemisia cana* seedlings in greenhouse increases nitrogen tissue content and post-outplanting survival. *Restoration Ecology*, 30(5), e13590. <https://doi.org/10.1111/rec.13590>
- Yakhin, O. I., Lubyantsev, A. A., Yakhin, I. A., & Brown, P. H. (2017). Biostimulants in plant science: a global perspective. *Frontiers in Plant Science*, 7, 2049. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.02049>