

SEP

POLIBOTÁNICA

ISSN 1405-2768

ISSN 2395-9525

Julio 2026

Núm. 62

POLIBOTÁNICA



Núm. 62

Ciencia y
Tecnología

Secretaría de Ciencia, Humanidades,
Tecnología e Innovación

Julio 2026

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
Jarquin-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.

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; Yereña-Yamallel, José Israel; Aguirre-Calderón, Oscar Alberto

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



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; Yereña-Yamallel, José Israel; Aguirre-Calderón, Oscar Alberto

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

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 62: 27-45. Julio 2026

DOI:
10.18387/polibotanica.62.3

Mateo-García, Mario Francisco / <https://orcid.org/0009-0005-2730-0470>
Alanís-Rodríguez, Eduardo / <https://orcid.org/0000-0001-6294-4275>
Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales, Linares, Nuevo León, México

García-García, Samuel Alberto / <https://orcid.org/0000-0002-4463-3198>
Autor de correspondencia: Alberto_Garcia23@outlook.com
Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Delicias, Chihuahua, México

Cuellar Rodríguez, Luis Gerardo / <https://orcid.org/0000-0003-4969-611X>
Yereña-Yamallel, José Israel / <https://orcid.org/0000-0002-9216-7427>
Aguirre-Calderón, Oscar Alberto / <https://orcid.org/0000-0001-5668-8869>
Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales, Linares, Nuevo León, México

RESUMEN: La regeneración natural es uno de los principales procesos que ocurren durante la sucesión ecológica en un ecosistema forestal. Los objetivos fueron caracterizar la composición, riqueza, diversidad y atributos estructurales, así como determinar los factores edáficos del suelo que influyen en la distribución de especies que están regenerando el bosque. Se establecieron dos Parcelas Permanentes de Muestreo (PPM) de 0.25 hectáreas (50 × 50 m), en donde, se evaluaron ocho muestras de 1 kg suelo y de regeneración natural de 100 m² (10 × 10), en total 800 m², en las cotas 2700 m - 3035 m, en un bosque templado del ejido Chinatú en Guadalupe y Calvo, Chihuahua, México. Se evaluaron todos los individuos con diámetro normal (DN) ≤ 7.5 cm, se registraron diez especies de árboles que están regenerando el bosque con una densidad de 532 N ha⁻¹. El análisis SIMPER, demostró las especies que más contribuyen a las diferencias en composición entre PPM fueron *Pseudotsuga menziesii* (24.6%), *Populus tremuloides* (23.7%) y *Pinus strobiformis* (9.9%). Los índices de diversidad suponen una baja riqueza de especies, muy característico de bosques templados en regeneración. El análisis de clúster es disímil en las PPM con 48.52% de semejanza. En general, la estructura horizontal conformada *Pseudotsuga menziesii* posee el mayor IVI (42.82%), seguida por *Populus tremuloides* (23.88%). El ACC indicó que los principales factores edáficos del suelo que están influyendo en la distribución de las especies son NO₃, P y Mn, en menor medida CaCO₃, Zn y K.

Palabras clave: Bosques Templados; Regeneración Natural; Estructura Horizontal; Índices de Diversidad, Factores Edáficos.

ABSTRACT: Natural regeneration is one of the main processes occurring during ecological succession in a forest ecosystem. The objectives were to characterize the composition, richness, diversity, and structural attributes, as well as to determine the soil factors that influence the distribution of species regenerating the forest. Two Permanent Sampling Plots (PSPs) of 0.25 hectares (50 x 50 m) were established, in which eight 1 kg soil samples and 100 m² (10 x 10) natural regeneration samples were evaluated, for a total of 800 m², at elevations of 2700 m–3035 m, in a temperate forest of the Chinatú ejido in Guadalupe y Calvo, Chihuahua, Mexico. All individuals with normal diameter (

DN) ≤ 7.5 cm were evaluated, ten tree species regenerating the forest were recorded with a density of 532 N ha^{-1} . SIMPER analysis showed that the species that most contributed to the differences in composition between PSPs were *Pseudotsuga menziesii* (24.6%), *Populus tremuloides* (23.7%), and *Pinus strobiformis* (9.9%). The diversity indices indicate low species richness, a characteristic of regenerating temperate forests. Cluster analysis is dissimilar in PPM with 48.52% similarity. Overall, the horizontal structure formed by *Pseudotsuga menziesii* has the highest IVI (42.82%), followed by *Populus tremuloides* (23.88%). The CCA indicated that the main soil factors influencing species distribution are NO_3 , P, and Mn, and to a lesser extent CaCO_3 , Zn, and K.

Key words: Temperate Forests; Natural Regeneration; Horizontal Structure; Diversity Indices; Edaphic Factors.

INTRODUCCIÓN

En México, los bosques templados constituyen el 20% de la cobertura forestal, siendo uno de los ecosistemas más relevantes por su complejidad estructural, composición, diversidad biológica y por proporcionar servicios ecosistémicos como de provisión, entre los que destacan la producción de agua y madera (Rzedowski, 2006). Estudios en bosques templados han documentado variaciones en la dominancia y distribución de especies arbóreas, que se asocian a las condiciones ambientales y a la variabilidad climática (Castruita-Esparza *et al.*, 2016). Por otro lado, el componente histórico resulta relevante para determinar las características de la sucesión ecológica, permite contextualizar el estado actual y futuro de la vegetación (Oliver & Larson, 1996). Asimismo, la caracterización de atributos estructurales, la composición florística y la diversidad específica constituyen herramientas clave para comprender los procesos de la dinámica forestal (Graciano-Ávila *et al.*, 2017; Mateo-García *et al.*, 2026). Por consiguiente, es importante la evaluación detallada de estos atributos y la caracterización de las comunidades vegetales para la conservación y el manejo sostenible (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2025). En este contexto, la regeneración natural favorece la estabilidad de poblaciones de comunidades vegetales que están estrechamente relacionado a la provisión simultánea de servicios ecosistémicos y a la estabilidad de los procesos ecológicos, como los ciclos biogeoquímicos y la conservación de la biodiversidad (Bennett *et al.*, 2009; van der Plas, 2019).

La regeneración arbórea en ecosistemas forestales representa un proceso indispensable en la configuración estructural, su recuperación, funcionalidad y continuidad de los procesos ecológicos ante perturbaciones (Aguirre-Calderón, 2015; Mateo García *et al.*, 2024). La regeneración cumple un papel fundamental en la recuperación de suelos degradados, en la regulación y adaptación de las comunidades vegetales ante cambios ambientales, como el cambio climático y la fragmentación del hábitat (Bharali *et al.*, 2012; Gay *et al.*, 2022). Resulta imprescindible entender cómo funcionan los factores que regulan este proceso para implementar estrategias de manejo y conservación efectivas en los bosques templados (Vilar *et al.*, 2016).

Los factores edáficos del suelo, como las propiedades físicas, la densidad aparente, textura, estructura, porosidad, conductividad hidráulica y químicas del suelo, particularmente la presencia y disponibilidad de macronutrientes como el nitrógeno, fósforo y potasio, y otros elementos menores, son determinantes en la distribución y establecimiento de las especies vegetales (van der Plas, 2019). Estudios han revelado que los factores edáficos están ligados también a la dinámica de regeneración natural, en la configuración de la estructura y composición del bosque (Pereira *et al.*, 2022). Por lo tanto, los objetivos de nuestro estudio fueron caracterizar la estructura horizontal de la regeneración natural arbórea, determinar la composición florística, riqueza, diversidad y comprender las variables edáficas del suelo que influyen en la distribución de especies según la elevación (2700 m - 3035 m) a través del establecimiento de dos Parcelas Permanentes de Muestreo (PPM) en un bosque templado del ejido Chinatú, Guadalupe y Calvo, Chihuahua, México. La caracterización y comparación de la variación de las características de la regeneración natural en las PPM pueda permitir en un futuro ser una referencia de la dinámica forestal en esta región de México.

MÉTODO

Área de estudio

Se establecieron Parcelas Permanentes de Muestreo (PPM) ubicadas en el ejido San Pedro de Chinatú del municipio de Guadalupe y Calvo, Chihuahua, en el Noroeste de México (Figura 1). Según la clasificación de Köppen modificada (García Amaro, 2004), el clima de la región está clasificado como templado subhúmedo (Cw), la temperatura media anual de 13.7 °C y una precipitación media anual de 1,126.8 mm (Chavez Rodríguez *et al.*, 2009). El tipo de vegetación corresponde al ecosistema de bosque templado (Figura 2).

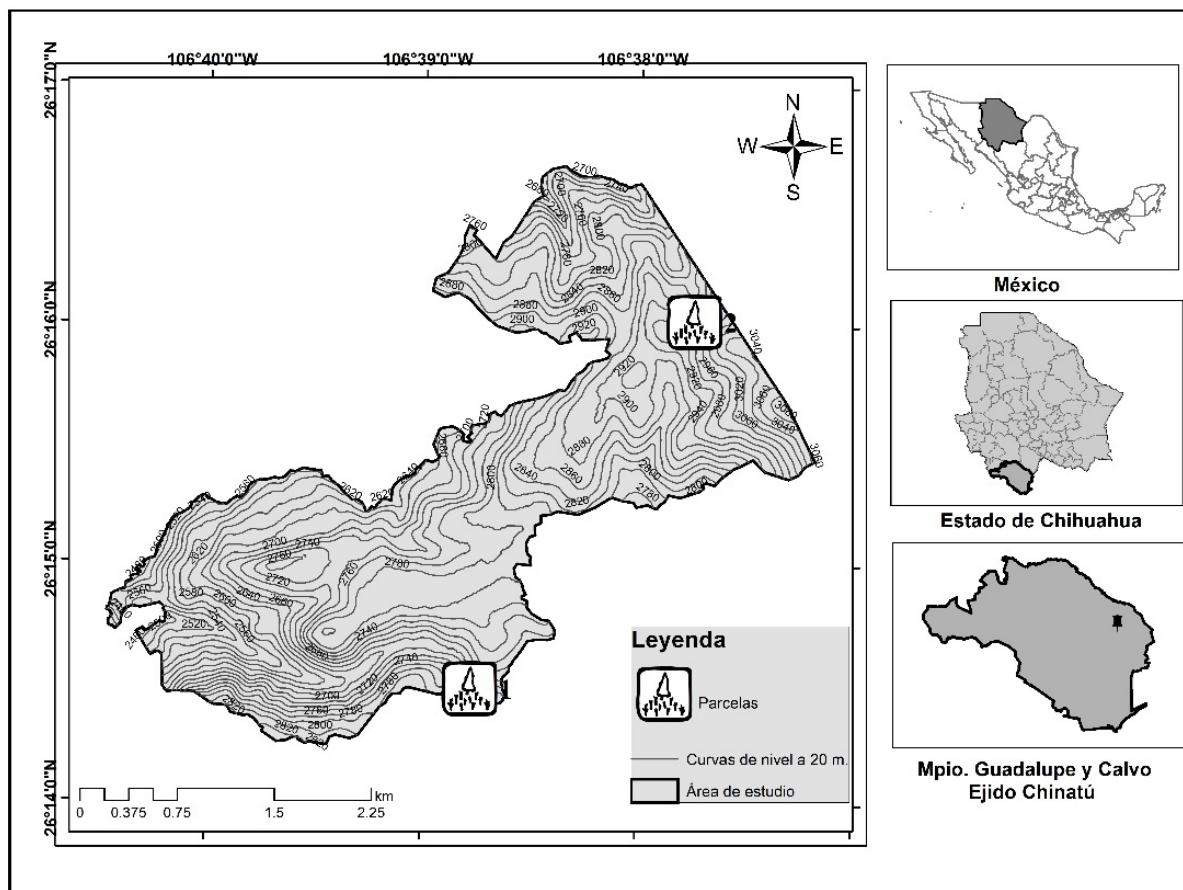


Figura 1. Mapa de ubicación geográfica del área de estudio. Los cuadros corresponden a los sitios de muestreo de 2,500 m², establecidas en dos parajes, 1. Paraje “El Triste”, 2. Paraje “El Cerro de las Iglesias”, en el ejido San Pedro de Chinatú del municipio de Guadalupe y Calvo, Chihuahua, en el Noroeste de México.

Figure 1. Geographic location map of the study area. The squares correspond to the 2,500 m² sampling sites, established in two locations, 1. “El Triste” location, 2. “El Cerro de las Iglesias” location, in the San Pedro de Chinatú ejido of the municipality of Guadalupe y Calvo, Chihuahua, in Northwest Mexico.



Figura 2. Vegetación del área de estudio. A. Parcela Permanente de Muestreo (PPM) número 1, paraje “El Triste” fue establecida a 2,700 m s.n.m. de elevación, B. Parcela Permanente de Muestreo (PPM) número 2, paraje “El Cerro de las Iglesias” establecida a 3,035 m s.n.m. de elevación.

Figure 2. Vegetation of the study area. A. Permanent Sampling Plot (PPM) number 1, “El Triste” site was established at 2,700 m above sea level. B. Permanent Sampling Plot (PPM) number 2, “El Cerro de las Iglesias” site was established at 3,035 m above sea level.

Levantamiento de datos

Se seleccionaron dos parajes, “El Triste” y “El Cerro de las Iglesias”, con un tipo de vegetación secundario dentro de un ecosistema de bosque templado, ambas localidades cuentan con antecedentes de aprovechamiento forestal, actualmente estas áreas están destinadas a la conservación. En cada localidad se establecieron Parcelas Permanentes de Muestreo (PPM) de 50×50 m ($2,500 \text{ m}^2$, 0.25 ha). Cada parcela se subdividió en cuatro cuadrantes, ocho cuadrantes en total, de 25×25 m (625 m^2). Al centro de cada cuadrante se estableció un cuadrado como unidad muestral de la regeneración natural de 10×10 m (100 m^2), teniendo un área de 400 m^2 por parcela y un total de 800 m^2 de unidades muestreo total de regeneración natural. Al centro de cada unidad de regeneración se extrajo una muestra de suelo 1.0 kg , el cajón fue de $30 \times 30 \times 30$ cm (ancho, largo y alto). La parcela 1 se estableció en la cota de $2,700 \text{ m}$ y la parcela 2 a $3,035 \text{ m s.n.m.}$, orientadas a exposición norte. El muestreo de la primera parcela se realizó en los meses de julio de 2024 y el muestreo de la segunda parcela se realizó en el mes de diciembre del mismo año.

Se consideraron todos los individuos arbóreos con $\text{DN} \leq 7.5 \text{ cm}$ (diámetro normal a 1.30 m) (Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza [FMCN] *et al.*, 2018). Se midió el diámetro en la base, diámetro de copa (cm) con dos medidas cruzadas (largo $\times$ ancho). Se determinó el taxón de las especies mediante claves botánicas y revisiones taxonómicas de datos disponibles en línea de Missouri Botanical Garden plataforma Tropicos® (Tropicos, 2025). El análisis de las ocho muestras de suelo correspondientes a dos parcelas permanentes de muestreo (PPM) se llevó a cabo en el Laboratorio de Análisis de Suelo, Planta y Agua de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la Universidad Autónoma de Chihuahua sede Delicias, Chihuahua, se aplicó metodologías estandarizadas para la determinación de propiedades físicas y químicas del suelo. Finalmente, la interpretación de los resultados se realizó con base en el enfoque de Leonard J. Cihacek, utilizando rangos de clasificación que permiten evaluar la disponibilidad de nutrientes y el estado de fertilidad del suelo, permitiendo la identificación y evaluación de posibles limitantes edáficas.

Análisis de la información

Se analizó y comparó la composición florística y la diversidad tanto a nivel de muestra como de localidad, considerando el número de especies, géneros y familias botánicas presentes en el área de estudio. Se construyó una matriz de densidad de especies, en la cual el número de individuos fue estandarizado y expresado por hectárea (N ha^{-1}). El análisis se realizó a partir de ocho muestras correspondientes a dos parcelas permanentes de muestreo (PPM), cuatro muestras por PPM. La diversidad ecológica y la riqueza de especies se estimaron mediante el software R (versión 2023.09.0+463) (Oksanen *et al.*, 2026; Wickham *et al.*, 2026).

Los datos de densidad de especies fueron transformados mediante doble raíz cuadrada con el fin de estabilizar la varianza y reducir la influencia de especies dominantes (Legendre & Legendre, 2012). La similitud en la composición de especies entre muestras se evaluó mediante la distancia de Bray-Curtis (Bray & Curtis, 1957). Se aplicaron técnicas multivariadas no paramétricas, incluyendo el Análisis de Similaridad (ANOSIM) para evaluar la significancia estadística de las diferencias en la composición entre grupos, y el análisis de Porcentajes de Similitud (SIMPER), como técnica descriptiva que desagrega la disimilitud entre grupos y estima la contribución porcentual de cada especie a dichas diferencias, permitiendo identificar aquellas que explican en mayor medida la separación observada (Clarke, 1993).

Adicionalmente, se construyó un dendrograma utilizando el método de agrupamiento UPGMA, con el propósito de representar las relaciones de semejanza entre muestras. La calidad del agrupamiento se evaluó mediante el porcentaje de encadenamiento (Sneath & Sokal, 1973).

A partir de los datos de densidad por especie en cada muestra, se calcularon los índices de diversidad de Shannon y Simpson, así como los números efectivos de especies de Hill (N1 y N2 , correspondientes a los órdenes 1 y 2), además de la riqueza específica (N0) (Jost, 2019) (Tabla 1). El supuesto de normalidad de los datos se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Dado que este supuesto no se cumplió, se empleó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar los índices de diversidad entre las ocho muestras, correspondientes a dos PPM (cada una integrada por cuatro muestras). Para las comparaciones por pares entre parcelas, se utilizó la

prueba de rangos con signo de Wilcoxon como análisis post hoc. Este enfoque permitió evaluar de manera robusta las diferencias en los índices de diversidad sin asumir normalidad en la distribución de los datos.

La estructura horizontal de la vegetación se evaluó a partir de la cobertura de copa ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$), estimada como el producto del largo por el ancho de la copa, así como de la abundancia (N ha^{-1}) y la frecuencia de las especies. Con base en estas variables, se calculó el Índice de Valor de Importancia (IVI) (Whittaker, 1967) (Tabla 1).

Tabla 1. Fórmulas manejadas para determinar la estructura horizontal, riqueza y diversidad.

Table 1. Formulas used to determine horizontal structure, richness and diversity.

Fórmula	Variable
$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \times \ln(p_i)$ $p_i = n_i / N$	H' = Índice de Shannon-Wiener S = Número de especies Pi = Proporción de individuos de la especie i
$D = \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$	Índice de Simpson (D), Ni = es el número de individuos de la i-ésima especie. N = es el número total de individuos.
$N_0 = S$ $N_1 = \exp(H')$ $N_2 = \frac{1}{\sum_{i=1}^S p_i^2}$	Números de Hill (Orden N_0 , N_1 y N_2) S = Riqueza de especies $\exp(H')$ = índice exponencial de Shannon P_i^2 = índice inverso de Simpson
$G = 0.7854 * DN_i^2$ $D_i = \frac{AB_i}{S}$	G = Área basal de cada individuo/cobertura I = 0.7854 es la constante que representa la relación entre la circunferencia de un círculo y su diámetro ($\pi/4$) DN _i = Diámetro normal a una altura de 1.30 m. Di = Dominancia absoluta de especie i Abi = Área basal de la especie i S = Área del sitio de muestreo.
$IVI = \frac{AR_i + DR_i + FR_i}{3}$	IVI = Índice de Valor de Importancia AR _i = Abundancia relativa por especie respecto a la abundancia total DR _i = Dominancia relativa de la especie i (cobertura) respecto a la dominancia total FR _i = Frecuencia relativa de la especie i respecto a la frecuencia total
$FR_i = \frac{F_i}{\sum F_i} \times 100$	FR _i = frecuencia relativa de la especie i Fi = número de sitios donde estuvo presente la especie i $\sum F_i$ = Frecuencia total de todas las especies.

Se aplicó una técnica estadística multivariada de Análisis de Correlación Canónica (ACC) mediante el software R (Oksanen *et al.*, 2026), se integraron dos matrices, la primera matriz de densidad de especie y la segunda matriz de variables edáficas del suelo, y fue transformada mediante el método de Hellinger, con el fin de reducir el sesgo causado por los valores nulos, y las variables fueron estandarizadas mediante centrado y escalado. Posteriormente, se aplicó un ACC para identificar los principales gradientes edáficos del suelo que explican la distribución de especies. Se aplicó la prueba de Mantel con 999 permutaciones para evaluar la correlación entre dos matrices de distancia o disimilitud: la correspondiente a la matriz de densidad de especies y la asociada a las variables edáficas del suelo, con el fin de determinar la significancia estadística de su relación.

RESULTADOS

Composición, riqueza y diversidad

En total se registraron 10 especies arbóreas de regeneración natural pertenecientes a ocho géneros y seis familias. El género *Pinus* posee tres especies siendo *Pinus arizonica*, *Pinus duranguensis* y *Pinus strobiformis*, otros géneros como *Arbutus*, *Juniperus*, *Picea*, *Populus*, *Prunus*, *Quercus* y *Pseudotsuga* presentan una sola especie. La familia Pinaceae fue la más representada con cinco especies, el resto de las familias poseen una sola especie. El estatus de conservación de las especies registradas según la NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 incluye a especies como *Picea chihuahuana* en peligro de extinción (P), mientras que *Quercus sideroxyla*, *Pinus strobiformis* y *Pseudotsuga menziesii* se registraron bajo protección especial (Pr) (Tabla 2).

Tabla 2. Lista florística registrada en el ejido Chinatú, Guadalupe y Calvo, Chihuahua.**Table 2.** Floristic list recorded in the ejido Chinatú, Guadalupe y Calvo, Chihuahua,

Familia	Acrónimo	Nombre científico	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT 2010	Lista UICN
Cupressaceae	Jundep	<i>Juniperus deppeana</i> Steud.	Táscate, Cedro, Cedro blanco, Ciprés, Sabino.	No está catalogada como especie en riesgo	Preocupación menor (LC)
Ericaceae	Arbxal	<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth.	Madroño, Guayabillo, Jarrito, Laurel, Madroño rojo,	No está catalogada como especie en riesgo	Preocupación menor (LC)
Fagaceae	Quesid	<i>Quercus sideroxyla</i> Bonpl.	Encino blanco, Chaparro, Encino, Encino amarillo.	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
Pinaceae	Picchi	<i>Picea chihuahuana</i> Martínez	Pinabete espinoso, Pinabete.	En peligro de extinción (P)	En Peligro (EN) Endémica
Pinaceae	Pinari	<i>Pinus arizonica</i> Engelm.	Pino amarillo, Albacarrote, Albacarrote amarillo.	No está catalogada como especie en riesgo	Preocupación menor (LC)
Pinaceae	Pindur	<i>Pinus durangensis</i> Martínez	Ocote, Pino, Pino alazán.	No está catalogada como especie en riesgo	Casi Amenazado (NT)
Pinaceae	Pinstr	<i>Pinus strobiformis</i> Engelm.	Güiyoco, Acahuite, Acalocote, Acamita, Acanita, Acanite.	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
Pinaceae	Psemen	<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco	Abeto, Abeto Douglas, Abeto de Douglas, Acahuite, Ayarín.	Sujeta a protección especial (Pr)	Preocupación menor (LC)
Rosaceae	Pruser	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	Capulín, Capulín blanco, Capulín, Cerezo.	No está catalogada como especie en riesgo	Preocupación menor (LC)
Salicaceae	Poptre	<i>Populus tremuloides</i> Michx.	Alamillo, Alamillo temblón, Alamo, Alamo blanco.	No está catalogada como especie en riesgo	Preocupación menor (LC)

El análisis de similitud basado en la distancia Bray-Curtis, aplicada sobre datos transformados mediante doble raíz cuadrada, mostró una semejanza promedio del 48.52% entre las parcelas permanentes de muestreo PPM-1 y PPM-2, indicando una composición moderadamente diferente de la regeneración natural entre ambas. El análisis ANOSIM arrojó un estadístico R de 0.604 con un valor de $p = 0.038$, lo que evidencia diferencias significativas en la composición de especies entre los dos grupos con un nivel de confianza del 96.2%.

El análisis SIMPER identificó que las especies que más contribuyeron a las diferencias entre parcelas fueron *Pseudotsuga menziesii* (24.6%, $p = 0.001$), *Populus tremuloides* (23.7%, $p = 0.916$) y *Pinus strobiformis* (9.9%, $p = 0.251$). De estas, solo *Pseudotsuga menziesii* presentó diferencias estadísticamente significativas, lo que sugiere un patrón de abundancia claramente distinto entre las parcelas. En conjunto, *Pseudotsuga menziesii* y *Populus tremuloides* explican más del 48% de la disimilitud total observada.

El dendrograma, mostró una clara separación entre las muestras correspondientes a PPM-1 y PPM-2. El porcentaje de encadenamiento fue del 89.38%, indicando una alta fidelidad entre la matriz de disimilitud y la agrupación jerárquica realizada. Estos resultados reflejan diferencias consistentes en la composición de especies referentes a la regeneración natural entre ambas parcelas (Figura 3).

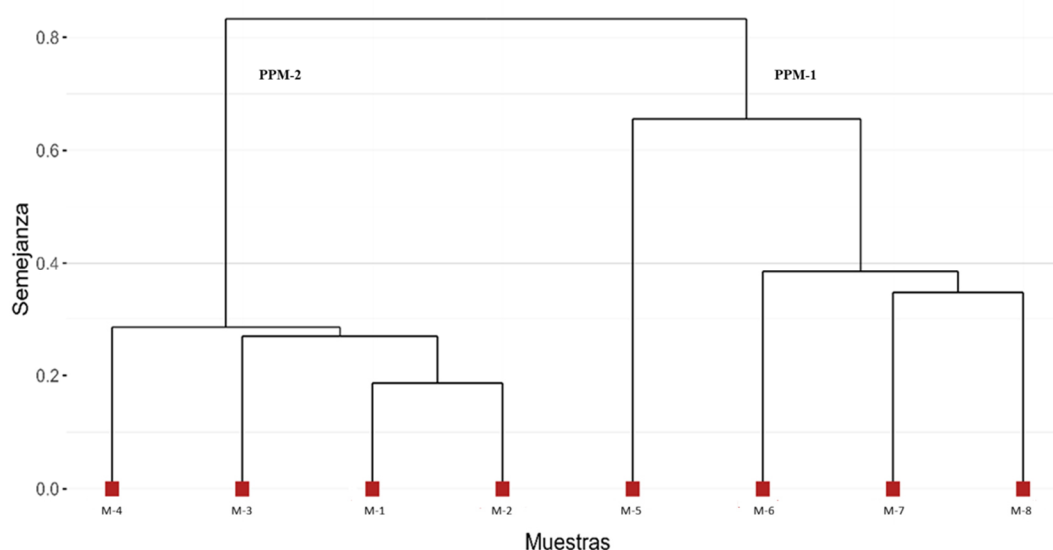


Figura 3. Análisis de agrupamiento Bray-Curtis entre muestras de las PPM-1 y PPM-2. La semejanza entre ambas PPM fue del 48.52%, porcentaje de encadenamiento = 89.38%. Los valores de π y de p para cada grupo. El valor estadístico muestral valor $\pi(R) = 0.604$ es del 96.2%, con una significancia de $p = 0.038$ ($p \leq 0.05$), lo cual indica una diferencia significativa en la composición de especies entre las dos Parcelas Permanentes de muestreo PPM-1 y PPM-2. Los cuadros rojos hacen referencia a cada muestra de regeneración natural de cada PPM.

Figure 3. Bray-Curtis clustering analysis between samples from PPM-1 and PPM-2. The similarity between the two PPMs was 48.52%, with a linkage percentage of 89.38%. The π and p values for each group are shown. The sample statistic, $\pi(R) = 0.604$, represents 96.2% of the sample, with a significance level of $p = 0.038$ ($p \leq 0.05$), indicating a significant difference in species composition between the two Permanent Sampling Plots, PPM-1 and PPM-2. The red squares represent each natural regeneration sample from each PPM.

Los índices de diversidad y riqueza ecológica fueron calculados para las Parcelas Permanentes de Muestreo PPM-1 y PPM-2. PPM-1 presenta mayor riqueza específica y diversidad (N_0 , Shannon y N_1), con menor abundancia relativa por especie, mientras que PPM-2 muestra mayor equidad en la abundancia de las especies (Simpson y N_2), lo que refleja una menor dominancia.

El índice de Shannon fue de 1.11 ± 0.38 en PPM-1 y 0.86 ± 0.10 en PPM-2, el índice de Simpson fue de 0.56 ± 0.13 frente a 0.49 ± 0.08 , y el número de Hill de orden 1 alcanzó 3.21 ± 1.16 en PPM-1 frente a 2.36 ± 0.24 en PPM-2. Para el número de Hill de orden 2, PPM-1 presentó un valor de 1.85 ± 0.37 , mientras que PPM-2 fue mayor con 2.09 ± 0.40 . La riqueza específica también fue mayor en PPM-1 (5.25 ± 2.22) frente a PPM-2 (3.50 ± 0.58).

Sin embargo, las diferencias observadas no fueron estadísticamente significativas según la prueba de Kruskal–Wallis ($p > 0.05$ en todos los índices). La prueba de Wilcoxon aplicada como análisis *post hoc* tampoco evidenció diferencias significativas entre las dos parcelas, con valores de $p = 0.3123$ (Shannon), 0.665 (Simpson), 0.3123 (Hill 1), 0.665 (Hill 2) y 0.3035 (riqueza) (Ver Tabla 3).

Tabla 3. Valores de los índices de diversidad. Las diferencias entre parcelas no fueron estadísticamente significativas según la prueba de Kruskal–Wallis ($p \geq 0.05$ en todos los casos). Los valores de p específicos obtenidos mediante la prueba de Wilcoxon como análisis *post hoc*, con $p = 0.3123$ para Shannon, $p = 0.665$ para Simpson, $p = 0.3123$ para Hill orden 1, $p = 0.665$ para Hill orden 2 y $p = 0.3035$ para riqueza, lo que indica que las diferencias observadas no alcanzan significancia estadística.

Table 3. Diversity index values. Differences between plots were not statistically significant according to the Kruskal–Wallis test ($p \geq 0.05$ in all cases). The specific p -values obtained using the Wilcoxon test as a post-hoc analysis, with $p = 0.3123$ for Shannon, $p = 0.665$ for Simpson, $p = 0.3123$ for Hill order 1, $p = 0.665$ for Hill order 2, and $p = 0.3035$ for richness, indicate that the observed differences did not reach statistical significance.

Localidad	Muestra	N0 (Riqueza)	Shannon	Simpson	N1	N2
PPM-1-Localidad "El Triste"	PPM-1(I)	2	0.637	0.444	1.89	2.25
	PPM-1(II)	7	1.21	0.534	3.353	1.871
	PPM-1(III)	6	1.066	0.522	2.904	1.914
	PPM-1(IV)	6	1.543	0.74	4.677	1.35
Valores promedio $\pm$ desviación estándar para cada índice		5.25 ± 2.22	1.11 ± 0.38	0.56 ± 0.13	3.21 ± 1.16	1.85 ± 0.37
PPM-2 Localidad "Cerro de Las Iglesias"	PPM-2(I)	3	0.912	0.559	2.489	1.79
	PPM-2(II)	4	0.726	0.373	2.066	2.68
	PPM-2(III)	3	0.83	0.5	2.294	2
	PPM-2(IV)	4	0.959	0.525	2.609	1.905
Valores promedio $\pm$ desviación estándar para cada índice		3.50 ± 0.58	0.86 ± 0.10	0.49 ± 0.08	2.36 ± 0.24	2.09 ± 0.40

Estructura horizontal

Comparando los valores del IVI de las PPM-1 y PPM-2, la especie más importante es *Pseudotsuga menziesii* (26.55%) y (49.99%) respectivamente, seguida por *Populus tremuloides* (24.92%) y (24.81%), adicionalmente para la PPM 1 se presenta *Picea chihuahuana* (16.83%) y para PPM-2 *Pinus strobiformis* (19.93%) como las terceras especies más importantes, el resto de las especies tiene un valor menor a $\leq 7.22\%$. En general, la densidad de la regeneración es 532 individuos ha^{-1} (Tabla 4).

Tabla 4. Densidad (N ha⁻¹), dominancia (m² ha), frecuencia (%) e Índice de Valor de Importancia (IVI) de cada una de las especies registradas en las Parcelas Permanentes de Muestreo del bosque templado del ejido Chinatú, Guadalupe y Calvo, Chihuahua. D = densidad, Cob=Dominancia, Fr=Frecuencia.

Table 4. Density (N ha⁻¹), dominance (m² ha), frequency (%) and Importance Value Index (IVI) of each of the species recorded in the Permanent Sampling Plots of the temperate forest of the Chinatú ejido, Guadalupe y Calvo, Chihuahua. D = density, Cob = Dominance, Fr = Frequency.

PPM	Nombre científico	No. individuos	D	D	Cob.	Cob	Fr	IVI
			N ha	(%)	(m ²) ha	(%)	%	%
PPM-1	<i>P. menziesii</i>	9	36	10.23	41.3602	50.38	19.05	26.55
	<i>P. tremuloides</i>	47	188	53.41	5.8104	7.08	14.29	24.92
	<i>P. chihuahuana</i>	10	40	11.36	16.4950	20.09	19.05	16.83
	<i>P. strobiformis</i>	11	44	12.50	3.7877	4.61	9.52	8.88
	<i>P. durangensis</i>	3	12	3.41	7.1604	8.72	9.52	7.22
	<i>P. arizonica</i>	1	4	1.14	7.2584	8.84	4.76	4.91
	<i>P. serotina</i>	3	12	3.41	0.1417	0.17	9.52	4.37
	<i>Q. sideroxyla</i>	3	12	3.41	0.0103	0.01	9.52	4.32
	<i>J. deppeana</i>	1	4	1.14	0.0707	0.09	4.76	1.99
	Totales	88	352	100	82.0947	100	100	100
PPM-2	<i>P. menziesii</i>	90	360	50.56	426.4503	70.83	28.57	49.99
	<i>P. tremuloides</i>	61	244	34.27	69.8036	11.59	28.57	24.81
	<i>P. strobiformis</i>	25	100	14.04	103.3838	17.17	28.57	19.93
	<i>J. deppeana</i>	1	4	0.56	2.0612	0.34	7.14	2.68
	<i>A. xalapensis</i>	1	4	0.56	0.3421	0.06	7.14	2.59
	Totales	178	712	100	602.0410	100	100	100

Análisis multivariado

El Análisis de Correspondencia Canónica (ACC), demostró que factores edáficos del suelo están determinando la distribución de las especies. Nutrientes como NO₃ (Nitrato) están influyendo en la distribución de *Picea chihuahuana*, *Quercus sideroxyla* y *Prunus serótina*, elementos como Zn (Zinc) incentivan la distribución de *Pinus durangensis*. Otras especies como *Juniperus deppeana*, *Populus tremuloides* y *Pinus arizonica* están más condicionadas por elementos como Mn (Manganeso) y K (Potasio). Mientras que *Arbutus xalapensis*, *Pinus strobiformis* y *Pseudotsuga menziesii*, están asociados a elementos como Fósforo (P) y Carbonato de Calcio (CaCO₃) (Figura 4).

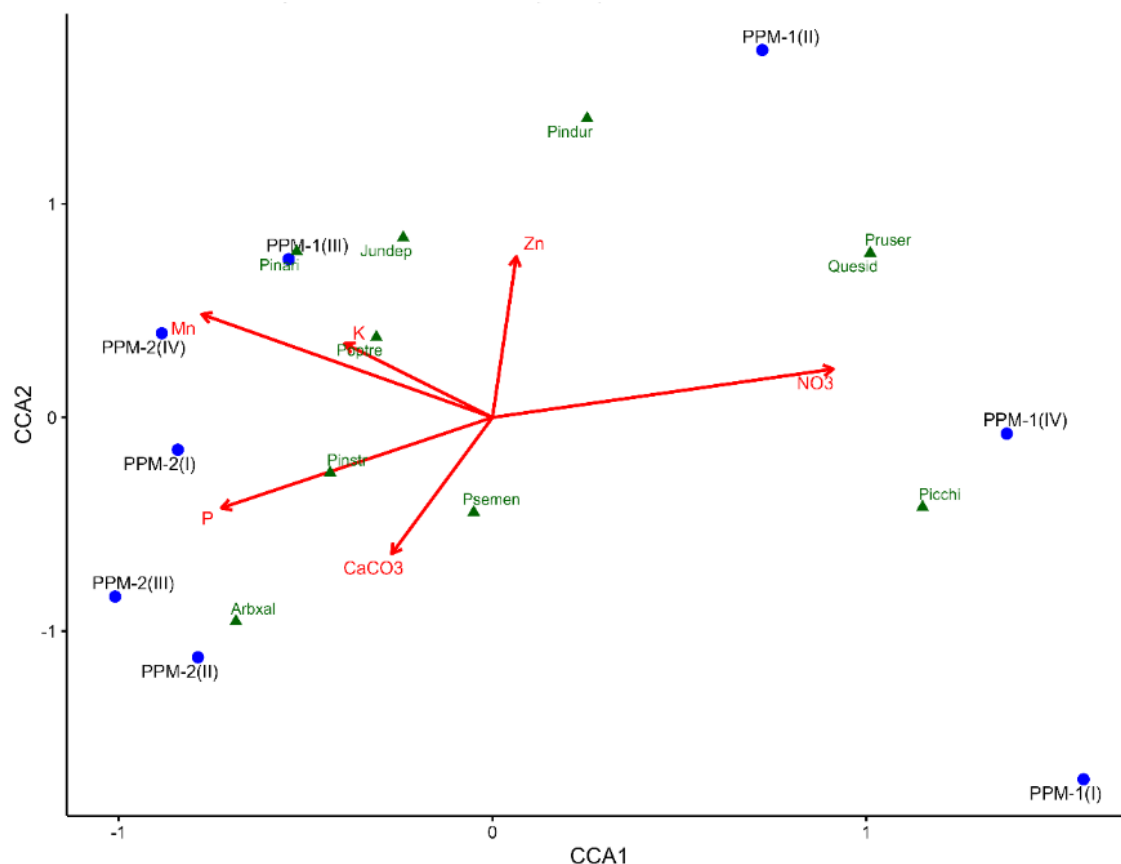


Figura 4. Análisis de Correspondencia Canónica (CCA). Elementos del suelo: NO_3 = Nitrato, Zn=Zinc, Mn=Manganeso, K=Potasio, P=Fosforo, CaCO_3 =Carbonato de Calcio. Especies arbóreas: *Picea chihuahuana*= Picchi, *Quercus sideroxyla*= Quesid, *Prunus serotina*= Pruser, *Pinus durangensis*=Pindur, *Juniperus deppeana*=Jundep, *Populus tremuloides*=Poptre, *Pinus arizonica*=Pinari, *Arbutus xalapensis*=Arbxal, *Pinus strobiformis*= Pinstr, *Pseudotsuga menziesii*= Psemen. Parcelas Permanentes de Muestreo (PPM): PPM-1= Parcela Permanente de Muestreo 1, PPM-2= Parcela Permanente de Muestreo 2. Unidades de muestreo: Se establecieron cuatro unidades de muestreo en PPM-1 (I, II, III, IV) y PPM-2 (I, II, III, IV), ocho muestras en total. El primer eje extrajo una varianza de 41.63%, el segundo de 30.97% y el tercero 18.78%, la varianza acumulada fue del 91.38%.

Figure 4. Canonical Correspondence Analysis (CCA). Soil elements: NO_3 = Nitrate, Zn=Zinc, Mn=Manganese, K=Potassium, P=Phosphorus, CaCO_3 =Calcium Carbonate. Tree species: *Picea chihuahuana*= Picchi, *Quercus sideroxyla*= Quesid, *Prunus serotina*= Pruser, *Pinus durangensis*=Pindur, *Juniperus deppeana*=Jundep, *Populus tremuloides*=Poptre, *Pinus arizonica*=Pinari, *Arbutus xalapensis*=Arbxal, *Pinus strobiformis*= Pinstr, *Pseudotsuga menziesii*= Psemen. Permanent Sampling Plots (PPM): PPM-1 = Permanent Sampling Plot 1, PPM-2 = Permanent Sampling Plot 2. Sampling Units: Four sampling units were established in PPM-1 (I, II, III, IV) and PPM-2 (I, II, III, IV), for a total of eight samples. The first axis extracted 41.63% of the variance, the second 30.97%, and the third 18.78%, for a cumulative variance of 91.38%.

El análisis de correspondencia canónica (CCA) explicó una inercia total de 0.7266. El primer eje representó el 41.63% de la varianza, el segundo el 30.97% y el tercero el 18.78%, acumulando un 91.38% en los tres primeros ejes. En conjunto, los ejes CCA1 y CCA2 explicaron el 72.6% de la variabilidad total del modelo. La prueba de Mantel mostró una asociación significativa entre la matriz de especies y las variables edáficas ($r = 0.5035$, $p = 0.0022$).

DISCUSIÓN

Composición, riqueza y diversidad

Se registraron 10 especies arbóreas que están regenerando el bosque templado de estas dos localidades. Presentan una densidad 532 individuos ha^{-1} , las especies que predominan son *Pinus durangensis*, *Pinus arizonica* y *Pinus strobiformis* reportados para la Sierra Madre Occidental, donde las coníferas dominan la regeneración natural arbórea (Alfaro Reyna *et al.*, 2019; Hernández-Salas *et al.*, 2018; Monárrez-González *et al.*, 2018).

La riqueza de especies y la diversidad ecológica son parcialmente consistentes con lo reportado por García *et al.* (2023) en el Cerro Mohinora, Guadalupe y Calvo, Chihuahua, quienes documentan una disminución de estos atributos con el incremento de la elevación. No obstante, en nuestro estudio la menor elevación (2,700 m) presentó mayores valores de riqueza y diversidad, con una mayor dominancia de especies, pero menor equidad en abundancia, mientras que la mayor elevación (3,035 m) se caracterizó por una mayor equidad en la abundancia de las especies, pero con menor dominancia. Estas diferencias pueden explicarse por variaciones en las estrategias de establecimiento y en la dependencia de microclimas específicos de ciertas especies de árboles, como en *Picea chihuahuana*, cuya regeneración está restringida a condiciones particulares. Alanís-Rodríguez *et al.* (2012) reportaron que en comunidades vegetales que incorporan los géneros *Pinus* y *Quercus* presentan alta recurrencia de incendios en el noreste de México, viéndose afectada la regeneración natural, por lo tanto, esta presenta baja diversidad y dominancia de pocas especies arbóreas, evidenciando que los factores de disturbio recurrentes pueden llegar a afectar la composición, riqueza y estructura de la regeneración natural. Comparado con reportes de Martínez-Casas *et al.* (2025), estos resultados demuestran que la regeneración está dominada por pocas especies y con una baja equidad en densidades. Otros estudios realizados en el Estado de Durango reportan mayor diversidad y mejor representación de especies dentro de la comunidad como *Quercus sideroxyla* y *Juniperus deppeana* debido a las diferencias en prácticas de manejo y condiciones edáficas del suelo. Nuestros resultados se asemejan a áreas bajo manejo forestal intensivo, en donde la corta de árboles padres incrementa la densidad de especies dominantes, pero reduce la diversidad efectiva, es decir, disminuye el número equivalente de especies igualmente abundantes (Moreno *et al.*, 2006; Thom & Seidl, 2016).

Este comportamiento de la vegetación se puede comprobarse por registros históricos de aprovechamiento en estas localidades del ejido Chinatú, y que en la actualidad son áreas destinadas a la conservación (Chavez Rodríguez *et al.*, 2009). En este contexto, la transición hacia la conservación ha favorecido cambios en los atributos estructurales y la composición de la regeneración; sin embargo, los efectos del aprovechamiento previo aún influyen en la dominancia de especies y la diversidad efectiva, evidenciando que la dinámica forestal responde tanto al historial de manejo y a los procesos de sucesión ecológica (Foremnik *et al.*, 2026).

Estructura horizontal

El Índice de Valor de Importancia (IVI) identificó que las especies arbóreas predominantes que están regenerando el bosque para ambas PPM son *Pseudotsuga menziesii*, *Populus tremuloides*, *Pinus strobiformis* y *Pinus durangensis*, estas especies muestran cierta capacidad de adaptación y mejoran la capacidad de ampliar su distribución ecológica, pero generalmente requieren buen drenaje y condiciones que van desde suelos ácidos a neutros (Carter & Hart, 2026; Niziolek *et al.*, 2024; Park, 2001; Ventura Ríos *et al.*, 2010). Estos resultados coinciden con estudios previos en bosques templados conservados, donde la regeneración natural muestra una distribución heterogénea adaptada a las condiciones ambientales locales (Martínez-Casas *et al.*, 2025). Sin embargo, en bosques templados bajo manejo forestal se inducen y regulan perturbaciones que determinan la regeneración y la distribución de las especies (Monárrez-González *et al.*, 2018). En bosques templados sin manejo, la dominancia relativa del género *Pinus* sobre *Quercus* puede variar según las características de la especie y a las condiciones ambientales; en el área bajo estudio se observa una mayor representación de *Pinus*, asociada a condiciones más abiertas, mientras que algunas especies de *Quercus* pueden verse favorecidas debido a la capacidad de

establecerse bajo sombra parcial, su tolerancia a condiciones más conservadas y su papel en etapas sucesionales intermedias, permite persistir aún bajo un dosel dominado por *Pinus*, este arreglo puede influir en los procesos de regeneración y en los atributos estructurales del bosque (Méndez Osorio *et al.*, 2018; Silva García *et al.*, 2021).

Factores edáficos del suelo y distribución de especies

Las variables edáficas del suelo como fósforo (P) y nitratos (NO_3), son cruciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas, ambos nutrientes actúan de forma complementaria en la mineralización, absorción y disponibilidad para las plantas (Menge *et al.*, 2023; Rincón Cerón & Gutiérrez Aristizábal, 2012; Schleuss *et al.*, 2020). Otros elementos como potasio (K), carbonato de calcio (CaCO_3) y micronutrientes como zinc (Zn) y manganeso (Mn) en el suelo son fundamentales para la salud y desarrollo vegetal, en conjunto influyen en el crecimiento de las plántulas en ecosistemas forestales (Foster & Morrison, 1976; Holste *et al.*, 2011; Shen *et al.*, 2022). Los elementos esenciales son fundamentales para el crecimiento vegetativo y el desarrollo radicular en las primeras etapas de la vida de la planta (Rincón Cerón & Gutiérrez Aristizábal, 2012; Schleuss *et al.*, 2020), en el caso de *Picea chihuahuana* su distribución y abundancia está relacionado positivamente a mayores concentraciones de nitratos (NO_3) (Dominguez-Guerrero *et al.*, 2017), la presencia de especies como *Pinus durangensis* y *Juniperus deppeana* se encuentran más relacionados con elementos como el Zinc (Zn), mientras el Carbonato de Calcio (CaCO_3) se encuentran más relacionados con la distribución de *Pseudotsuga menziesii* y *Arbutus xalapensis*, siendo estos elementos importantes en la distribución de especies (John *et al.*, 2007). La prueba de Mantel confirmó la relación significativa entre la composición florística y las características del suelo, esto apoya a la hipótesis que el suelo ejerce un papel selectivo en la regeneración natural (Barton *et al.*, 2023; Legendre & Legendre, 2012).

Especies como *Pseudotsuga menziesii* y *Populus tremuloides* se relacionaron con características de suelos fértiles, mientras que *Pinus strobiformis* mostró mayor tolerancia a condiciones menos nutritivas, esto se deba a los requerimientos nutricionales de cada especie (Sánchez-García *et al.*, 2019). La parcela con mayor concentración de nutrientes (PPM-2) presentó mayor densidad comparada con la parcela con menos concentración de nutrientes (PPM-1), esto resalta la importancia de la heterogeneidad edáfica como un factor determinante en los atributos estructurales, la composición y la dinámica del bosque, ya que las variaciones en las propiedades del suelo regulan la disponibilidad de nutrientes y condicionan el establecimiento, el crecimiento, en consecuencia, la distribución de las especies (Quinto-Mosquera & Moreno-Hurtado, 2022). Según Ibáñez *et al.* (2019) es necesario comprender la capacidad de los bosques para persistir tras una perturbación, es decir, su funcionamiento a lo largo del tiempo posterior a un cambio abrupto; en particular, resulta fundamental analizar la dinámica de los ecosistemas forestales. En este sentido, la supervivencia de las plántulas está influenciada por factores bióticos y del hábitat; sin embargo, a medida que avanza su desarrollo, las condiciones edáficas adquieren mayor relevancia al regular la disponibilidad de recursos, determinar su establecimiento y crecimiento (Zhao & Sun, 2025). En conjunto, estos hallazgos evidencian la necesidad de incorporar la fertilidad del suelo en el manejo forestal, no solo para favorecer la abundancia, sino también para mejorar la calidad y el vigor de las plántulas que integran la regeneración natural, promoviendo así la diversidad y resiliencia de los bosques templados del noroeste mexicano.

CONCLUSIONES

La composición estuvo dominada por la familia Pinaceae y el género *Pinus*, característicos de los bosques templados del noroeste de México. La baja riqueza de especies en ambas localidades condicionó los valores de los índices de diversidad, la abundancia relativa ejerció una mayor relación sobre los índices, sin registrarse diferencias estadísticamente significativas entre ambas localidades. En contraste, los valores del IVI fueron mayores en la PPM-2, indicando una estructura y regeneración condicionada por la densidad, aunque con menor composición y diversidad comparada con la PPM-1. Elementos como Fósforo (P) y Nitrato (NO_3) son las

variables edáficas del suelo con más asociación a la primera dimensión canónica (CCA1), las concentraciones de estos elementos se relacionaron mayormente con la distribución de especies. El Carbonato de calcio (CaCO_3) y Zinc (Zn) presentaron una relación más marcada en el eje CCA2. Por otro lado, el Potasio (K) y Manganeseo (Mn) mostraron menor asociación con los principales gradientes de variación.

La PPM-1 posee una menor disponibilidad de nutrientes (menor P y NO_3), mientras PPM-2 presentaron una mayor concentración de nutrientes (P, NO_3 , K), lo cual se asocia a mayor regeneración de especies como *Pseudotsuga menziesii* y *Populus tremuloides*. Existen asociaciones claras entre ciertos nutrientes del suelo (especialmente P y NO_3) y la regeneración de especies arbóreas. *Pseudotsuga menziesii* y *Populus tremuloides* se ubicaron hacia regiones del espacio canónico donde predominan valores altos de Nitrato y Fósforo. En contraste, especies como *Picea chihuahuana* y *Pinus strobiformis* se distribuyeron en zonas menos relacionadas por esos nutrientes, posiblemente indicando menor dependencia a esos elementos.

La prueba de Mantel demuestra que las diferencias en el suelo están significativamente relacionadas con las diferencias en cuanto a composición y densidades. Estos hallazgos aportan en gran medida a comprender que, al cambiar las condiciones del suelo entre parcelas, cambia la composición y riqueza de especies, por lo tanto, también la diversidad específica. Entonces, es necesario continuar con las evaluaciones periódicas para conocer a profundidad la dinámica forestal de estas localidades.

AGRADECIMIENTOS

A los ejidatarios y miembros del Comisariado Ejidal del ejido Chinatú, Guadalupe y Calvo, Chihuahua y a la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales (FCAyF) de la Universidad Autónoma de Chihuahua por el apoyo brindado en la ejecución de este estudio.

LITERATURA CITADA

- Aguirre-Calderón, O. A. (2015). Manejo Forestal en el Siglo XXI. *Madera y Bosques*, 21, 17–28. <https://doi.org/10.21829/MYB.2015.210423>
- Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Valdecantos-Dema, A., González-Tagle, M. A., Aguirre-Calderón, Ó. A., & Treviño-Garza, E. J. (2012). Composición y diversidad de la regeneración natural en comunidades de *Pinus-Quercus* sometidas a una alta recurrencia de incendios en el noreste de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(4), 1208–1214. <https://doi.org/10.7550/RMB.29708>
- Alanís-Rodríguez, E., Patiño-Flores, A. M., Collantes-Chávez-Costa, A., Molina-Guerra, V. M., Rubio-Camacho, E., Mora-Olivo, A., Alanís-Rodríguez, E., Patiño-Flores, A. M., Collantes-Chávez-Costa, A., Molina-Guerra, V. M., Rubio-Camacho, E., & Mora-Olivo, A. (2025). Variabilidad estructural de una comunidad de referencia del matorral espinoso tamaulipeco. *Polibotánica*, 0(59), 81–95. <https://doi.org/10.18387/POLIBOTANICA.59.5>
- Alfaro Reyna, T., Martínez-Vilalta, J., & Retana, J. (2019). Regeneration patterns in Mexican pine-oak forests. *Forest Ecosystems* 2019 6:1, 6(1), 50-. <https://doi.org/10.1186/S40663-019-0209-8>
- Barton, A. M., Poulos, H. M., Koch, G. W., Kolb, T. E., & Thode, A. E. (2023). Detecting patterns of post-fire pine regeneration in a Madrean Sky Island with field surveys and remote sensing. *Science of The Total Environment*, 867, 161517. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.161517>
- Bennett, E. M., Peterson, G. D., & Gordon, L. J. (2009). Understanding relationships among multiple ecosystem services. *Ecology Letters*, 12(12), 1394–1404. <https://doi.org/10.1111/J.1461-0248.2009.01387.X>

- Bharali, S., Paul, A., Khan, M. L., & Singha, L. B. (2012). Impact of Altitude on Population Structure and Regeneration Status of Two *Rhododendron* Species in a Temperate Broad Leaved Forest of Arunachal Pradesh, India. *International Journal of Ecosystem*, 2(1), 19–27. <https://doi.org/10.5923/j.ije.20120201.04>
- Bray, J. R., & Curtis, J. T. (1957). An Ordination of the Upland Forest Communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 27(4), 325–349. <https://doi.org/10.2307/1942268>
- Carter, S. V., & Hart, S. J. (2026). Limited conifer regeneration but widespread regeneration of aspen seedlings following the Cameron Peak fire, northwestern Colorado. *Fire Ecology* 2026 22:1, 22(1), 16-. <https://doi.org/10.1186/S42408-025-00444-6>
- Castruita-Esparza, L. U., Correa-Díaz, A., Gómez-Guerrero, A., Villanueva-Díaz, J., Ramírez-Guzmán, M. E., Velázquez-Martínez, A., Ángeles-Pérez, G., Castruita-Esparza, L. U., Correa-Díaz, A., Gómez-Guerrero, A., Villanueva-Díaz, J., Ramírez-Guzmán, M. E., Velázquez-Martínez, A., & Ángeles-Pérez, G. (2016). Basal area increment series of dominant trees of *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco show periodicity according to global climate patterns. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 22(3), 379–397. <https://doi.org/10.5154/r.chscfa.2015.10.048>
- Chavez Rodríguez, N., Escárcega Escárcega, F., Meléndez Olivas, M., & Vega Luna, J. M. (2009). *Asociación Regional de Silvicultores de Guadalupe y Calvo A.C. Unidad de Manejo Forestal No. 0808 "Guadalupe y Calvo, Chihuahua": Estudio Regional Forestal*. http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/mapaLista/Chihuahua/1147ERF_UMA_FOR0808.pdf
- Clarke, K. R. (1993). Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18(1), 117–143. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x>
- Dominguez-Guerrero, I. K., del Rocío Mariscal-Lucero, S., Hernández-Díaz, J. C., Heinze, B., Prieto-Ruiz, J. Á., & Wehenkel, C. (2017). Discrimination of *Picea chihuahuana* Martinez populations on the basis of climatic, edaphic, dendrometric, genetic and population traits. *PeerJ*, 2017(6), e3452. <https://doi.org/10.7717/PEERJ.3452/SUPP-10>
- Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza [FMCN], Comisión Nacional Forestal [CONAFOR], Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional [USAID], & Servicio Forestal de los Estados Unidos [USFS]. (2018). *Manual para trazar la Unidad de Muestreo en bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, BIOCOMUNI-Monitoreo Comunitario de la Biodiversidad, una guía para núcleos agrarios*. https://fmcn.org/wp-content/uploads/2025/06/BIOCOMUNI_v2.0_Trazo.pdf
- Foremnik, K., Hédli, R., Zięba, A., Szwagrzyk, J., Surmacz, B., & Pielech, R. (2026). Century-long trends in plant diversity of temperate mountain vegetation are modulated along elevation gradient. *Journal of Ecology*, 114(3), e70292. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.70292>
- Foster, N. W., & Morrison, I. K. (1976). Distribution and Cycling of Nutrients in a Natural Pinus Banksiana Ecosystem. *Ecology*, 57(1), 110–120. <https://doi.org/10.2307/1936402>
- García Amaro, E. (2004). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. In *Instituto de Geografía* (5.ª ed.). Instituto de Geografía. <https://publicaciones.geografia.unam.mx/index.php/ig/catalog/view/83/82/251>
- García, S. A. G., Rodríguez, E. A., Calderón, Ó. A. A., Garza, E. J. T., Rodríguez, L. G. C., & Costa, A. C. C. (2023). Composición, estructura y estado de la regeneración de un gradiente altitudinal de bosque templado de Guadalupe y Calvo, Chihuahua. *Polibotánica*, 56. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.56.5>
- Gay, J. D., Currey, B., & Brookshire, E. N. J. (2022). Global distribution and climate sensitivity of the tropical montane forest nitrogen cycle. *Nature Communications* 2022 13:1, 13(1), 7364-. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-35170-z>
- Graciano-Ávila, G., Aguirre-Calderón, Ó. A., Alanís-Rodríguez, E., Lujan-Soto, J. E. (2017). Composición, estructura y diversidad de especies arbóreas en un bosque templado del Noroeste de México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4(12), 535–542. <https://doi.org/10.19136/era.a4n12.1114>

- Hernández-Salas, J., Aguirre-Calderón, Ó. A., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Treviño-Garza, E. J., González-Tagle, M. A., Luján-Álvarez, C., Olivas-García, J. M., & Domínguez-Pereda, Y. L. A. (2018). Dinámica del crecimiento de un bosque templado bajo manejo en el noroeste de México. *Madera y Bosques*, 24(2). <https://doi.org/10.21829/MYB.2018.2421767>
- Holste, E. K., Kobe, R. K., & Vriesendorp, C. F. (2011). Seedling growth responses to soil resources in the understory of a wet tropical forest. *Ecology*, 92(9), 1828–1838. <https://doi.org/10.1890/10-1697.1>
- Ibáñez, I., Acharya, K., Juno, E., Karounos, C., Lee, B. R., McCollum, C., Schaffer-Morrison, S., & Tourville, J. (2019). Forest resilience under global environmental change: Do we have the information we need? A systematic review. *PLOS ONE*, 14(9), e0222207. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222207>
- John, R., Dalling, J. W., Harms, K. E., Yavitt, J. B., Stallard, R. F., Mirabello, M., Hubbell, S. P., Valencia, R., Navarrete, H., Vallejo, M., & Foster, R. B. (2007). Soil nutrients influence spatial distributions of tropical trees species. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(3), 864–869. <https://doi.org/10.1073/pnas.0604666104>
- Jost, L. (2019). What do we mean by diversity? The path towards quantification. *Metode Science Studies Journal*, 2019(9), 55–61. <https://doi.org/10.7203/metode.9.11472>
- Legendre, P., & Legendre, L. (2012). Numerical ecology. Developments in environmental modeling. In *Developments in Environmental Modelling* (Third, Vol. 24). <https://www.sciencedirect.com/bookseries/developments-in-environmental-modelling/vol/24/suppl/C>
- Martínez-Casas, R., Monárrez-González, J. C., Torres-Rojo, J., & Perez-Verdin, G. (2025). Evaluación de la regeneración natural en bosques templados con cubierta forestal continua en el noroeste de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 96, e965499–e965499. <https://doi.org/10.22201/IB.20078706E.2025.96.5499>
- Mateo García, M. F., Cuevas Guzmán, R., Sánchez Rodríguez, E. V., & Jardel Peláez, E. J. (2024). *Regeneración natural de especies leñosas en el Bosque mesófilo de montaña del parque estatal Nevado de colima, Jalisco, México*. [Tesis de maestría]. <https://riudg.udg.mx/handle/20.500.12104/106773>
- Mateo-García, M. F., Alanís-Rodríguez, E., García-García, S. A., Cuellar Rodríguez, L. G., Yerena Yamallel, J. I., & Aguirre Calderón, O. A. (2026). Composición, estructura, diversidad e influencia de variables ambientales en un bosque templado de Guadalupe y Calvo, Chihuahua, México. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 23(52), 75–85. <https://doi.org/10.18845/rfink.v23i52.8445>
- Méndez Osorio, C., Mora Donjuán, C. A., Alanís Rodríguez, E., Jiménez Pérez, J., Aguirre Calderón, O. A., Treviño Garza, E. J., Pequeño Ledezma, M. Á., Méndez Osorio, C., Mora Donjuán, C. A., Alanís Rodríguez, E., Jiménez Pérez, J., Aguirre Calderón, O. A., Treviño Garza, E. J., & Pequeño Ledezma, M. Á. (2018). Fitodiversidad y estructura de un bosque de pino-encino en la Sierra Madre del Sur, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(50), 35–53. <https://doi.org/10.29298/RMCF.V9I50.236>
- Menge, D. N. L., Kou-Giesbrecht, S., Taylor, B. N., Akana, P. R., Butler, A., Pereira, K. A. C., Cooley, S. S., Lau, V. M., & Lauterbach, E. L. (2023). Terrestrial Phosphorus Cycling: Responses to Climatic Change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 54(Volume 54, 2023), 429–449. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110421-102458>
- Monárrez-González, J. C., Pérez-Verdín, G., López-González, C., Márquez-Linares, M. A., & González-Elizondo, M. D. 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>
- Moreno, R. S., Calderón, Ó. A. A., Garza, E. J. T., Pérez, J. J., Ybarra, E. J., & Corral-Rivas, J. (2006). Efecto de dos tratamientos silvícolas en la estructura de ecosistemas forestales en Durango, México. *Madera y Bosques*, 12(2), 49–64. <https://doi.org/10.21829/myb.2006.1221242>

- Niziolek, D., Harris, L. B., & Taylor, A. H. (2024). Forest resilience and post-fire conifer regeneration in the southern Cascades, Lassen Volcanic National Park California, USA. *Forest Ecology and Management*, 561, 121848. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.121848>
- Oksanen, J., Simpson, G. L., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P. R., O'Hara, R. B., Solymos, P., Stevens, M. H. H., Szoecs, E., Wagner, H., Barbour, M., Bedward, M., Bolker, B., Borcard, D., Borman, T., Carvalho, G., Chirico, M., De Caceres, M., ... Weedon, J. (2026, March 4). *Community Ecology Package [R package vegan version 2.7-3]*. Comprehensive R Archive Network (CRAN). CRAN: Contributed Packages. <https://doi.org/10.32614/CRAN.package.vegan>
- Oliver, C. D., & Larson, B. C. (1996). Forest Stand Dynamics, Updated Edition. *Agricultural and Forest Meteorology*, 86(1–2), 520. https://elischolar.library.yale.edu/fes_pubs/1/
- Park, A. D. (2001). Environmental influences on post-harvest natural regeneration in Mexican pine–oak forests. *Forest Ecology and Management*, 144(1–3), 213–228. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00372-8](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00372-8)
- Pereira, L. C., Balbinot, L., Nnadi, E. O., Mosleh, M. H., & Tonello, K. C. (2022). Effects of Cerrado restoration on seasonal soil hydrological properties and insights on impacts of deforestation and climate change scenarios. *Frontiers in Forests and Global Change*, 5, 882551. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.882551>
- Quinto-Mosquera, H., & Moreno-Hurtado, F. H. (2022). Revista Colombia Forestal. *Colombia Forestal*, 25(2), 30–44. <https://doi.org/10.14483/2256201X.18232>
- Rincón Cerón, E. L., & Gutiérrez Aristizábal, F. A. (2012). Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos Nitrogen and phosphorus cycles dynamics in soils. *Rev. Colomb. Biotecnol.*, (1), 285–295.
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México* (1ra. Edición digital). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMxPort.pdf>
- Schleuss, P. M., Widdig, M., Heintz-Buschart, A., Kirkman, K., & Spohn, M. (2020). Interactions of nitrogen and phosphorus cycling promote P acquisition and explain synergistic plant-growth responses. *Ecology*, 101(5), e03003. <https://doi.org/10.1002/ecy.3003>
- Shen, Y., Natalia Umaña, M., Li, W., Fang, M., Chen, Y., Lu, H., & Yu, S. (2022). Linking soil nutrients and traits to seedling growth: A test of the plant economics spectrum. *Forest Ecology and Management*, 505, 119941. <https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2021.119941>
- Silva García, J. E., Aguirre Calderón, O. A., Alanís Rodríguez, E., Jurado Ybarra, E., Jiménez Pérez, J., Vargas Larreta, B., Silva García, J. E., Aguirre Calderón, O. A., Alanís Rodríguez, E., Jurado Ybarra, E., Jiménez Pérez, J., & Vargas Larreta, B. (2021). Estructura y diversidad de especies arbóreas en un Bosque templado del Noroeste de México. *Polibotánica*, 0(52), 89–102. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.52.7>
- Sneath, P. H. A., & Sokal, R. R. (1973). *Numerical taxonomy: the principles and practice of numerical classification*. W.H. Freeman.
- Thom, D., & Seidl, R. (2016). Natural disturbance impacts on ecosystem services and biodiversity in temperate and boreal forests. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 91(3), 760–781. <https://doi.org/10.1111/brv.12193>
- Tropicos. (2025, February 28). *Missouri Botanical Garden*. <https://www.tropicos.org/home>
- van der Plas, F. (2019). Biodiversity and ecosystem functioning in naturally assembled communities. *Biological Reviews*, 94(4), 1220–1245. <https://doi.org/10.1111/brv.12499>
- Ventura Ríos, A., López Upton, J., Vargas Hernández, J. J., & Guerra de la Cruz, V. (2010). Caracterización de *Pseudotsuga menziesii* (MIRB.) Franco en el centro de México: Implicaciones para su conservación. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 33(2), 107–116. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802010000200003&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Vilar, L., Camia, A., San-Miguel-Ayanz, J., & Martín, M. P. (2016). Modeling temporal changes in human-caused wildfires in Mediterranean Europe based on Land Use-Land Cover

Recibido / Received:
3/noviembre/2025

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

Aceptado / Accepted:
28/mayo/2026

- interfaces. *Forest Ecology and Management*, 378, 68–78. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.07.020>
- Whittaker, R. H. (1967). Gradient analysis of vegetation. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 42(2), 207–264. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1967.tb01419.x>
- Wickham, H., Chang, W., Henry, L., Pedersen, T. L., Takahashi, K., Wilke, C., Woo, K., Yutani, H., Dunnington, D., & van den Brand, T. (2026, February 3). *Create Elegant Data Visualisations Using the Grammar of Graphics [R package ggplot2 version 4.0.2]*. Comprehensive R Archive Network (CRAN). CRAN: Contributed Packages. <https://doi.org/10.32614/CRAN.PACKAGE.GGPlot2>
- Zhao, W., & Sun, Y. (2025). Drivers of natural regeneration seedling dynamics in a *Larix gmelinii* var. *principis-rupprechtii* artificial forest. *Scientific Reports* 2025 15:1, 15(1), 39396-. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-25747-1>