



PÁG.

CONTENIDO

- 1 Diversidad florística asociada a *Clinopodium macrosternum* y *Litsea glaucescens* en un bosque de encino-pino en Oaxaca, México
Floristic diversity associated to *Clinopodium macrosternum* and *Litsea glaucescens* in an oak-pine forest in Oaxaca, México
Jarquín-Rosales Domitila | Campos Angeles Gisela Virginia | Reyes-Hernández Valentín José | Lozano-Trejo Salvador | Alpuche-Osorno Juan José | Rodríguez-Ortiz Gerardo
- 15 Diversidad morfológica de *Vitis tiliifolia* Humb. & Bonpl. ex Roem. & Schult. (Vitaceae) en poblaciones silvestres de cuatro localidades del estado de Veracruz, México
Morphological diversity of *Vitis tiliifolia* Humb. & Bonpl. ex Roem. & Schult. (Vitaceae) in wild populations from four locations in the state of Veracruz, Mexico
Mata Alejandro Humberto | Castañeda-Chávez María Del Refugio | Aguilar Pérez Luis Alfonso | Mójica-Zárate Héctor Tecumshé | Cruz-Castillo Juan Guillermo
- 27 Regeneración natural arbórea e influencia de factores edáficos de un bosque templado en Guadalupe y Calvo, Chihuahua, México
Natural tree regeneration and influence of edaphic factors in a temperate forest in Guadalupe y Calvo, Chihuahua, Mexico
Mateo-García Mario Francisco | Alanís-Rodríguez Eduardo | García-García Samuel Alberto | Cuellar-Rodríguez Luis Gerardo | Yerena-Yamallel José Israel | Aguirre-Calderón Oscar Alberto
- 47 Estructura, diversidad y captura de carbono del arbolado urbano de un complejo industrial en el noreste de México
Structure, diversity, and carbon sequestration of urban trees in an industrial complex in northeastern Mexico
Alcalá Rojas Alejandro | Alanís Rodríguez Eduardo | Aguirre Calderón Oscar Alberto | Cuellar Rodríguez Gerardo | Yerena Yamallel José Israel | Sandoval García Rufino
- 59 Evaluación de la infestación de *Phoradendron bolleanum* (Seem.) Eichler en *Quercus convallata* Trel. y *Quercus edwardii* Trel. en Durango, México
Evaluation of *Phoradendron bolleanum* (Seem.) Eichler infestation in *Quercus convallata* Trel. and *Quercus edwardii* Trel. in Durango, Mexico
Dominguez-Amaya Mesias Edwin | Briseño Reyes Jaime | Vega-Nieva Daniel José | Corral-Rivas José Javier | Tinoco-Orozco Diana Aime
- 77 Efecto de prácticas agroecológicas basadas en fertilizantes orgánicos en agroecosistemas monocultivo y milpa en la Sierra de Zongolica, Veracruz, México
Effect of agroecological practices based on organic fertilization in monoculture and milpa agroecosystems in the Sierra de Zongolica, Veracruz, Mexico
De La Cruz-De Jesus Mayra Yaneth | Hernández-Vásquez Luis Alfredo | Tecpile Cortes Jaime | Reyes-Rosas Sergio | Armida-Lozano Jorge | Ramírez-Rivera Emmanuel de Jesús | Sánchez-Zavalegui Romeo Alejandro | Del Rosario-Arellano José Luis | Purroy-Vásquez Rubén | Hernández-Salinas Gregorio
- 95 Evaluación de la eficiencia de dos esquemas de fertilización y bioherbicidas en maíz (*Zea mays* L.) en el Valle del Yaqui bajo condiciones de casa sombra y riego localizado
Evaluation of the efficiency of two fertilization schemes and bioherbicides in corn (*Zea mays* L.) in the Yaqui Valley under greenhouse conditions and localized irrigation
Arellano Gil Maritza | Estrella Osuna Luis Enrique | Verdugo Fuentes Abel Alberto | Rodríguez Ramírez Roberto | Villa Lerma Alma Guadalupe | Valdez Mendoza Brissa Jeaneth | Mungarro Ibarra Catalina | Portillo García Luis Enrique
- 107 Viabilidad y germinación del polen de *Agave durangensis*
Viability and germination of *Agave durangensis* Gentry pollen
Salazar Palacios Diana Laura | Delgado Alvarado Eli Amanda | Torres Ricario Rene | Uribe Soto José Natividad | Avila Reyes Jose Antonio | Hernández Vargas Vicente | Pérez Salinas Shaila Nayeli | Chavez Aguilar Fernanda Yoana | Gutiérrez Velázquez Marcela Verónica
- 121 Florivoría por *Euphoria basalis* (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae) y su efecto en la eficiencia reproductiva de *Ipomoea stans* (Convolvulaceae) en el volcán Teuhtli, México
Floral herbivory by *Euphoria basalis* (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae) and its effect on the reproductive success of *Ipomoea stans* (Convolvulaceae) in the Teuhtli Volcano, Mexico
Martínez Cárdenas María de Lourdes | Vargas Miranda Bárbara | Emiliano-Juárez Alejandro A.
- 135 Influencia de la composición del medio de cultivo en la germinación asimbiótica de *Cyrtopodium macrobulbon* (Lex.) G.A. Romero & Carnevali (Orchidaceae)
Influence of the culture medium composition on the asymbiotic germination of *Cyrtopodium macrobulbon* (Lex.) G.A. Romero & Carnevali (Orchidaceae)
Olvera-Casanova Diego Alfredo | Sánchez-Contreras Angeles | Qui-Zapata Joaquín Alejandro | Herrera-Cool Gilbert José | Cob-Uicab José Vidal | López-Puc Guadalupe
- 149 Caracterización polínica en mieles de tres subespecies de *Apis mellifera* L. en Alvarado, Veracruz, México
Pollen characterization in honeys of three subspecies of *Apis mellifera* L. in Alvarado, Veracruz, Mexico
Alemán López Viridiana | López Mata Lauro | Medina Pérez Gabriela | Luna Rodríguez Lorena | Vargas Romero Juan Manuel | Galván Escobedo Iris Grisel

PÁG.

CONTENIDO

- 169 Análisis palinológico y fisicoquímico de mieles de *Apis mellifera* L. en la localidad los Cerritos, Hidalgo, México
Palynological and physicochemical analysis of honey of *Apis mellifera* L. from los Cerritos, Hidalgo, Mexico
Navarrete López Sandra Joceline | Quiroz García David Leonor | Fernández Nava Rafael
- 187 Desarrollo de un protocolo de micropropagación para *Lupinus campestris* Cham. & Schltl. como base para la domesticación y conservación
Development of a micropropagation protocol for *Lupinus campestris* Cham. & Schltl. as a basis for domestication and conservation
Rodríguez Sías Daniela | Pérez Álvarez Sandra | Sánchez-Chávez Esteban | Leyva-Hernández Héctor A. | Uranga-Valencia Luisa Patricia
- 203 Efecto de la meta-topolina sobre la multiplicación y la hiperhidricidad *in vitro* en maguey plateado (*Agave guiengola* Gentry)
Effect of meta-topolin on *in vitro* multiplication and hyperhydricity in silver maguey (*Agave guiengola* Gentry)
Ramírez Mosqueda Marco Antonio | Cadena-Zamudio Jorge David | Cruz-Gutiérrez Esmeralda J. | Sandoval-Cansino Gabriela | Delgado-Aceves María de Lourdes | Gutiérrez-Mora Antonia
- 215 Evaluación de la toxicidad del aceite esencial de *Monarda fistulosa* L. en ratones C57BL/6
Evaluation of the toxicity of the essential oil of *Monarda fistulosa* L. in C57BL/6 Mice.
Delgadillo Puga Claudia | Cariño-Cervantes Yonatan Y. | Cruz-Martínez Yesica R. | Torre-Villalvazo Iván
- 231 Respostas fotossintéticas de espécie fitorremediadora à elevação de salinidade no meio aquático.
Photosynthetic responses of phytoremediating species to increased salinity in aquatic environments
da Silva Bastos Guimarães Alice | Moll Hüther Cristina | Jimenez de Almeida Rigueira Roberta | Soares de Melo Pedro | Martins Corrêa Gabriela | Amado Garcia Silva Rodrigo | Oswald Silveiras Kircher Doris
- 251 Actividad antifúngica y tripanocida *in vitro* de extractos de *Dysphania ambrosioides* (L.) Mosyakin y clemants
In vitro antifungal and trypanocidal activity of extracts of *Dysphania ambrosioides* (L.) Mosyakin y clemants
Santiago Martínez Angeles | Riley Saldaña Christian Anabí | Moreno Rodríguez Adriana | De Fuentes Vicente José Antonio | de la Cruz Chacón Iván
- 271 Efecto de nanotubos de carbono sobre la germinación y desarrollo de *Agave salmiana* de diversos períodos de colecta
Effect of carbon nanotube on the germination and development of *Agave salmiana* of various collection periods
Gómez-Pelayo Berenice | García-Nuñez Hilda Guadalupe | Arzate-Fernández Amaury Martín | Reyes-Díaz Jesús Ignacio
- 289 Crecimiento micelial *in vitro* de *Auricularia nigricans* en residuos lignocelulósicos disponibles en el estado de Campeche, México
In vitro mycelial growth of *Auricularia nigricans* in available lignocellulosic waste from the state of Campeche, Mexico
De la Cruz Blanco Geydi Mariela | Gaitán Hernández Rigoberto | Flota Bañuelos Carolina | Casanova Pérez Lorena | Sierra Sigfrido | Rosales Martinez Veronica
- 305 *Sesuvium portulacastrum* en la fitorremediación para suelos salinos como estrategia ambiental sostenible
Sesuvium portulacastrum in phytoremediation of saline soils as a sustainable environmental strategy
Gómez Peraza Rosa Luz | Valenzuela Quiñónez Wenceslao | Espinosa Alonso Laura Gabriela | Galaviz Julian Alberto | Medina Gogoy Sergio | Hernández Armenta Jesús Uriel
- 317 Patogenicidad de *Corynespora cassiicola* y su control *in vitro* con *Bacillus subtilis* CBCK47 y extracto acuoso de *Croton chichenensis*
Pathogenicity of *Corynespora cassiicola* and its *in vitro* control with *Bacillus subtilis* CBCK47 and aqueous extract of *Croton chichenensis*
Rivero Uribe Adriana Rubi | Moo Koh Felicia Amalia | Cristóbal Alejo Jairo | Reyes Ramírez Arturo | Tun Suárez José María | Gamboa Angulo María Marcela
- 333 Plantas medicinales utilizadas para enfermedades respiratorias en habitantes de Pisaflores, Hidalgo, México
Medicinal plants used for respiratory diseases among inhabitants of Pisaflores, Hidalgo, Mexico
Lara Reimers Eduardo Alberto | Montesinos Adan Leonel Rosario | Mora Olivo Arturo | García Martínez José Eduardo | Cruz García Francisco | González Fuentes José Antonio | Encinas Domínguez Juan Antonio | Preciado Rangel Pablo
- 353 Análisis etnobotánico de variedades locales de maguey pulquero en el noreste del Estado de México
Ethnobotanical analysis of local varieties of maguey pulquero in the northeast of the Estado de México
Cruz Vasconcelos Sonia Teresa | Ramírez Herrera Carlos | Cruz Huerta Nicacio | Reyes Hernández Valentín José | Gómez Guerrero Armando
- 369 Bioculturalidad a través de los hongos comestibles silvestres y cultivados en San Pedro Benito Juárez, Atlixco, Puebla
Bioculturality through wild and cultivated edible mushrooms in San Pedro Benito Juarez, Atlixco, Puebla
Segura Ruiz Karla Elaine | Casiano Ventura Miguel Angel | Sobal Cruz Mercedes | Morales Almora Porfirio
- 381 Las plantas medicinales utilizadas en la cabecera municipal de San Antonio Cañada, Puebla, México
Medicinal plants used in the municipal seat of San Antonio Cañada, Puebla, Mexico
De la luz-González Andrea | Martínez-Moreno David | Reyes-Matamoros Jenaro | Andrés-Hernández Agustina Rosa | Reyes-Azcárate Yessica
- 401 Arvenses asociadas al cajete de maguey pulquero, en Lerma, México: énfasis en el uso de especies de Asteraceae
Weed species associated with the pulque agave basin in Lerma, Mexico: emphasis on the use of Asteraceae species
González Estrada Teresa de Jesús | Sánchez-Nava Susana | Franco-Mora Omar | Sánchez-Pale Jesús Ricardo

POLIBOTÁNICA

Núm. 62

ISSN electrónico: 2395-9525

Julio 2026

Portada



El proceso comunitario de aprendizaje y aprovechamiento sustentable de hongos comestibles a partir de residuos agrícolas, como rastrojo de maíz y frijol, representa una alternativa agroecológica que fortalece la soberanía alimentaria, promueve el uso responsable de recursos locales y contribuye a la revitalización del conocimiento etnomicológico tradicional. La participación comunitaria, el intercambio gastronómico y la transmisión intergeneracional de saberes reflejan la estrecha relación entre patrimonio biocultural, innovación tecnológica y resiliencia social en contextos rurales indígenas.

The community-based process of learning and sustainable use of edible mushrooms through agricultural residues, such as maize and bean straw, represents an agroecological alternative that strengthens food sovereignty, promotes the responsible use of local resources, and contributes to the revitalization of traditional ethnomycological knowledge. Community participation, gastronomic exchange, and the intergenerational transmission of knowledge reflect the close relationship between biocultural heritage, technological innovation, and social resilience in indigenous rural contexts.

por/by
Rafael Fernández Nava

REVISTA BOTÁNICA INTERNACIONAL DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

EQUIPO EDITORIAL

Angela Catalina Mendoza González,
Instituto Politécnico Nacional, México

Ricardo Valenzuela Garza,
Instituto Politécnico Nacional, México

Carlos Fabián Vargas Mendoza,
Instituto Politécnico Nacional, México

Rafael Fernández Nava,
Instituto Politécnico Nacional, México

EDITORES ASOCIADOS

Xitlali Aguirre Dugua,
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México

Fernando Alzate Guarín,
Universidad de Antioquia, Colombia

María de la Luz Arreguín Sánchez,
IPN, México

Itzel Becerra Absalón,
UNAM, México

Alexander Berrocal-Jiménez,
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

José Juan Blancas Vázquez,
Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México

Mireya Burgos Hernández,
Colegio de Postgraduados, México

Alexandre Toshirrico Cardoso Taketa,
Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México

Gustavo Cruz-Cárdenas,
IPN, México

Luis Enrique Eguarte Fruns,
UNAM, México

Adolfo Espejo Serna,
UAM Iztapalapa, México

Javier Carlos Estrada Sánchez,
Universidad de los Andes, Venezuela

María Teresa Fernández-Marrón,
Universidad Complutense de Madrid, España

Daniel Freitas Freire Martins,
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Brazil

Roberto Garibay Orijel,
UNAM, México

Gregorio del Carmen Godoy Hernández,
CICY, A.C. México

Diódoro Granados Sánchez,
Universidad Autónoma Chapingo, México

Anahí N. Herrera Cano,
Universidad de Buenos Aires, Argentina

María de los Ángeles Herrera Campos,
UNAM, México

Omaira Hokche,
Universidad Central de Venezuela, Venezuela

Francisco Martín Huerta Martínez,
Universidad de Guadalajara, México

Blanca León,
University of Texas at Austin, USA

Hilda P. León Tejera,
UNAM, México

Victor M. Loyola Vargas,
CICY, A.C. México

Miguel Ángel Macías Rodríguez,
Universidad de Guadalajara, México

Tomás Martínez Trinidad,
Colegio de Postgraduados, México

Juan Luis Mata,
University of South Alabama, USA

Diana Miriam Mc Caughey Espinoza,
Universidad de Sonora

Natalia Mesa Sierra,
USDA Forest Service, USA

Demetria Martha Mondragón Chaparro,
IPN, México

María Eugenia Morales-Puentes,
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Eberto Novelo Maldonado,
UNAM, México

Gilberto Alejandro Ocampo Acosta,
Universidad Autónoma de Aguascalientes, México

Neftalí Ochoa Alejo,
CINVESTAV, México

Ileana Ortegón Aznar,
Universidad Autónoma de Yucatán, México

María Lelia Pochettino,
Universidad Nacional de La Plata, Argentina

Francisco Reyes Zepeda,
Universidad Autónoma de Tamaulipas

Paz Alejandra Quintanar Isaías,
UAM-Iztapalapa, México

Beatriz Quiroz-González,
IPN, México

Carlos Ramírez Vargas,
Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

Juan Antonio Reyes-Agüero,
Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México

Valentín José Reyes Hernández,
Colegio de Postgraduados, México

Rafael Salgado Garciglia,
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

Primo Sánchez Morales,
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México

Odilón Manuel Sánchez Sánchez,
Universidad Veracruzana, México

Thália do Socorro Serra Gama,
University of Sao Paulo, Brazil

Sigfrido Sierra Galván,
UNAM, México

Heike Vibrans,
Colegio de Postgraduados, México

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

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

CONSEJO EDITORIAL

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

María del Socorro González Elizondo,
Instituto Politécnico Nacional, México

Dra. Silvia Evangelista Lozano,
Instituto Politécnico Nacional, México

Luis Gerardo Zepeda Vallejo,
Instituto Politécnico Nacional, 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 Ruizb*

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: *Mtra. Ana María Arrona González*

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

ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Director

Dr. Mario Alberto Rodríguez Casas

Subdirectora Académica:

Biol. Elizabeth Guarneros Banuelos

Jefe de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación:

Dr. Edgar Gregorio Cárcamo Villalobos

Subdirector de Servicios Educativos e Integración Social:

Biól. Gonzalo Galindo Becerril

POLIBOTÁNICA, Año 30, No. 62, Julio 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>

EVALUACIÓN DE LA INFESTACIÓN DE *Phoradendron bolleanum* (SEEM.) EICHLER EN *Quercus convallata* TREL. Y *Quercus edwardii* TREL. EN DURANGO, MÉXICO

EVALUATION OF *Phoradendron bolleanum* (SEEM.) EICHLER INFESTATION IN *Quercus convallata* TREL. AND *Quercus edwardii* TREL. IN DURANGO, MEXICO

Dominguez-Amaya, Mesias Edwin; Briseño Reyes, Jaime; Vega-Nieva, Daniel José; Corral-Rivas, José Javier; Tinoco-Orozco, Diana Aime

EVALUACIÓN DE LA INFESTACIÓN DE *Phoradendron bolleanum* (SEEM.) EICHLER EN *Quercus convallata* TREL. Y *Quercus edwardii* TREL. EN DURANGO, MÉXICO

EVALUATION OF *Phoradendron bolleanum* (SEEM.) EICHLER INFESTATION IN *Quercus convallata* TREL. AND *Quercus edwardii* TREL. IN DURANGO, MEXICO

**Instituto Politécnico Nacional**

Núm. 62: 59-76 México. Julio 2026

DOI: 10.18387/polibotanica.62.5



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

Evaluación de la infestación de *Phoradendron bolleanum* (Seem.) Eichler en *Quercus convallata* Trel. y *Quercus edwardii* Trel. en Durango, México

Evaluation of *Phoradendron bolleanum* (Seem.) Eichler infestation in *Quercus convallata* Trel. and *Quercus edwardii* Trel. in Durango, Mexico

Dominguez-Amaya, Mesias Edwin; Briseño Reyes, Jaime; Vega-Nieva, Daniel José; Corral-Rivas, José Javier; Tinoco-Orozco, Diana Aime

EVALUACIÓN DE LA INFESTACIÓN DE *Phoradendron bolleanum* (SEEM.) EICHLER EN *Quercus convallata* TREL. Y *Quercus edwardii* TREL. EN DURANGO, MÉXICO

EVALUATION OF *Phoradendron bolleanum* (SEEM.) EICHLER INFESTATION IN *Quercus convallata* TREL. AND *Quercus edwardii* TREL. IN DURANGO, MEXICO

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 62: 59-76. Julio 2026

DOI:
10.18387/polibotanica.62.5

Dominguez Amaya, Mesias Edwin / <https://orcid.org/0009-0004-7122-3372>

Briseño Reyes, Jaime / <https://orcid.org/0000-0003-0732-4908>

Autor de correspondencia: jaime.briseno@ujed.mx

Vega Nieva, Daniel José / <https://orcid.org/0000-0002-1463-6523>

Corral Rivas, José Javier / <https://orcid.org/0000-0002-2851-7517>

Tinoco Orozco, Diana Aime / <https://orcid.org/0009-0004-1390-8699>

Universidad Juárez del Estado de Durango,

Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales

RESUMEN: El muérdago verdadero (*Phoradendron bolleanum* (Seem.) Eichler) es uno de los principales agentes de deterioro del arbolado en México; sin embargo, su efecto sobre especies del género *Quercus* es aún poco conocido, particularmente desde una perspectiva dinámica del crecimiento. En este estudio se evaluó la infestación y su efecto sobre variables dasométricas, considerando la modelación de su distribución potencial para comprender su comportamiento ecológico y aportar elementos para el manejo forestal.

Se muestrearon 80 individuos de *Quercus convallata* Trel. y *Quercus edwardii* Trel. en el ejido Otinapa, Durango, distribuidos en un transecto de 3.5 km y clasificados en cuatro niveles de infección según la escala de Hawksworth. Se registraron diámetro, altura y volumen en dos momentos (2019 y 2026), lo que permitió evaluar cambios temporales en el crecimiento. Debido al incumplimiento de los supuestos de normalidad (Prueba de Shapiro-Wilk), se aplicaron pruebas no paramétricas (Kruskal-Wallis) para analizar la interacción entre el nivel de infestación y el tiempo.

El nivel de infestación no tuvo un efecto significativo sobre el volumen ($p > 0.05$). En contraste, se detectaron efectos significativos sobre el crecimiento en diámetro ($p < 0.01$) y altura ($p < 0.001$). Estos resultados sugieren que, aunque el muérdago no modifica de manera evidente el volumen del arbolado, sí influye en sus tasas de crecimiento, particularmente en diámetro y altura.

En cuanto a la modelación, ambos enfoques presentaron alta capacidad predictiva, destacando el modelo Random Forest con un mayor desempeño (AUC = 0.986; exactitud = 0.959; Kappa = 0.914) en comparación con MaxEnt (AUC = 0.957 ± 0.005). No obstante, ambos modelos mostraron patrones espaciales consistentes en la delimitación de las áreas potenciales de distribución.

En conjunto, los resultados indican que *P. bolleanum* funciona como un factor de estrés crónico que altera principalmente la dinámica de crecimiento del arbolado, más que su estructura inmediata. Asimismo, su distribución potencial permite identificar, a escala regional, las áreas donde su impacto ecológico podría ser más significativo.

Palabras clave: Muérdago, *Quercus*, distribución potencial, Random Forest, MaxEnt

ABSTRACT: True mistletoe (*Phoradendron bolleanum* (Seem.) Eichler) is one of the main agents of forest deterioration in Mexico; however, its effects on species of the genus *Quercus* remain poorly understood, particularly from a growth dynamics perspective. This study evaluated infestation and its effects on dasometric variables, incorporating potential distribution modeling to better understand its ecological behavior and provide insights for forest management.

A total of 80 individuals of *Quercus convallata* Trel. and *Quercus edwardii* Trel. were sampled in the Otinapa ejido, Durango, along a 3.5 km transect and classified into four infection levels according to the Hawksworth scale. Diameter, height, and volume were recorded at two time points (2019 and 2026), allowing the assessment of temporal growth changes. Due to violations of normality assumptions (Shapiro–Wilk test), non-parametric tests (Kruskal–Wallis) and mixed-effects models were applied to analyze the interaction between infestation level and time.

Results showed that all dasometric variables exhibited significant increases between 2019 and 2026 ($p < 0.001$), reflecting overall tree growth during the evaluated period. However, infestation level did not have a significant effect on volume ($p > 0.05$). In contrast, significant effects were detected on diameter ($p < 0.01$) and height growth ($p < 0.001$). These findings suggest that, although mistletoe does not directly modify tree volume, it does influence growth rates, particularly in diameter and height.

Regarding distribution modeling, both approaches showed high predictive performance, with Random Forest outperforming MaxEnt (AUC = 0.986; accuracy = 0.959; Kappa = 0.914) compared to MaxEnt (AUC = 0.957 ± 0.005). Nevertheless, both models exhibited consistent spatial patterns in identifying potential distribution areas.

Overall, the results indicate that *P. bolleanum* acts as a chronic stress factor that primarily alters tree growth dynamics rather than immediate stand structure. Additionally, its potential distribution allows for the identification, at a regional scale, of areas where its ecological impact may be most significant.

Key words: Mistletoe, *Quercus*, potential distribution, Random Forest, MaxEnt

INTRODUCCIÓN

Los bosques templados de México representan un componente importante del territorio nacional, debido a su amplia extensión y a la diversidad de especies que albergan (Monárrez-González *et al.*, 2018). Dentro de este tipo de vegetación, las comunidades de pino-encino destacan por su alta riqueza florística y por ser uno de los principales componentes de las regiones montañosas del país. En este contexto, el género *Quercus* presenta una alta diversidad en México, con aproximadamente 161 especies registradas (Valencia-A., 2004), de las cuales una proporción importante es endémica (Gorgonio-Ramírez *et al.*, 2017), lo que posiciona al país como uno de los principales centros de diversificación del género a nivel mundial (Uribe-Salas *et al.*, 2019).

En particular, los encinos se distribuyen ampliamente en México y forman parte importante de los bosques templados, donde se presentan bajo diferentes condiciones de composición florística y estructura del arbolado, en términos de densidad, altura y diámetro (Barrios-Calderón *et al.*, 2022; García-García *et al.*, 2019). Estos ecosistemas proporcionan diversos bienes y servicios, tales como madera, leña, carbón, protección del suelo y almacenamiento de carbono, además de poseer un valor cultural y paisajístico relevante (Mora-Donjuán *et al.*, 2017; Villegas *et al.*, 2025). En regiones como la Sierra Madre Occidental, constituyen un componente dominante del paisaje forestal (Amarán *et al.*, 2024; García-García *et al.*, 2019). A pesar de su importancia ecológica y social, los encinares han disminuido debido a factores naturales y a la presión antrópica (Antonio-Vázquez *et al.*, 2025; Flores-Villegas & Maldonado, 2026; Sosa-Ramírez *et al.*, 2011).

Entre los agentes que afectan la salud de estos ecosistemas, los muérdagos —plantas hemiparásitas ampliamente distribuidas en México— destacan por su capacidad de modificar el crecimiento y la condición fisiológica del arbolado (Flores-Villegas & Maldonado, 2026). Tanto los muérdagos enanos (*Arceuthobium* spp.) como los muérdagos verdaderos (*Phoradendron*, *Psittacanthus* y *Cladocolea*) pueden provocar reducción del crecimiento, deformación de ramas, pérdida de vigor y mayor susceptibilidad a otros organismos (Martínez Salvador *et al.*, 2015; Watson & Martínez-Trinidad, 2006). En niveles severos de infestación pueden ocasionar la muerte del arbolado (Arriola-Padilla *et al.*, 2013; Clark-Tapia *et al.*, 2011). En México, se ha estimado que millones de hectáreas de superficie forestal se encuentran infestadas por muérdago (Vázquez-Collazo *et al.*, 2006). En el estado de Durango, se ha documentado su presencia en encinos en diferentes grados de infestación, lo que evidencia su relevancia en los bosques templados de la región (Villegas *et al.*, 2025).

En encinos, especies como *Phoradendron bolleanum* (Seem.) Eichler también cumplen funciones ecológicas relevantes (Queijeiro-Bolaños *et al.*, 2011), al proporcionar alimento y refugio para diversas especies de aves (Contreras-Trejo *et al.*, 2024). Sin embargo, cuando la infestación es elevada, pueden generarse efectos negativos en el desarrollo del árbol hospedero, particularmente a través de limitaciones en la adquisición de agua y nutrientes, lo que puede traducirse en cambios en las tasas de crecimiento más que en modificaciones estructurales inmediatas, como se ha documentado en otras especies forestales (Szmidla *et al.*, 2019). Este aspecto ha sido poco explorado en especies del género *Quercus*, en contraste con lo ampliamente documentado en coníferas.

Para cuantificar la severidad de la infestación, el sistema de clasificación de Hawksworth (DMR) es uno de los métodos más utilizados, ya que permite estimar el nivel de infección con base en la proporción de copa afectada (Hawksworth, 1996; Martínez Salvador *et al.*, 2015). Por otra parte, los modelos de distribución potencial permiten estimar la idoneidad ambiental de las especies a partir de datos de presencia y variables ambientales. Entre estos, el algoritmo de Máxima Entropía (MaxEnt) y el modelo Random Forest han sido ampliamente utilizados para predecir la distribución potencial de especies forestales (Cutler *et al.*, 2007; Lu *et al.*, 2022; Ren *et al.*, 2020; Zhang *et al.*, 2016). Estos modelos permiten identificar áreas con condiciones favorables para la presencia potencial de las especies, y constituyen una herramienta útil para contextualizar su comportamiento a escala regional.

En este contexto, resulta necesario evaluar no sólo el efecto de la infestación sobre variables dasométricas en un momento dado, sino también su influencia sobre la dinámica de crecimiento del arbolado. Por ello, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la infestación de *Phoradendron bolleanum* sobre el crecimiento (diámetro, altura y volumen) de *Quercus convallata* y *Quercus edwardii* en el ejido Otinapa, Durango, bajo un enfoque temporal que permita interpretar estos efectos en relación con su distribución potencial a escala regional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y diseño del muestreo

El área de estudio se localiza en el ejido Otinapa, municipio de Durango, en el estado de Durango, México, dentro de la Sierra Madre Occidental. La zona corresponde a un ecosistema de bosque templado dominado por asociaciones de pino-encino, característico de las regiones montañosas del estado (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2015). Este tipo de vegetación se desarrolla en altitudes elevadas bajo condiciones climáticas templadas a subhúmedas, favoreciendo la coexistencia de especies de los géneros *Pinus* y *Quercus*.

El diseño de muestreo se planteó como un estudio exploratorio con un componente longitudinal, con el objetivo de evaluar tanto el estado dasométrico como la dinámica de crecimiento en relación con los niveles de infestación de *Phoradendron bolleanum*. Este enfoque permite analizar no sólo diferencias estructurales entre individuos, sino también cambios en el tiempo asociados a la infestación.

Para el levantamiento en campo se estableció un transecto de 3.5 km a lo largo de la carretera que conduce al ejido Otinapa, entre las coordenadas 24° 02' 45.38" N, 105° 00' 40.29" O y 24° 02' 19.68" N, 105° 00' 08.05" O (Figura 1). A lo largo de este se seleccionaron 80 árboles del estrato superior (individuos dominantes y codominantes), distribuidos en cuatro niveles de infección con 20 individuos por categoría.

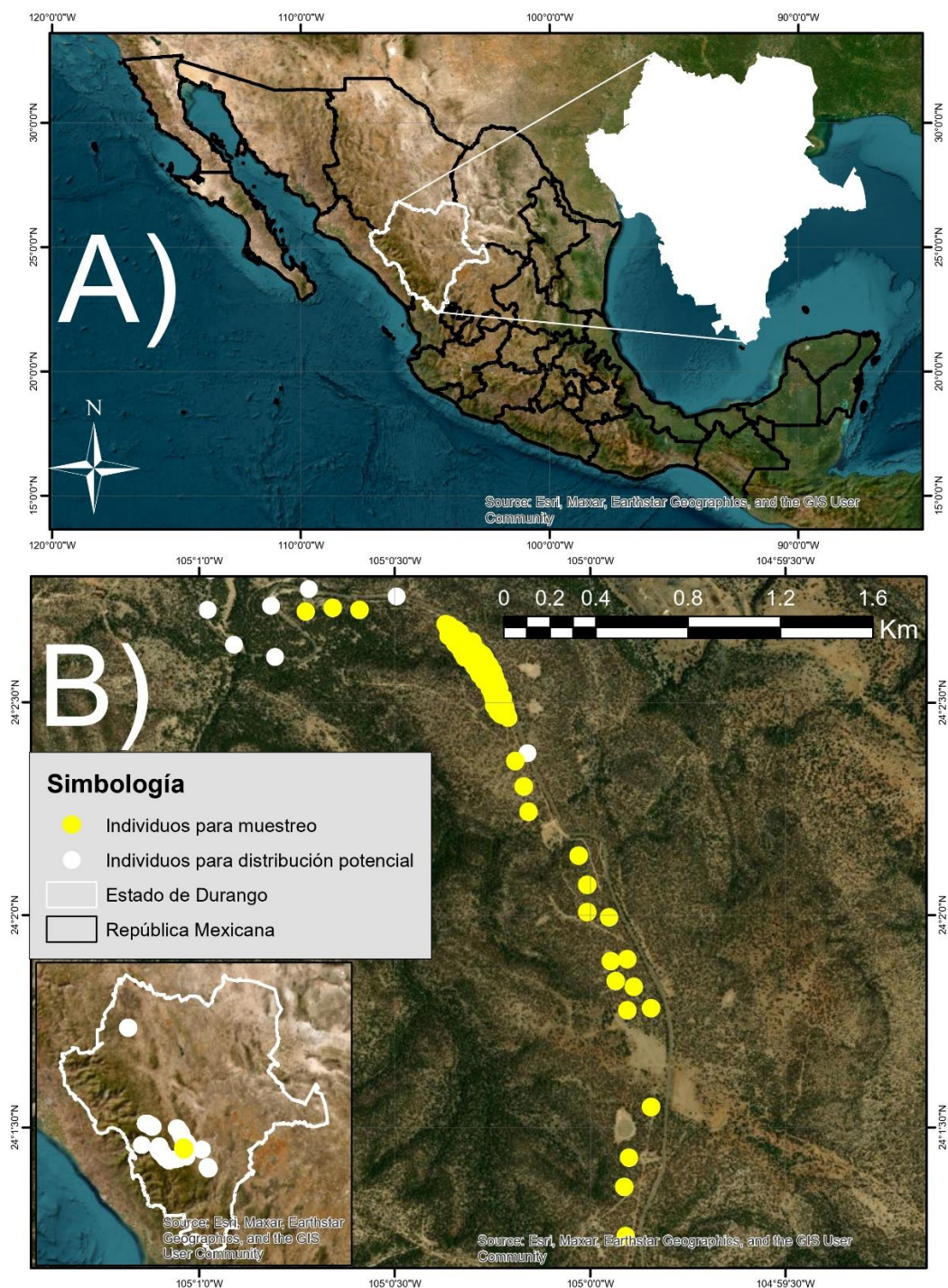


Figura 1. Localización del área de estudio en el ejido Otinapa, municipio de Durango, estado de Durango, México. **A.** Ubicación del estado de Durango en México, **B.** Sitio de muestreo con individuos registrados (puntos amarillos) y distribución potencial (puntos blancos).

Figure 1. Location of the study area in the ejido Otinapa, municipality of Durango, state of Durango, Mexico. **A.** Location of the state of Durango in Mexico. **B.** Sampling site with recorded individuals (yellow points) and potential distribution (white points).

La clasificación de los niveles de infestación (0, 2, 4 y 6) se basó en una simplificación de la escala de Hawksworth, agrupando las categorías en clases representativas de ausencia, infestación leve, moderada y severa en función del porcentaje de copa afectada (Hawksworth, 1996; Martínez Salvador *et al.*, 2015).

Los mismos individuos fueron evaluados en dos momentos (2019 y 2026), lo que permitió generar una base de datos pareada para el análisis de cambios en el crecimiento. El muestreo se enfocó en árboles del estrato superior, ya que en individuos de menor tamaño no se registró presencia de muérdago (Clark-Tapia *et al.*, 2011).

De manera complementaria, se integró una base de datos de 474 registros de presencia georreferenciados, obtenidos mediante recorridos en la Sierra Madre Occidental, utilizados exclusivamente para la modelación de distribución potencial.

Variables dasométricas

Se midieron el diámetro normal (D), la altura total (H) y el cálculo de volumen del fuste (V) en individuos del estrato superior en ambos periodos de evaluación. El volumen se estimó mediante la ecuación:

$$V = 0.25226855 D^2 H$$

donde V es el volumen (m³), D el diámetro normal (cm) y H la altura total (m) (Pompa-García & Solís-Moreno, 2008).

Para asegurar la comparabilidad entre niveles de infestación, se seleccionaron individuos con rangos dasométricos similares, considerando que en especies de *Quercus* valores equivalentes de diámetro y altura corresponden a rangos de edad relativamente homogéneos (Quiñonez-Barraza *et al.*, 2019).

Procesamiento estadístico

El análisis estadístico se realizó en el entorno R (R Core Team, 2024). Se evaluaron los supuestos de normalidad (prueba de Shapiro–Wilk) y homogeneidad de varianzas (prueba de Levene).

Atendiendo al incumplimiento de los supuestos de normalidad, se emplearon pruebas no paramétricas (Kruskal–Wallis) para evaluar diferencias entre niveles de infestación. Adicionalmente, se realizaron pruebas pareadas (t de Student y Wilcoxon) para comparar las variables dasométricas entre 2019 y 2026.

Para evaluar la dinámica de crecimiento, se calcularon variables de cambio (Δ), definidas como la diferencia entre los valores de 2026 y 2019 para cada individuo. Estas variables fueron analizadas en función del nivel de infestación mediante pruebas no paramétricas.

Asimismo, se ajustaron modelos lineales mixtos (LMM), considerando el volumen, diámetro y altura como variables respuesta, el nivel de infestación y el tiempo como efectos fijos, y el individuo como efecto aleatorio. Este enfoque permitió evaluar la interacción entre infestación y tiempo, así como la variabilidad intraindividual.

Variables bioclimáticas

Se registraron las coordenadas de 20 árboles por nivel de infección y, adicionalmente, se seleccionaron aleatoriamente 20 individuos para la validación del modelo de distribución potencial. Como variables predictoras se emplearon 19 variables bioclimáticas (Tabla 1) obtenidas de la base de datos WorldClim (Hijmans *et al.*, 2005) en formato ASCII (.asc), con una resolución espacial de 1 km.

Asimismo, se incorporaron variables topográficas derivadas de un modelo digital de elevación con resolución de 30 m (INEGI, 2013), a partir del cual se obtuvieron la altitud, pendiente y exposición bajo el mismo formato (.asc).

El procesamiento y la estandarización de las variables se realizaron siguiendo criterios comúnmente empleados en estudios de modelación de distribución potencial, incluyendo la depuración y control de calidad de los datos (Cobos *et al.*, 2018; Flores-Villegas & Maldonado, 2026). Finalmente, las capas se integraron en formato ráster (.asc) con sistema de coordenadas geográficas Datum WGS-84.

Tabla 1. Variables bioclimáticas utilizadas.
Table 1. Bioclimatic variables used.

Variable	Descripción	Unidad de medida
BIO1	Temperatura media anual	(°C)
BIO2	Amplitud térmica diurna media	(media mensual de (°C max - °C min))
BIO3	Isotermia (BIO2/BIO7) (* 100)	$\left(\frac{BIO2}{BIO7}\right) 100$
BIO4	Estacionalidad de temperatura	(desviación estándar * 100)
BIO5	Temperatura máxima del mes más cálido	(°C)
BIO6	Temperatura mínima del mes más frío	(°C)
BIO7	Amplitud térmica anual (BIO5-BIO6)	(°C) (BIO5 - BIO6)
BIO8	Temperatura media del trimestre más lluvioso	(°C)
BIO9	Temperatura media del trimestre más cálido	(°C)
BIO10	Temperatura media del trimestre más seco	(°C)
BIO11	Temperatura media del trimestre más frío	(°C)
BIO12	Precipitación anual	(mm)
BIO13	La precipitación del mes más lluvioso	(mm)
BIO14	La precipitación del mes más seco	(mm)
BIO15	Estacionalidad de la precipitación	(coeficiente de variación %)
BIO16	Precipitación del trimestre más lluvioso	(mm)
BIO17	Precipitación del trimestre más seco	(mm)
BIO18	Precipitación del trimestre más cálido	(mm)
BIO19	Precipitación del trimestre más frío	(mm)

Modelación de distribución potencial

De manera complementaria, se realizó un análisis de distribución potencial con el propósito de identificar áreas con condiciones ambientales favorables para la presencia del muérdago en el estado de Durango, México. Este enfoque permite ampliar el conocimiento sobre la distribución del grupo, considerando evidencias recientes que señalan una mayor extensión que *Arceuthobium* (Flores-Villegas & Maldonado, 2026). En este sentido, los modelos generados en este trabajo sirven como base para la identificación de áreas potenciales de presencia de la especie y para la comparación del desempeño entre algoritmos de modelación, contribuyendo al análisis de su comportamiento ecológico a escala regional.

Random Forest

El modelado de la distribución potencial se realizó mediante el algoritmo Random Forest utilizando la plataforma de computación geoespacial en la nube Google Earth Engine. Este método de aprendizaje automático ha sido ampliamente utilizado en estudios ecológicos debido a su capacidad para modelar relaciones no lineales y manejar interacciones complejas entre variables ambientales (Breiman, 2001; Cutler *et al.*, 2007).

Se emplearon 474 registros de presencia georreferenciados de *Phoradendron bolleanum*, obtenidos mediante observación directa en campo dentro del estado de Durango, México, delimitando así el área de estudio a una escala regional.

Debido a la ausencia de datos de ausencia confirmada, se generaron pseudoausencias mediante selección aleatoria dentro del área de estudio, aplicando un buffer de 5 km alrededor de los registros de presencia para reducir la autocorrelación espacial y evitar la inclusión de áreas potencialmente ocupadas (Barbet-Massin *et al.*, 2012). Como variables predictoras se utilizaron 19 variables bioclimáticas obtenidas de la base de datos WorldClim (Hijmans *et al.*, 2005), junto

con variables topográficas (altitud, pendiente y exposición), previamente estandarizadas a una resolución espacial de 1 km.

El modelo fue entrenado con 300 árboles de decisión, combinando los datos de presencia y pseudoausencia. La importancia de las variables se evaluó mediante la disminución de impureza (Gini importance). El resultado consistió en un mapa continuo de probabilidad de presencia, interpretado como idoneidad ambiental relativa para la especie.

Máxima Entropía

El modelado de la distribución potencial se realizó mediante el algoritmo de Máxima Entropía implementado en el software MaxEnt versión 3.4.1 (Phillips *et al.*, 2006), utilizando los mismos registros de presencia y variables ambientales empleados en el modelo de Random Forest, con el propósito de comparar el desempeño de ambos enfoques bajo un mismo conjunto de datos.

El modelo se construyó a partir de 474 registros de presencia georreferenciados de *Phoradendron bolleanum*, obtenidos mediante observación directa en campo dentro del estado de Durango. Se emplearon como variables predictoras 19 variables bioclimáticas de WorldClim (Hijmans *et al.*, 2005), así como variables topográficas (altitud, pendiente y exposición), previamente estandarizadas a una resolución espacial de 1 km, siguiendo enfoques comúnmente utilizados en estudios de distribución potencial (Flores-Villegas & Maldonado, 2026).

Se realizaron 10 réplicas mediante la técnica de remuestreo Bootstrap, en la cual los datos son muestreados con reemplazo para generar diferentes particiones de entrenamiento y validación. En cada réplica se asignó el 40% de los registros para validación, lo que permitió evaluar la estabilidad y capacidad predictiva del modelo (Elith *et al.*, 2011; Phillips *et al.*, 2010).

La calidad del modelo se evaluó mediante el Área Bajo la Curva (AUC), así como mediante la prueba de Jackknife para determinar la contribución relativa de las variables ambientales. Para la generación de mapas de distribución potencial, las salidas continuas fueron reclasificadas en ArcGIS versión 10 (Environmental Systems Research Institute, 2018) mediante el método de cortes naturales, utilizando como umbral el valor mínimo de probabilidad asociado a los registros de presencia.

Los resultados obtenidos se interpretan como estimaciones de idoneidad ambiental relativa, útiles para la identificación de áreas potenciales de presencia y para la comparación del desempeño entre algoritmos de modelación.

RESULTADOS

Se evaluaron 80 individuos clasificados en cuatro niveles de infección por *Phoradendron bolleanum*: sano ($n = 20$), leve ($n = 20$), moderado ($n = 20$) y severo ($n = 20$) en dos años distintos (2019 y 2026). Las variables analizadas fueron altura total, diámetro normal y volumen.

En términos descriptivos, en 2019 los individuos con infección leve presentaron la menor altura promedio (4.32 m), mientras que los niveles sano, moderado y severo mostraron valores similares, con promedios cercanos a 5.7–5.8 m. Para 2026, los valores de altura tendieron a homogenizarse entre niveles de infestación, con promedios cercanos a 6 m.

El diámetro presentó diferencias entre niveles de infestación en 2019, con valores menores en el nivel leve (23.76 cm) y mayores en los niveles sano y severo (~29 cm). En 2026, se observó un incremento en todos los niveles, con una reducción en las diferencias relativas entre categorías.

En cuanto al volumen, en 2019 los valores más altos se registraron en los niveles sano y moderado, mientras que el nivel leve presentó los valores más bajos. Para 2026, los valores promedio aumentaron en todos los niveles, destacando los niveles moderado y severo como los de mayor volumen.

Las pruebas de normalidad (Shapiro–Wilk) indicaron que las variables de volumen, diámetro y altura no siguen una distribución normal ($p < 0.001$). En cuanto a la homogeneidad de varianzas, se cumplió para volumen y diámetro ($p > 0.05$), mientras que la altura presentó heterogeneidad ($p < 0.05$). Con base en estos resultados, se emplearon pruebas no paramétricas complementarias en los análisis.

La distribución de estas variables por nivel de infección se muestra en la Figura 2, donde se observa la dispersión y variabilidad de los datos para cada grupo.

Los resultados del análisis de Kruskal–Wallis indicaron que no hubo diferencias significativas en el diámetro entre los niveles de infección ($\chi^2 = 5.93$, $p = 0.115$). En el caso de la altura ($\chi^2 = 7.83$, $p = 0.0496$) y el volumen ($\chi^2 = 8.89$, $p = 0.0309$), se detectaron diferencias estadísticas; sin embargo, las comparaciones múltiples no mostraron diferencias consistentes entre pares de grupos (p . adj > 0.05 en la mayoría de los casos), con tamaños de efecto bajos ($\epsilon^2 < 0.08$), lo que sugiere una débil diferenciación estructural entre niveles de infestación.

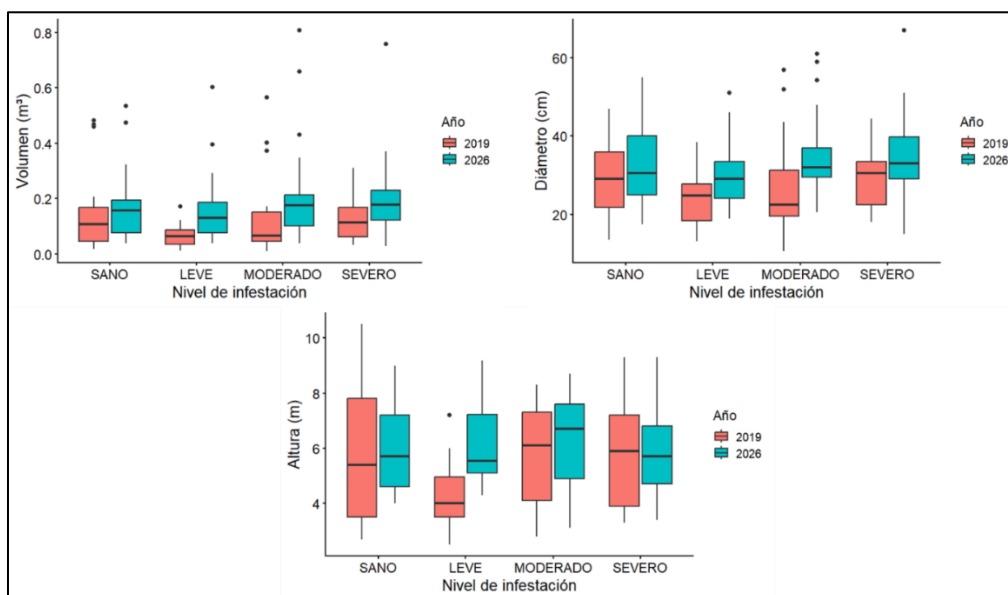


Figura 2. Distribución de la altura, diámetro y volumen por nivel de infección.

Figure 2. Distribution of height, diameter, and volume by infection level.

La comparación pareada entre los años 2019 y 2026 evidenció incrementos significativos en todas las variables dasométricas evaluadas. El volumen mostró un aumento promedio significativo ($p < 0.001$), al igual que el diámetro y la altura ($p < 0.001$ en ambos casos). Estos resultados indican un crecimiento generalizado de los individuos evaluados durante el periodo de estudio.

Efecto de la infestación sobre el crecimiento

El análisis de cambio (Δ) indicó que el nivel de infestación no tuvo un efecto significativo sobre el incremento en volumen ($p = 0.39$). Sin embargo, se detectaron diferencias significativas en el crecimiento en diámetro ($p < 0.001$) y altura ($p < 0.001$), lo que evidencia que la infestación influye en la dinámica de crecimiento de los individuos.

Los modelos mixtos confirmaron estos patrones. No se detectó un efecto significativo del nivel de infestación sobre el volumen ($p > 0.05$), ni interacción significativa con el tiempo. En contraste, la interacción entre infestación y tiempo fue significativa para el diámetro ($p < 0.01$) y altamente significativa para la altura ($p < 0.001$), lo que indica que el efecto del muérdago se manifiesta en las tasas de crecimiento a lo largo del tiempo. En conjunto, estos resultados indican que la infestación no se refleja en diferencias estructurales inmediatas entre individuos, pero sí modifica las tasas de crecimiento a lo largo del tiempo.

Resultados por variable dasométrica

En la Tabla 2 se presentan las estadísticas descriptivas del diámetro, altura y volumen por nivel de infestación para los años 2019 y 2026. En general, se observó un incremento en los valores promedio en todas las variables y niveles de infestación, lo que indica un crecimiento generalizado de los individuos evaluados durante el periodo de estudio.

En el caso de la altura, los valores tienden a homogenizarse en 2026, con promedios cercanos a 6 m en todos los niveles de infestación. El diámetro mostró incrementos en todos los niveles, con valores relativamente mayores en los niveles moderado y severo.

Por su parte, el volumen presentó una alta variabilidad, reflejada en los elevados valores de varianza y coeficiente de variación, particularmente en 2019, donde se registraron los mayores niveles de dispersión. Esta alta heterogeneidad indica una amplia variación estructural entre individuos dentro de cada nivel de infestación, lo que genera un traslape considerable entre grupos. En consecuencia, aunque existen diferencias en los valores promedio, la elevada dispersión de los datos reduce la capacidad de las pruebas estadísticas para detectar diferencias significativas.

Este comportamiento puede atribuirse a la naturaleza del volumen como variable derivada, ya que depende de manera no lineal del diámetro y la altura, amplificando las diferencias individuales entre árboles. Por ello, el volumen resulta menos sensible para detectar efectos de la infestación en comparación con variables más directas como el diámetro y la altura.

Tabla 2. Estadísticas descriptivas de variables dasométricas de los encinos por nivel de infección.

Table 2. Descriptive statistics of oak dasometric variables by infection level.

Variable	Año	Infestación	Media	Varianza	CV (%)
Altura (m)	2019	Sano	5.77	5.26	39.73
		Leve	4.32	1.33	26.72
		Moderado	5.69	3.31	31.99
		Severo	5.75	3.72	33.57
	2026	Sano	6.15	2.64	26.45
		Leve	6.15	2.18	24.00
		Moderado	6.19	2.97	27.84
		Severo	5.89	2.88	28.83
Diámetro (cm)	2019	Sano	29.03	91.81	33.01
		Leve	23.76	40.02	26.62
		Moderado	26.53	142.94	45.07
		Severo	29.14	63.81	27.41
	2026	Sano	32.35	105.25	31.71
		Leve	29.83	67.67	27.58
		Moderado	34.74	110.93	30.32
		Severo	35.51	114.54	30.14
Volumen (m³)	2019	Sano	0.148	0.020	96.54
		Leve	0.067	0.016	59.16
		Moderado	0.129	0.021	111.80
		Severo	0.131	0.007	62.39
	2026	Sano	0.182	0.020	76.90
		Leve	0.160	0.017	82.06
		Moderado	0.213	0.032	84.49
		Severo	0.206	0.023	74.57

Área Bajo la Curva, Variables ambientales de importancia y Distribución Potencial

En el modelo de distribución potencial de *Phoradendron bolleanum*, generado mediante el algoritmo MaxEnt, se obtuvo un valor promedio de AUC de 0.957 a partir de diez réplicas tipo

bootstrap, con una desviación estándar de ± 0.005 , lo que indica una alta capacidad predictiva del modelo.

De acuerdo con la prueba de Jackknife (Tabla 3), las variables ambientales con mayor contribución fueron la orientación (aspect), el rango medio diurno de temperatura (BIO2), la temperatura mínima del mes más frío (BIO6) y la estacionalidad de la temperatura (BIO4). En menor proporción, la precipitación del mes más seco (BIO14) también contribuyó al modelo.

Tabla 3. Contribución porcentual de variables ambientales al modelo MaxEnt.
Table 3. Percentage contribution of environmental variables to the MaxEnt model.

Variable	Descripción	Porcentaje
Exposición	Orientación Norte, Sur, Este, Oeste de la vegetación	25.50
BIO2	Rango medio diurno de temperatura	21.80
BIO6	Temperatura mínima del mes más frío	11.40
BIO4	Estacionalidad de la temperatura	10.00
BIO14	Precipitación del mes más seco	5.70

En el modelo de distribución potencial generado mediante Random Forest, la importancia de las variables se evaluó mediante la disminución de la impureza (índice de Gini). De acuerdo con los resultados (Tabla 4), las variables con mayor contribución fueron principalmente aquellas relacionadas con la precipitación, destacando la precipitación del mes más húmedo (BIO13), el rango anual de temperatura (BIO7), la precipitación del trimestre más frío (BIO19) y la precipitación anual (BIO12). Asimismo, variables como la temperatura media anual (BIO1), la pendiente y la elevación también mostraron una contribución relevante.

En general, el modelo de Random Forest evidenció una mayor influencia de variables asociadas a la disponibilidad hídrica y condiciones topográficas en la distribución potencial de la especie. El modelo Random Forest presentó una mayor capacidad predictiva en términos de clasificación, con valores de AUC (0.986), exactitud (0.959) y coeficiente Kappa (0.914) superiores a los obtenidos con MaxEnt ($AUC = 0.957 \pm 0.005$).

Tabla 4. Importancia de variables ambientales en el modelo Random Forest.
Table 4. Importance of environmental variables in the Random Forest model.

Variable	Descripción	Importancia (Gini)
BIO13	Precipitación del mes más húmedo (mm)	65.75
BIO7	Rango anual de temperatura (°C)	60.15
BIO19	Precipitación del trimestre más frío (mm)	57.68
BIO12	Precipitación anual (mm)	56.89
BIO1	Temperatura media anual (°C)	55.08
Pendiente	Pendiente de terreno expresada en grados (°)	54.75
Elevación	Elevación del terreno (msnm)	52.77

*La importancia de las variables se calculó mediante la disminución de la impureza (índice de Gini).

En la Figura 5 se muestra la distribución potencial de *Phoradendron bolleanum* en el estado de Durango, generada mediante los modelos de Máxima Entropía (MaxEnt) y Random Forest. En ambos modelos se identifican zonas con distintos niveles de probabilidad de presencia, destacando áreas con valores altos de idoneidad en la región centro-occidente del estado.

Los puntos de muestreo se localizan principalmente dentro de las zonas con valores medios y altos, lo que refleja una correspondencia espacial entre los registros observados y las áreas predichas por los modelos. En general, ambos enfoques presentan patrones de distribución similares en las zonas con mayor probabilidad de presencia, aunque con diferencias en la contribución relativa de las variables ambientales que estructuran dichos patrones.

Al excluir las áreas de baja idoneidad ambiental (0–0.07), ambos modelos mostraron una reducción en la superficie de distribución potencial, manteniendo valores comparables entre sí. El modelo MaxEnt estimó aproximadamente 5.9 millones de hectáreas, mientras que el modelo Random Forest predijo cerca de 4.9 millones de hectáreas, lo que indica una consistencia general en la delimitación de áreas potencialmente adecuadas para la especie.

No obstante, se observaron diferencias en el patrón espacial de las predicciones. El modelo MaxEnt presentó una distribución más continua de las áreas de idoneidad media y alta, mientras que Random Forest mostró una mayor fragmentación espacial, identificando parches específicos de alta idoneidad. Estas diferencias sugieren que, aunque ambos modelos coinciden en las zonas generales de distribución potencial, difieren en la forma en que representan la heterogeneidad ambiental del paisaje.

En conjunto, los resultados indican que ambos enfoques son complementarios: MaxEnt permite una delimitación más general del nicho ecológico, mientras que Random Forest aporta mayor detalle en la identificación de áreas específicas de alta idoneidad. La correspondencia entre las áreas de mayor idoneidad ambiental y los sitios de muestreo sugiere que las condiciones que favorecen la presencia de *P. bolleanum* son también aquellas donde su efecto sobre la dinámica de crecimiento del arbolado puede ser más relevante.

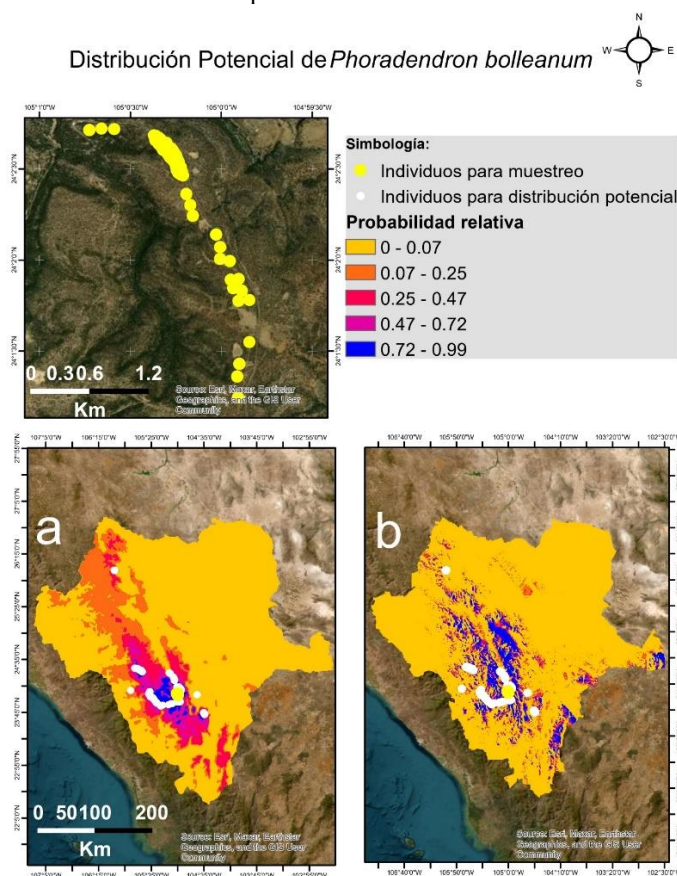


Figura 3. Distribución potencial de *Phoradendron bolleanum* en Durango obtenida mediante modelo Random Forest (a - 4.9 millones de hectáreas) y Máxima Entropía (b - 5.9 millones de hectáreas).

Figure 3. Potential distribution of *Phoradendron bolleanum* in Durango obtained using Random Forest model. (a – 4.9 million hectares) and Maximum Entropy (b – 5.9 million hectares).

DISCUSIÓN

Variación en diámetro, altura y volumen según el nivel de infección

Los resultados muestran variación en las variables dasométricas entre niveles de infección; sin embargo, estas diferencias no siguen un patrón consistente entre diámetro y altura (Tabla 2). Este comportamiento podría estar influenciado por la variabilidad de los individuos evaluados y por factores del sitio, como la altitud, la orientación o la exposición, los cuales han sido reportados como determinantes en la distribución del muérdago (Clark-Tapia *et al.*, 2011; Contreras-Trejo *et al.*, 2024).

En términos generales, se ha documentado que los muérdagos pueden afectar el balance hídrico y nutricional del hospedero, lo que puede reflejarse en reducciones en el crecimiento y el vigor del arbolado. No obstante, estos efectos pueden variar considerablemente en función de la intensidad de infestación, las condiciones ambientales y las características del hospedero (Mathiasen *et al.*, 2008). Este comportamiento sugiere que, aunque existen variaciones entre niveles de infestación, estas no se reflejan en diferencias estructurales consistentes entre individuos. Sin embargo, los resultados del análisis temporal evidencian que el efecto del muérdago se manifiesta principalmente en la dinámica de crecimiento, más que en la estructura actual del arbolado.

Diferencias en diámetro, altura y volumen entre especies según el nivel de infección

Las diferencias observadas entre especies fueron pequeñas en las variables evaluadas. En el caso del diámetro, la diferencia promedio fue de 0.21 cm, con valores ligeramente mayores en *Quercus convallata*. No obstante, estas diferencias deben interpretarse con cautela, dado que el tamaño de muestra limita la identificación de patrones consistentes en la respuesta diferencial de las especies frente a la infestación por *Phoradendron bolleanum*.

La presencia del muérdago en distintas especies hospedantes ha sido documentada como un proceso influenciado por diversos factores, entre ellos las características del hospedero y la dispersión mediada por aves (Aukema, 2003), así como por condiciones ambientales y la disponibilidad de especies adecuadas para su establecimiento (Clark-Tapia *et al.*, 2011). En este sentido, la ocurrencia de *P. bolleanum* tanto en *Q. edwardii* como en *Q. convallata* en el área de estudio podría estar relacionada con las condiciones locales y la composición del arbolado.

Por otra parte, los resultados obtenidos no evidencian un patrón consistente de disminución en las variables dasométricas conforme aumenta el nivel de infección, lo cual indica que, bajo las condiciones evaluadas, no se detectaron efectos claros en términos estructurales; sin embargo, el análisis temporal evidenció que la infestación influye en las tasas de crecimiento del arbolado, particularmente en el diámetro y la altura. Esto sugiere que el impacto del muérdago no se manifiesta como una reducción inmediata en el tamaño de los individuos, sino como una modificación progresiva en su desarrollo. Este comportamiento ha sido documentado en otras especies forestales afectadas por muérdago, donde se han registrado reducciones en el crecimiento en diámetro, altura y área basal, así como en el incremento medio anual bajo condiciones de infestación (Kollas *et al.*, 2018; Martínez Salvador *et al.*, 2015). En conjunto, estos resultados refuerzan la idea de que el muérdago actúa como un factor de estrés crónico que modifica progresivamente el desarrollo del arbolado.

En este sentido, se ha señalado que los efectos del muérdago sobre el crecimiento pueden variar en función de la escala de análisis, la intensidad de infestación y las condiciones ambientales (Camarero *et al.*, 2025; Mathiasen *et al.*, 2008). Asimismo, se ha documentado que algunas especies del género *Phoradendron* pueden presentar efectos menos severos en comparación con otros grupos de muérdago, como *Arceuthobium*, lo que puede contribuir a que los efectos sobre el hospedero no siempre sean evidentes en términos estructurales (Mallams & Mathiasen, 2010). En concordancia con lo anterior, los resultados obtenidos en este estudio, particularmente a partir del análisis temporal entre 2019 y 2026, sugieren que la infestación no se manifiesta como una reducción inmediata en el tamaño de los individuos, sino como un proceso gradual que afecta las tasas de crecimiento. Este comportamiento ha sido asociado con la extracción continua de agua y nutrientes por parte de las plantas hemiparásitas, lo que genera efectos acumulativos sobre el

crecimiento y la fisiología del hospedero (Kollas *et al.*, 2018; Mathiasen *et al.*, 2008; Press & Phoenix, 2005).

En este contexto, es importante considerar que la evaluación del daño causado por muérdago puede presentar limitaciones asociadas al sistema de clasificación utilizado, como el de Hawksworth, (1996), el cual se basa en la proporción de copa afectada sin incorporar variables relacionadas con el tiempo de infección o el estado inicial del arbolado. Esto puede explicar, en parte, la ausencia de diferencias estructurales claras entre niveles de infestación, aun cuando se detectaron efectos significativos en la dinámica de crecimiento. Por lo tanto, se sugiere que futuros estudios integren variables adicionales que permitan evaluar con mayor precisión el impacto del muérdago sobre el desarrollo del hospedero a lo largo del tiempo.

Desempeño del modelo y variables ambientales en la distribución potencial

El modelo de distribución potencial de *Phoradendron bolleanum* presentó un alto desempeño predictivo ($AUC > 0.95$), lo que indica una adecuada capacidad de discriminación bajo las condiciones evaluadas. De acuerdo con Elith *et al.*, (2011), valores de AUC mayores a 0.75 se consideran aceptables, por lo que el modelo puede considerarse confiable. No obstante, estos resultados deben interpretarse con cautela debido a la posible influencia del tamaño de muestra y la calidad de los datos. En este contexto, el modelo Random Forest presentó un desempeño superior en términos de clasificación, con valores de AUC, exactitud y coeficiente Kappa mayores en comparación con MaxEnt, lo que indica una mayor capacidad predictiva bajo las condiciones evaluadas.

En cuanto a las variables ambientales, los resultados mostraron diferencias en la contribución de los predictores entre los algoritmos empleados. En el modelo MaxEnt, destacaron variables relacionadas con las condiciones microclimáticas, particularmente la orientación (norte, sur, este y oeste), el rango diurno de temperatura (BIO2), la temperatura mínima del mes más frío (BIO6) y la estacionalidad térmica (BIO4). La exposición, como variable topográfica, influye en la dirección a la radiación solar y en la disponibilidad de humedad, generando diferencias microambientales entre laderas con distinta exposición. En conjunto, estos resultados sugieren que tanto la variabilidad térmica como las condiciones microclimáticas locales desempeñan un papel importante en la distribución de la especie. Por otro lado, el modelo de Random Forest evidenció una mayor influencia de variables asociadas a la disponibilidad hídrica, tales como la precipitación del mes más húmedo (BIO13), la precipitación anual (BIO12) y la precipitación del trimestre más frío (BIO19), así como variables topográficas como la pendiente y la elevación. Este patrón sugiere que las condiciones de humedad y la heterogeneidad del terreno desempeñan un papel relevante en la ocurrencia de *P. bolleanum*.

Estas diferencias sugieren que la distribución de *P. bolleanum* está determinada por una interacción entre factores térmicos y de disponibilidad hídrica, lo que es consistente con su condición de planta hemiparásita dependiente del balance hídrico del hospedero, el cual puede verse afectado por la extracción de agua y nutrientes por parte del parásito (Glatzel, 1983; Scalon *et al.*, 2021).

Estas diferencias en la contribución de las variables y en la estructura de los modelos pueden atribuirse a la naturaleza de los algoritmos utilizados. Mientras que Random Forest tiende a capturar relaciones complejas y no lineales considerando interacciones entre variables, MaxEnt enfatiza las condiciones ambientales que maximizan la probabilidad de presencia bajo restricciones de entropía. En conjunto, ambos enfoques sugieren que la distribución de la especie está controlada por una combinación de factores climáticos y topográficos.

La concordancia espacial entre los modelos MaxEnt y Random Forest en la identificación de áreas con alta idoneidad refuerza la robustez de los resultados, lo que indica que ambos enfoques son consistentes en la delimitación de zonas potencialmente favorables para la especie. En este sentido, los modelos generados representan una herramienta útil para identificar zonas con potencial de ocurrencia a escala estatal. No obstante, se recomienda incrementar el número de registros y considerar variables adicionales en futuros estudios, como características estructurales del arbolado o variables de disturbio, para mejorar la precisión de los modelos y comprender con mayor detalle los factores que determinan la distribución de la especie, así como su relación con los efectos observados en la dinámica de crecimiento del arbolado.

CONCLUSIONES

En este estudio se evaluó el efecto de la infestación por *Phoradendron bolleanum* sobre variables dasométricas en *Quercus convallata* y *Quercus edwardii*, incorporando un enfoque temporal mediante mediciones en 2019 y 2026, así como la modelación de su distribución potencial en el estado de Durango.

Los resultados indicaron que, aunque no se detectaron diferencias estructurales consistentes entre niveles de infestación, el análisis temporal evidenció que la infestación influye en las tasas de crecimiento del arbolado, particularmente en el diámetro y la altura. Esto sugiere que el muérdago no modifica de manera inmediata la estructura de los individuos, sino que actúa como un factor de estrés crónico que afecta progresivamente su desarrollo.

En cuanto a la distribución potencial, ambos modelos (MaxEnt y Random Forest) presentaron un alto desempeño predictivo y coincidieron en la delimitación de áreas con condiciones ambientales favorables para la especie. No obstante, el modelo Random Forest mostró un mejor desempeño en términos de clasificación, mientras que MaxEnt permitió una representación más general del nicho ecológico. En conjunto, los resultados evidencian que la distribución de *P. bolleanum* está determinada por una interacción entre variables climáticas y topográficas, particularmente aquellas relacionadas con la variabilidad térmica y la disponibilidad hídrica.

En síntesis, los resultados indican que *P. bolleanum* no genera cambios estructurales inmediatos en el arbolado, pero sí modifica su dinámica de crecimiento, y que su distribución potencial puede ser estimada de manera confiable a escala regional, lo que aporta elementos relevantes para su manejo y estudio en ecosistemas forestales.

LITERATURA CITADA

- Amarán, M. D. F., Alanís-Rodríguez, E., Estrada-Castillón, A. E., Cuellar-Rodríguez, L. G., Aguirre-Calderón, O. A., & García-Espinoza, G. G. (2024). Estructura, composición y diversidad de un bosque de galería al noroeste de México. *Polibotánica*, (58), 49–63. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.58.4>
- Antonio-Vázquez, D., Torres-Díaz, A. N., Ledesma-Corral, C., & Gómez-Roa, K. M. (2025). Flora y estructura: guías en la restauración de un bosque de encino del Estado de México. *Madera y Bosques*, 31. <https://doi.org/10.21829/myb.2025.312707>
- Arriola-Padilla, V. J., Velasco-Bautista, E., Hernández-Tejeda, T., González-Hernández, A., & Romero-Sánchez, M. E. (2013). Los muérdagos verdaderos del arbolado de la Ciudad de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 4(19), 34–45. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11322013000500004&script=sci_arttext
- Aukema, J. E. (2003). Vectors, viscin, and Viscaceae: Mistletoes as parasites, mutualists, and resources. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1(4), 212–219. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2003\)001\[0212:VVAVMA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2003)001[0212:VVAVMA]2.0.CO;2)
- Barbet-Massin, M., Jiguet, F., Albert, C. H., & Thuiller, W. (2012). Selecting pseudo-absences for species distribution models: how, where and how many? *Methods in Ecology and Evolution*, 3(2), 327–338. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2011.00172.x>
- Barrios-Calderón, R., Pérez Pérez, J., Torres Velázquez, J., & Aguirre-Cadena, J. (2022). Estructura y composición florística de un bosque de *Pinus-Quercus* en El Porvenir, Chiapas. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 13(73), 50–74. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i73.1252>
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45(1), 5–32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>
- Camarero, J. J., Rubio-Cuadrado, Á., de Andrés, É., & Gazol, A. (2025). Mistletoe negatively impacts vigor, growth and reproduction of silver fir forests at regional and local scales. *Forest Ecology and Management*, 586, 122693. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2025.122693>

- Clark-Tapia, R., Torres-Bautista, B., Alfonso-Corrado, C., Valdez-Hernández, J. I., González-Adame, G., Bretado-Velázquez, J., & Campos-Contreras, J. (2011). Análisis de la abundancia e infección por muérdago en Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Madera y Bosques*, 17(2), 19–33. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3945113>
- Cobos, M. E., Jiménez, L., Núñez-Penichet, C., Romero-Álvarez, D., & Simões, M. (2018). Sample data and training modules for cleaning biodiversity information. *Biodiversity Informatics*, 13, 49–50. <https://doi.org/10.17161/bi.v13i0.7600>
- Contreras-Trejo, M. G., Domínguez-Calleros, P. A., Flores-Villegas, M. Y., González-Maldonado, M. B., Simental, J. A. C., & Torres-Fraga, K. (2024). El muérdago verdadero en ecosistemas de *Quercus* spp.: una revisión. *Brazilian Journal of Development*, 10(9), e72970. <https://doi.org/10.34117/bjdv10n9-036>
- Cutler, D. R., Edwards, T. C., Beard, K. H., Cutler, A., Hess, K. T., Gibson, J., & Lawler, J. J. (2007). Random forests for classification in ecology. *Ecology*, 88(11), 2783–2792. <https://doi.org/10.1890/07-0539.1>
- Elith, J., Phillips, S. J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y. E., & Yates, C. J. (2011). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*, 17(1), 43–57. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x>
- Flores-Villegas, M. Y., & Maldonado, M. B. G. (2026). Distribución potencial y perfil bioclimático del muérdago en bosques de *Quercus* L. en Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 17, 94. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v17i94.1598>
- García-García, S. A., Narváez-Flores, R., Olivas-García, J. M., & Hernández-Salas, J. (2019). Diversidad y estructura vertical del bosque de pino-encino en Guadalupe y Calvo, Chihuahua. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(53), 41–63. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i53.173>
- Glatzel, G. (1983). Mineral nutrition and water relations of hemiparasitic mistletoes: a question of partitioning. Experiments with *Loranthus europaeus* on *Quercus petraea* and *Quercus robur*. *Oecologia*, 56(2), 193–201. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00379691>
- Gorgonio-Ramírez, M., Clark-Tapia, R., Campos, J. E., Monsalvo-Reyes, A., & Alfonso-Corrado, C. (2017). Diversidad y estructura genética de *Quercus crassifolia* en sitios de manejo forestal y uso local en Sierra Juárez, Oaxaca. *Madera y Bosques*, 23(2), 85–98. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2321122>
- Hawksworth, F. G. (1996). *Dwarf mistletoes: Biology, pathology, and systematics*. United States Department of Agriculture Forest Service.
- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., & Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25(15), 1965–1978. <https://doi.org/10.1002/joc.1276>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2015). *Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación. Serie VI (Capa Unión)*. <https://ideinfoteca.semarnat.gob.mx/AtlasD/meta/vegetacion/vegetacion%20actual%20serie%20VI.html>
- Kollas, C., Gutsch, M., Hommel, R., Lasch-Born, P., & Suckow, F. (2018). Mistletoe-induced growth reductions at the forest stand scale. *Tree Physiology*, 38(5), 735–744. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpx150>
- Lu, X., Jiang, R., & Zhang, G. (2022). Predicting the potential distribution of four endangered holoparasites and their primary hosts in China under climate change. *Frontiers in Plant Science*, 13, 942448. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.942448>
- Mallams, K. M., & Mathiasen, R. L. (2010). Mistletoes on hardwoods in the United States. En F. G. Hawksworth & D. Wiens (Eds.), *Biology of dwarf mistletoes* (pp. 101–109). USDA Forest Service.
- Martínez Salvador, M. M., Huendo Moreno, S. M., Vázquez Collazo, I., Bautista Espinoza, V., de Pascual Pola, C. R., & Guerrero Velázquez, F. V. (2015). Efecto de *Arceuthobium vaginatum* (Willd.) Presl subsp. *vaginatum* en *Pinus hartwegii* Lindl. en Colima. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(29), 44–55. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322015000300004

- Mathiasen, R. L., Nickrent, D. L., Shaw, D. C., & Watson, D. M. (2008). Mistletoes: Pathology, systematics, ecology, and management. *Plant Disease*, 92(7), 988–1006. <https://doi.org/10.1094/PDIS-92-7-0988>
- Monárrez-González, J. C., Pérez-Verdín, G., López-González, C., Márquez-Linares, M. A., & González-Elizondo, M. del S. (2018). Efecto del manejo forestal sobre algunos servicios ecosistémicos en los bosques templados de México. *Madera y Bosques*, 24(2). <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2421569>
- Mora-Donjuán C. A., Burbano-Vargas, O. N., Méndez-Osorio, C., & Castro-Rojas, D. F. (2017). *mora_donjuan_et_al_2017*. *Revista Mesoamericana Kurú*, 35(14), 68–75. <https://doi.org/10.18845/rfmk.v14i35.3154>
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190(3–4), 231–259. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- Phillips, S. J. (2010). A brief tutorial on Maxent. *Lessons in Conservation*, 3(1), 108–135. <https://doi.org/10.5531/cbc.linc.3.1.6>
- Pompa-García, M., & Solís-Moreno, R. (2008). Ecuación de volumen para el género *Quercus* en la región noroeste de Chihuahua, México. *Quebracho*, (16), 84–93. <https://fcf.unse.edu.ar/archivos/quebracho/n16a08.pdf>
- Press, M. C., & Phoenix, G. K. (2005). Impacts of parasitic plants on natural communities. *New Phytologist*, 166(3), 737–751. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2005.01358.x>
- Queijeiro-Bolaños, M. E., Cano-Santana, Z., & Castellanos-Vargas, I. (2011). Distribución diferencial de dos especies de muérdago enano sobre *Pinus hartwegii* en el área natural protegida Zoquiapan y Anexas, Estado de México. *Acta Botánica Mexicana*, (96), 49–57. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-71512011000300006&script=sci_arttext
- Quiñonez-Barraza, G., Zhao, D., Santos-Posadas, H. M., & Corral-Rivas, J. J. (2019). An approximate height growth and site index model for *Quercus sideroxyla* Bonpl. in mixed-species stands of Durango, Mexico. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 26(1), 53–69. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2019.03.025>
- R Core Team. (2024). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing.
- Ren, Z., Zagortchev, L., Ma, J., Yan, M., & Li, J. (2020). Predicting the potential distribution of the parasitic *Cuscuta chinensis* under global warming. *BMC Ecology*, 20(1), 28. <https://doi.org/10.1186/s12898-020-00295-6>
- Scalon, M. C., Rossatto, D. R., & Franco, A. C. (2021). How does mistletoe infection affect seasonal physiological responses of hosts with different leaf phenology? *Flora*, 281, 151871. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0367253021001109>
- Sosa-Ramírez, J., Moreno-Rico, O., Sánchez-Martínez, G., Siqueiros-Delgado, M. E., & Díaz-Núñez, V. (2011). Ecología y fitosanidad de los encinos (*Quercus* spp.) en la Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Madera y Bosques*, 17(3), 49–63. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-04712011000300004&script=sci_arttext
- Szmidla, H., Tkaczyk, M., Plewa, R., Tarwacki, G., & Sierota, Z. (2019). Impact of common mistletoe (*Viscum album* L.) on Scots pine forests—A call for action. *Forests*, 10(10), 847. <https://doi.org/10.3390/f10100847>
- Uribe-Salas, M. D., Ramírez, V. R., Cipriano, R. G., Pavia, S. P. F., & Rosales, D. A. (2019). Declinamiento y muerte de los encinos (*Quercus* spp.) en México, estado actual del conocimiento. *Tecnociencia Chihuahua*, 13(1), 50–59. <https://ru.dgb.unam.mx/items/497ed151-fc6a-4930-90bb-b7c2f8f23a07>
- Valencia-A., S. (2004). Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Botanical Sciences*, (75), 33–53. <https://www.redalyc.org/pdf/577/57707503.pdf>
- Vázquez-Collazo, I., Villa-Rodríguez, A., & Madrigal-Huendo, S. (2006). *Los muérdagos (Loranthaceae) en Michoacán*. INIFAP.
- Villegas, M. Y. F., Domínguez-Calleros, P. A., Fraga, K. T., Télles, J. R. G., del Palacio, M. M., & Maldonado, M. B. G. (2025). Evaluación de los niveles de infección del muérdago

Recibido / Received:
8/diciembre/2025

**Recepción de versión
corregida / Revised
version received:**
28/abril/2026

Aceptado / Accepted:
26/mayo/2026

- verdadero sobre *Quercus* spp. en Durango. *International Journal of Professional Business Review*, 10(10), 8. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10523639>
- Watson, W. T., & Martínez-Trinidad, T. (2006). Strategies and treatments for leafy mistletoe (*Phoradendron tomentosum* [DC.] Engelm. ex A. Gray) suppression on cedar elm (*Ulmus crassifolia* Nutt.). *Arboriculture & Urban Forestry*, 32(6), 265–272. <https://auf.isa-arbor.com/content/32/6/265>
- Zhang, C., Chen, L., Tian, C. M., Li, T., Wang, R., & Yang, Q. (2016). Predicting the distribution of dwarf mistletoe (*Arceuthobium sichuanense*) with GARP and MaxEnt models. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20163299381>