

SEP

POLIBOTÁNICA

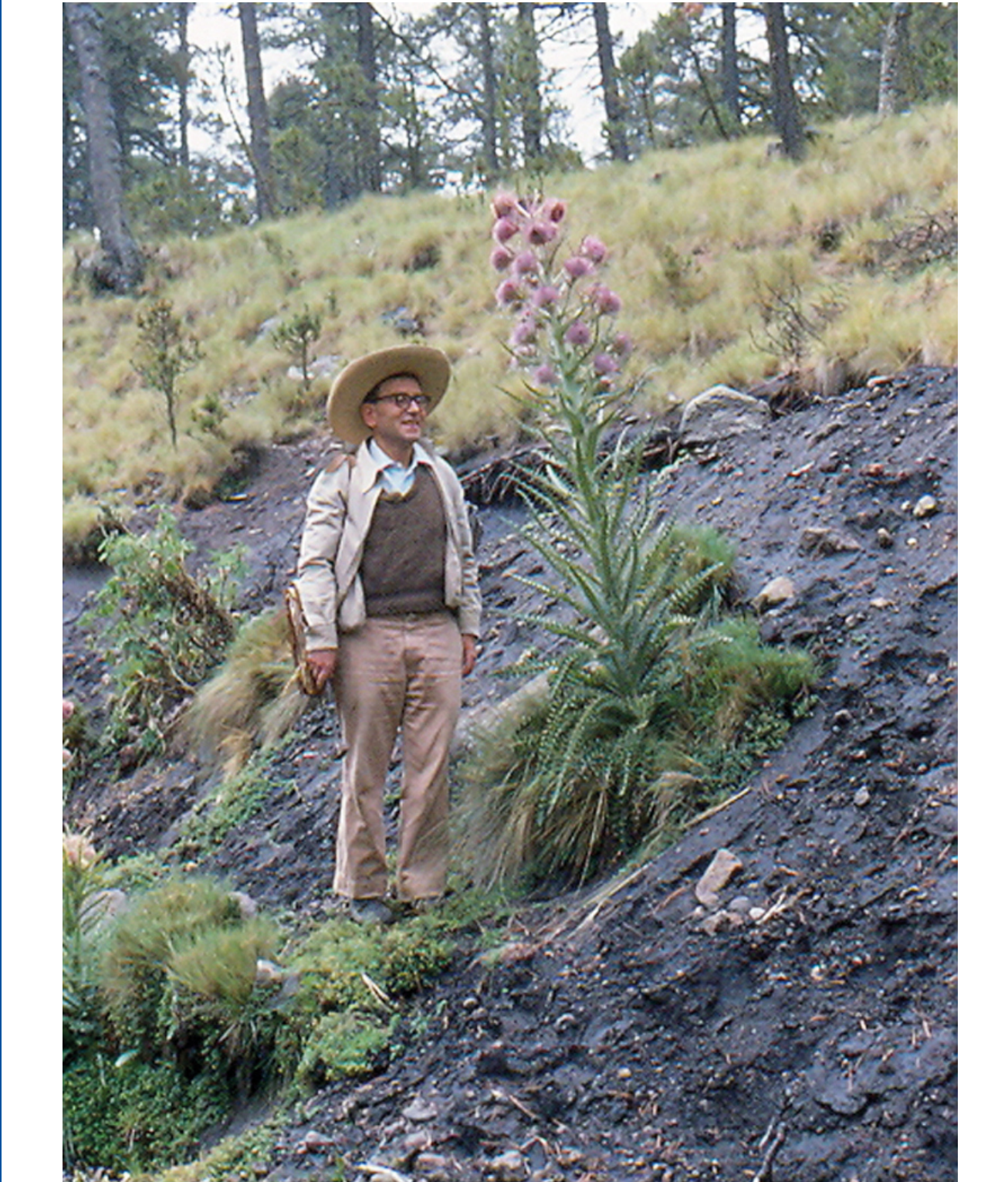
ISSN 1405-2768



Julio 2023

Núm. 56

POLIBOTÁNICA



Núm. 56



Julio 2023

PÁG.

CONTENIDO

- 1 Riqueza y distribución altitudinal de hepáticas epifitas del bosque mesófilo de montaña de Hidalgo, México
Richness and altitudinal distribution of epiphytic liverworts from the cloud forest of Hidalgo, Mexico
José Francisco Juárez López | Arturo Sánchez González | Maritza López Herrera | Dorismilda Martínez Cabrera
- 17 Descripción e ilustración del desarrollo morfogénico de los gametófitos y esporófitos jóvenes de *Asplenium blepharophorum* Bertol. (Aspleniaceae-Polypodiidae) en tres sustratos naturales
Description and illustration of the morphogenic development of the young gametophytes and sporophytes of Asplenium blepharophorum Bertol. (Aspleniaceae-Polypodiidae) in three natural substrates
Adriana Rojas Cano | María de la Luz Arreguín Sánchez | Rafael Fernández Nava | David Leonor Quiroz García
- 39 Análisis morfométrico de *Agave sensu stricto* (Asparagaceae: Agavoideae) en Veracruz y áreas adyacentes de Puebla, México
Morphometric analysis of Agave sensu stricto (Asparagaceae: Agavoideae) in Veracruz and adjacent areas of Puebla, Mexico
Carlos Rafael Arzaba Villalba | Miguel Cházaro Bazáñez | Mario Luna Cavazos | Edmundo García Moya
- 61 Variación clinal de caracteres fenotípicos y fisiológicos en *Pinus hartwegii* Lindl., para la Estación Forestal Experimental Zoquiapan, México
Clinical variation of phenotypic and physiological characters in Pinus hartwegii Lindl., for the Zoquiapan Experimental Forest Station, Mexico
Adrián López López | María Isabel Palacios Rangel | Cuauhtémoc Sáenz Romero | Villanueva Morales Antonio | Victoria Pacheco Almaraz
- 81 Composición, estructura y estado de la regeneración arbórea en un gradiente altitudinal en un bosque templado de Guadalupe y Calvo, Chihuahua
Composition, structure and status of tree regeneration in an altitudinal gradient in a temperate forest of Guadalupe y Calvo, Chihuahua
Samuel Alberto García García | Eduardo Alanís Rodríguez | Oscar Alberto Aguirre Calderón | Eduardo Javier Treviño Garza | Luis Gerardo Cuéllar Rodríguez | Alejandro Collantes Chávez Costa
- 101 Efectos del manejo forestal en la emisión de CO₂ de un suelo umbrisol en bosques de Durango, México
Effects of forest management on the soil CO₂ emission of an umbrisol in forests from Durango, Mexico
Erik Orlando Luna Robles | Israel Cantú Silva | Francisco Javier Hernández | Silvia Janeth Béjar Pulido
- 115 Influencia del conocimiento ecológico tradicional y la altitud en la estructura y diversidad arbórea de los cercos vivos del corredor biológico Chichinautzin, México
Influence of traditional ecological knowledge and altitudinal gradient on richness, structure and tree diversity of live fences in the Chichinautzin biological corridor, Mexico
Emir Basurto García | Hortensia Colín Bahena | Rafael Monroy Ortiz | Alejandro García Flores | Leonardo Beltrán Rodríguez
- 151 Efecto del medio de cultivo y escotoperiodo en la germinación de semillas y crecimiento *in vitro* de *Guarianthe skinneri* (Bateman) Dressler & W.E. Higgins (Orchidaceae)
Effect of culture media and skotoperiod on the germination of seeds and growth in vitro of Guarianthe skinneri (Bateman) Dressler & W.E. Higgins (Orchidaceae)
Fabiola Hernández Ramírez | Leobardo Iracheta Donjuan | Anne Damon | Sylvia Patricia Fernández Pavía | Karina Guillén Navarro
- 171 Plant regeneration from indirect somatic embryogenesis of *Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck subsp. *salmiana* using zygotic embryo obtained by in-casa pollination as explants
Regeneración de plantas por embriogénesis somática indirecta de Agave salmiana Otto ex Salm-Dyck subsp. salmiana usando embriones cigóticos obtenidos por polinización In-casa como explantes
Blanca Vianey Angeles Vázquez | Jorge Álvarez Cervantes | Xóchitl Tovar Jiménez | Benjamín Rodríguez Garay
- 183 Flavonoids, anthocyanins and total macronutrients in handmade products of blackberry (*Rubus* sp.) from Atecoxil, Veracruz, Mexico
Flavonoides, antocianinas y macronutrientes totales en productos artesanales de zarzamora (Rubus sp.) de Atecoxil, Veracruz, México
Vianey del Rocio Torres Pelayo
- 203 Composición química, actividad antioxidante, antiinflamatoria y antiproliferativa del extracto de callos derivado de *Acalypha californica* Benth
Chemical composition, antioxidant, antiinflammatory and antiproliferative activity of callus extract derived from Acalypha californica Benth
Lesyanny Hechavarría Pérez | Luisa Alondra Rascón Valenzuela | Armando Tejeda Mansir | José Alberto Pérez Burgos | Gloria Irma Ayala Astorga
- 225 Dinámica de la Etnobotánica médica de los pobladores de Córdoba, Argentina. Aportes de la Encuesta Nacional de Folklore (1921) a la comprensión de los cambios en el uso y percepción de plantas medicinales
Dynamics of the medical Ethnobotany of the inhabitants of Córdoba, Argentina. Contributions of the National Survey of Folklore (1921) to understanding changes in the use and perception of medicinal plants
Cecilia Trillo | Bárbara Arias Toledo
- 249 Ethnobotany of medicinal plants Used for healers of the Chol ethnic group from Tila, Chiapas, Mexico
Etnobotánica de plantas medicinales usadas por curanderos del grupo étnico Chol de Tila, Chiapas, México
José del Carmen Rejón Orantes | Sabina Andrea Sánchez-Cartela | Wilbert Gutiérrez-Sarmiento | Oscar Farrera-Sarmiento | Miguel Pérez de la Mora
- 265 Estudio de plantas medicinales utilizadas en San José Iturbide, Guanajuato, México
Study of medicinal plants used in San Jose Iturbide, Guanajuato, Mexico
Eduardo Alberto Lara Reimers | Carlos Omar Hernández Robledo | Pablo Preciado Rangel | Oscar Sariñana Aldaco
- 287 Percepción y significados del guaje rojo *Leucaena esculenta* (DC.) Benth. en la cultura ngiwa de Puebla, México
Perception and meanings of the red guaje Leucaena esculenta (DC.) Benth. in the ngiwa culture from Puebla, Mexico
Guadalupe García Maceda | Arturo Hernández Montes | María Carmen Ybarra Moncada | Rocio Guadalupe Casañas Pimentel
- 311 Intergenerational transmission of traditional ecological knowledge about medicinal plants in a riverine community of the Brazilian Amazon
Transmisión intergeneracional del conocimiento ecológico tradicional sobre las plantas medicinales en una comunidad ribereña de la Amazonía Brasileña
Rogério Lima Mota | Iani Dias Lauer-Leite | Jailson Santos de Novais

POLIBOTÁNICA

Núm. 56

ISSN electrónico: 2395-9525

Julio 2023



Portada

Jerzy Rzedowski Rotter (1926-2023). Considerado uno de los botánicos más influyentes de México. Incursionó en diversas disciplinas botánicas como taxonomía, florística, fitogeografía y ecología. Formó varios herbarios institucionales y recolectó muestras de la flora mexicana, logrando una colección que superó los 50,000 ejemplares. Trabajó en la Flora Fanerogámica del Valle de México y en la Flora del Bajío y Regiones Adyacentes; también escribió el libro *La Vegetación de México*, obra clásica de la literatura botánica mexicana. A lo largo de su carrera, se dedicó además a la enseñanza y formación de botánicos. Su obra incluye la publicación de 7 libros, 47 capítulos de libros, 128 artículos en revistas científicas y 31 fascículos de floras. Descubrió alrededor de 190 nuevas especies de plantas mexicanas y más de 85 especies de hongos, plantas y animales mexicanos recibieron su nombre en su honor.

Jerzy Rzedowski Rotter (1926-2023). Considered one of the most influential botanists in Mexico. He ventured into several botanical disciplines such as taxonomy, floristics, phytogeography, and ecology. He formed several institutional herbaria, and collected samples of Mexican flora, achieving a collection that exceeded 50,000 numbers. He worked on the Phanerogamic Flora of the Valley of Mexico and the Flora of the Bajío and Adjacent Regions; he also wrote the book *The Vegetation of Mexico*, a classic work of Mexican botanical literature. Throughout his career, he was also dedicated to teaching and training botanists. His work includes the publication of 7 books, 47 book chapters, 128 articles in scientific journals, and 31 fascicles of floras. He discovered about 190 new species of Mexican plants and more than 85 species of Mexican fungi, plants, and animals were named in his honor.

por/by **Rafael Fernández Nava**



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Director General: *Dr. Arturo Reyes Sandoval*

Secretario General: *Ing. Arq. Carlos Ruiz Cárdenas*

Secretario Académico: *Mtro. Mauricio Igor Jasso Zaranda*

Secretario de Innovación e Integración Social: *M. en C. Ricardo Monterrubio López*

Secretario de Investigación y Posgrado: *Dra. Laura Arreola Mendoza*

Secretario de Servicios Educativos: *Dra. Ana Lilia Coria Páez*

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

Director de Educación Superior: *Dra. María Guadalupe Ramírez Sotelo*

ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Director:

Dr. Isaac Juan Luna Romero

Subdirectora Académica:

M. en C. Martha Patricia Cervantes Cervantes

Jefe de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación:

Dr. Gerardo Aparicio Ozores

Subdirector de Servicios Educativos e Integración Social:

Biól. Gonzalo Galindo Becerril

POLIBOTÁNICA, Año 28, No. 56, julio 2023, 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.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Politécnico Nacional.

REVISTA BOTÁNICA INTERNACIONAL DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

EDITOR EN JEFE

Rafael Fernández Nava

EDITORA ASOCIADA

María de la Luz Arreguín Sánchez

COMITÉ EDITORIAL INTERNACIONAL

Christiane Anderson
University of Michigan
Ann Arbor, Michigan, US

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

Heike Vibrans
Colegio de Postgraduados
Estado de México, México

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

Graciela Calderón de Rzedowski
Instituto de Ecología del Bajío
Pátzcuaro, Mich., México

Delia Fernández González
Universidad de León
León, España

Theodore S. Cochrane
University of Wisconsin
Madison, Wisconsin, US

Jerzy Rzedowski Rotter
Instituto de Ecología del Bajío
Pátzcuaro, Mich., México

Hugo Cota Sánchez
University of Saskatchewan
Saskatoon, Saskatchewan, Canada

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

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

Claude Sastre
Muséum National d'Histoire Naturelle
Paris, Francia

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

Mauricio Velayos Rodríguez
Real Jardín Botánico
Madrid, España

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

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

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

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

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

Tom Wendt
University of Texas
Austin, Texas, US

José Manuel Rico Ordaz
Universidad de Oviedo
Oviedo, España

DISEÑO Y FORMACIÓN ELECTRÓNICA

Luz Elena Tejeda Hernández

OPEN JOURNAL SYSTEM Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

Pedro Aráoz Palomino

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:

CONAHCYT, índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica y Tecnológica del Consejo Nacional de Humanidades, 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.



RIQUEZA Y DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DE HEPÁTICAS EPIFITAS DEL BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA DE HIDALGO, MÉXICO

RICHNESS AND ALTITUDINAL DISTRIBUTION OF EPIPHYTIC LIVERWORTS FROM THE CLOUD FOREST OF HIDALGO, MEXICO

Juárez-López; José Francisco; Arturo Sánchez-González; Maritza López-Herrera y Dorismilda Martínez-Cabrera

RIQUEZA Y DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DE HEPÁTICAS EPIFITAS DEL BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA DE HIDALGO, MÉXICO

RICHNESS AND ALTITUDINAL DISTRIBUTION OF EPIPHYTIC LIVERWORTS FROM THE CLOUD FOREST OF HIDALGO, MEXICO



Riqueza y distribución altitudinal de hepáticas epifitas del bosque mesófilo de montaña de Hidalgo, México

Richness and altitudinal distribution of epiphytic liverworts from the cloud forest of Hidalgo, Mexico

Juárez-López; José Francisco;
Arturo Sánchez-González;
Maritza López-Herrera y
Dorismilda Martínez-Cabrera

RIQUEZA Y DISTRIBUCIÓN
ALTITUDINAL DE
HEPÁTICAS EPIFITAS DEL
BOSQUE MESÓFILO DE
MONTAÑA DE HIDALGO,
MÉXICO

RICHNESS AND
ALTITUDINAL
DISTRIBUTION OF
EPIPHYTIC LIVERWORTS
FROM THE CLOUD
FOREST OF HIDALGO,
MEXICO

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 56: 1-16. Julio 2023

DOI:
10.18387/polibotanica.56.1

José Francisco Juárez-López

Arturo Sánchez-González / arturosg@uaeh.edu.mx

Maritza López-Herrera

*Centro de Investigaciones Biológicas, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería,
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo,
Km 4.5 carretera Pachuca-Tulancingo, 42184,
Mineral de la Reforma, Hidalgo, México*

Dorismilda Martínez-Cabrera

*Herbario, Instituto Tecnológico de Huejutla, Km 5.5 Carretera Huejutla-
Chalahuiyapa, 43000, Huejutla de Reyes, Hidalgo, México*

RESUMEN: Las hepáticas se distribuyen de forma heterogénea en su hábitat, pues dependen de condiciones micro ambientales particulares para su establecimiento. En este trabajo se presenta un listado florístico y se estima la riqueza y semejanza en la composición de especies de hepáticas epifitas del bosque mesófilo de montaña (BMM) de Hidalgo, a lo largo de un gradiente de altitud. Además, se integra información sobre sus patrones de distribución geográfica. Las muestras se tomaron en tres municipios con BMM del estado de Hidalgo en un intervalo de altitud de 1345-2019 m. En cada municipio se colocaron dos parcelas de muestreo de 0.1 ha en los extremos del gradiente altitudinal. Dentro de cada parcela se seleccionaron 10 árboles y en cada uno de ellos se colocaron tres micro parcelas de 10×10 cm sobre su corteza para estimar la riqueza de especies. Se determinaron nueve familias, 17 géneros, 29 especies y dos variedades de hepáticas. Las familias Lejeuneaceae y Plagiochilaceae presentaron el mayor número de especies. Los géneros *Lejeunea* Lib. y *Plagiochila* (Dumort.) Dumort. fueron los más diversos, con siete y cinco especies, respectivamente. La composición, riqueza y distribución de las especies fue variable a lo largo del gradiente analizado; la distribución geográfica de la mayoría de las especies (55 %), se restringe a la región neotropical.

Palabras clave: Altitud, bosque templado, briofitas, forófito, Marchantiophyta, *Plagiochila*, riqueza de especies.

ABSTRACT: liverworts are distributed heterogeneously in their habitat, as they depend on particular micro environmental conditions for their establishment. In this work, a floristic list is presented and the richness, and similarity in the species composition of epiphytic liverworts from Hidalgo's cloud forest (CF) is estimated, along an elevation gradient. In addition, information on their geographic distribution patterns is integrated. The samples were taken in three municipalities with CF of the Hidalgo state in an altitude interval of 1345-2019 m. On each site two sampling plots of 0.1 ha were placed at the ends of the altitudinal gradient. Within each plot, 10 trees were selected and in each of three micro plots of 10×10 cm were placed on its cortex to estimate the species richness. Nine families, 17 genera, 29 species and two varieties of liver were determined. Lejeuneaceae and Plagiochilaceae families presented the largest number of species. The *Lejeunea* Lib. and *Plagiochila* (Dumort.) Dumort. were the most diverse genera, with seven and five species, respectively. The composition and

richness of species were variables along the analyzed gradient; the geographic distribution of most of the species (55%) is restricted to the neotropical region.

Key words: Altitude, bryophytes, Marchantiophyta, phorophyte, *Plagiochila*, species richness, temperate forest.

INTRODUCCIÓN

La variación en la composición y riqueza de especies de hepáticas a lo largo de gradientes de altitud, se ha analizado ampliamente en distintas regiones de América y Asia, principalmente (Cacua-Toledo *et al.*, 2018; Estepa-Ruiz & Campos, 2022; Feuillet-Hutado & Torres, 2016; Gupta & Asthana, 2016; Rodríguez-Quiel *et al.*, 2022; Santos *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2019). Producto de estos estudios se ha documentado que la distribución espacial de las especies de hepáticas se relaciona con diferentes factores ambientales, bióticos (v. gr. variación en la composición de especies de plantas vasculares, grado de fragmentación del hábitat y tipo de vegetación) y abióticos (v. gr. temperatura, humedad relativa y disponibilidad de luz) en diferentes escalas espaciales (Corrales *et al.*, 2010; de Oliveira & ter Steege, 2013; Delgado & Ederra, 2013; Ruíz-Agudelo & Aguirre-Ceballos, 2004; Wolf, 1995).

En México, el bosque mesófilo de montaña (BMM) o bosque de niebla, posee características ambientales particulares (temperatura moderada y humedad alta), idóneas para el desarrollo de las hepáticas, que dependen principalmente de la humedad para sobrevivir (Gradstein *et al.*, 2001; Holz *et al.*, 2002; Norris *et al.*, 2017). Sin embargo, este tipo de vegetación se distribuye en un intervalo altitudinal amplio, lo cual implica la existencia de variación en las condiciones ambientales y en la composición y riqueza de especies de plantas entre diferentes pisos altitudinales (Rzedowski, 1978; Gual-Díaz & Rendón-Correa, 2017). Existen varios estudios en los que se ha evaluado la composición y riqueza de especies de hepáticas en gradientes de altitud en el BMM (v. gr. Estepa-Ruiz & Campos, 2022; Gradstein *et al.*, 2001; Valente *et al.*, 2013), pero en el caso de las hepáticas epifitas las investigaciones son escasas. El microambiente en donde se desarrollan las plantas epifitas es especial, porque el sustrato es inexistente o pobre en nutrimentos, el suministro de agua es escaso y la radiación suele ser alta, lo cual crea condiciones de aridez (Granados-Sánchez *et al.*, 2003).

En ecosistemas húmedos, como el BMM, las hepáticas epifitas experimentan ciclos de hidratación y desecación más dinámicos que en otros ecosistemas más secos, lo cual favorece su mayor diversidad (Köhler *et al.*, 2007). Aun así, el agua es el principal factor ambiental que limita su supervivencia (Granados-Sánchez *et al.*, 2003; Johnson & Kokila, 1970), pues dependiendo de su capacidad de resistencia a la desecación, algunas especies de hepáticas pueden ser más sensibles que otras (Glime, 2018). En México el BMM es el tipo de vegetación con mayor riqueza florística por unidad de área, pero también es uno de los más afectados por el cambio de uso del suelo, el cambio climático y otras actividades humanas (Gual-Díaz & Rendón-Correa, 2017). La composición de especies de plantas vasculares del BMM de México llama la atención, pues en general el dosel es dominado por especies de afinidad neártica; en cambio, el estrato herbáceo y arbustivo están conformados principalmente por especies de afinidad neotropical (Rzedowski, 1978). En el caso de las especies de hepáticas (Marchantiophyta), existe información general que ha permitido hacer una estimación de su riqueza taxonómica en México (Juárez-Martínez y Delgadillo-Moya, 2014), además de las características morfológicas y anatómicas de las especies que se distribuyen en el Valle de México (Juárez-Martínez y Delgadillo-Moya, 2017), pero los estudios ecológicos y sobre la afinidad u origen geográfico de los taxones de hepáticas epifitas en el BMM y en otros tipos de vegetación en México son nulos (Juárez-Martínez y Delgadillo-Moya, 2017), por lo que es relevante aportar datos básicos sobre ambos aspectos.

Por lo antes mencionado, los objetivos del presente estudio fueron 1) realizar un inventario de las especies de hepáticas epifitas del BMM del estado de Hidalgo, región sur de la Sierra Madre

Oriental (SMO) de México, 2) estimar si existe variación en la composición y riqueza de especies de hepáticas epifitas a lo largo del gradiente de altitud analizado, y 3) aportar información sobre la distribución geográfica de las especies de hepáticas epifitas que se desarrollan en el BMM del estado de Hidalgo, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El BMM primario (es decir, con mínima perturbación antropogénica) en el estado de Hidalgo, se localiza en el extremo sur de la SMO, ocupa una superficie de aproximadamente 71,283.42 ha y se distribuye en 24 municipios (INEGI, 2022). Se desarrolla en un intervalo altitudinal de entre 730 m y 2500 m en zonas montañosas de topografía irregular y que presentan diferentes tipos de suelos. El clima varía de templado a semicálido húmedo, con temperaturas que oscilan entre los 12 y 23 °C. La precipitación total anual es mayor a los 1000 mm (Tabla 1) y la precipitación pluvial más alta ocurre en altitudes mayores de 1500 m (Ángeles, 2009). Las condiciones de humedad y las neblinas características provienen de los vientos húmedos del Golfo de México, los cuales son interceptados por la Sierra Madre Oriental (SMO) y se condensan por fenómenos adiabáticos, originando la estación principal de lluvias en el verano. La concentración de humedad por condensación que resulta de la precipitación horizontal, es común en el intervalo altitudinal de 1000 a 2200 m (Ángeles, 2009; Ruiz-Jiménez *et al.*, 2012).

Muestreo

El estudio se llevó a cabo en tres municipios del estado de Hidalgo (Tepehuacán de Guerrero, Tlanchinol y Zacualtipán de Ángeles), en donde el BMM se distribuye en pisos de altitud contrastantes y está menos perturbado que en otras zonas de la entidad (Ángeles, 2009). En cada municipio se establecieron dos sitios de muestreo uno en el extremo inferior y otro en el extremo superior del gradiente de altitud donde se distribuye el BMM (Fig. 1 y Tabla 1), y en cada sitio se colocó una parcela de muestreo de 0.1 ha. Por parcela se eligieron al azar, de entre todas las especies de árboles presentes, 10 individuos con las siguientes características: 1) corteza cubierta en forma apreciable por hepáticas ($\geq 20\%$) en la parte basal del tronco, y 2) diámetro del tallo ≥ 30 cm, medido a 1.30 m de altura (diámetro normal, *sensu* Quiñonez *et al.*, 2012). Es importante mencionar que dentro de cada parcela se encontraron suficientes árboles con las características mencionadas, para hacer la selección al azar. En cada individuo seleccionado, se colocaron al azar tres micro parcelas de 10×10, desde la base hasta los primeros 2 m de altura del tronco, para estimar la riqueza y extraer las muestras para determinar la composición de especies de hepáticas epifitas (Tabua *et al.*, 2017).

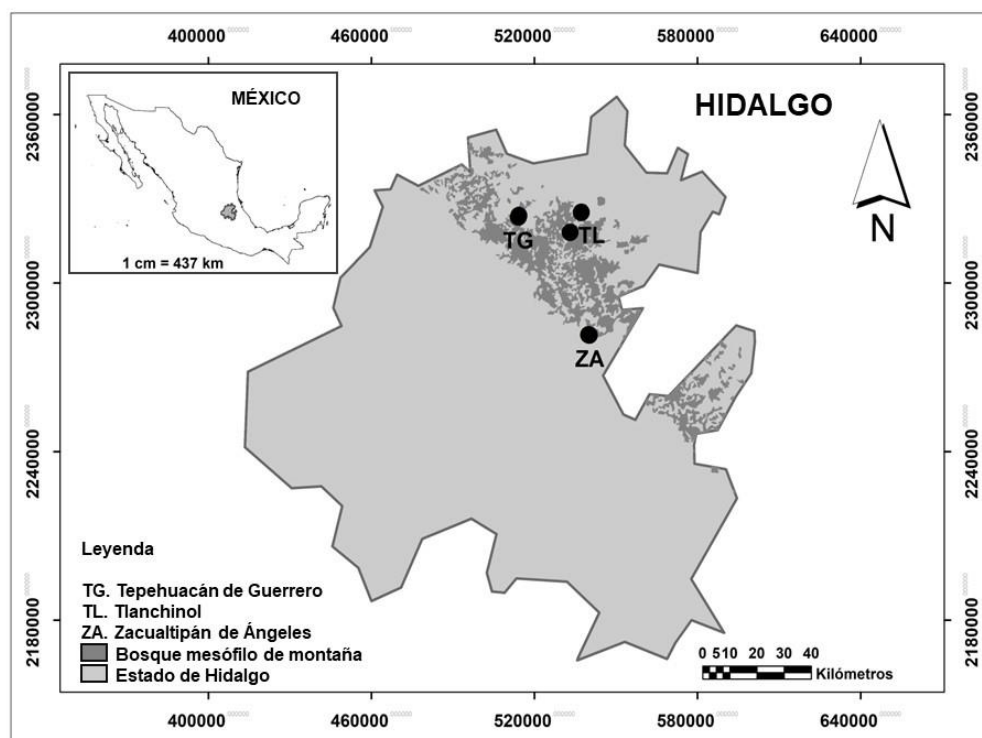


Fig. 1. Localización de los sitios de muestreo de las especies de hepáticas epifitas del BMM de Hidalgo. Las distancias geográficas entre los puntos correspondientes a los dos pisos altitudinales de Tepehuacán de Guerrero y Zacualtipán de Ángeles es corta, por lo que se sobreponen en la figura.

Tabla 1. Localización de los sitios de estudio dentro del BMM del estado de Hidalgo.

Municipio	Ubicación del BMM	Coordenadas geográficas	Temperatura promedio °C	Precipitación pluvial (mm)	Pisos de altitud (m)
Tepehuacán de Guerrero	Norte	21° 1' 2.30" N	24.0	2,120	1,345-1,375
		98° 51' 44.70" O			1,382-1,440
Tlanchinol	Norte	21° 1' 37.70" N	18.9	2,601	1,433-1,533
		98° 38' 26.70" O			1,519-1,564
Zacualtipán de Ángeles	Centro	20° 37' 55.90" N	14.0	2,047	1,985-2,001
		98° 36' 50.20" O			1,926-2,019

Tratamiento de muestras y análisis de datos

Los especímenes se determinaron utilizando las claves y descripciones taxonómicas disponibles, principalmente Bernecker-Lücking (1999), Fulford (1945), Gradstein (1994, 2015, 2016, 2017), Gradstein & Costa (2003), Gradstein *et al.* (2001) y Reiner-Drehwald (2000). La clasificación taxonómica a nivel de familia y género se basó en el trabajo de Crandall-Stotler *et al.* (2009); la nomenclatura de las especies y los nombres de las autoridades taxonómicas se verificaron y actualizaron a partir de Tropicos (Tropicos.org, 2022). Los ejemplares de hepáticas recolectados, se encuentran depositados en la colección de briofitas del laboratorio de

Ecología de Poblaciones, del Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (colección no registrada) y un duplicado, se depositará en la colección de briofitas del herbario nacional MEXU, con sede en el Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Se utilizaron valores del peso seco de las muestras (biomasa) para estimar la semejanza en la composición de especies a lo largo del gradiente de altitud, por medio de un análisis de agrupamiento; en el que se eligió como medida de semejanza la distancia Euclidiana y el método de Ward para la unión de grupos (Ludwig & Reynolds, 1988). El análisis se realizó con el programa Statistica versión 7.0 (StatSoft, 2008).

Análisis de la distribución geográfica de las especies

Para obtener información sobre la distribución geográfica de los taxones se consultaron las bases de datos de Global Biodiversity Information Facility-GBIF (GBIF.org, 2022) y Tropicos (Tropicos.org, 2022), además de artículos de investigación, libros y capítulos de libros (Delgadillo, 1993; So, 2005; Dauphin *et al.*, 2011; Gradstein, 1994, 2017, 2020; Gradstein & Hekking, 1989; Heinrichs *et al.*, 1999; Heinrichs & Gradstein, 2000; Maidana, 2013; So, 2005; Valente & Pórto, 2006). Las áreas de distribución o afinidades geográficas, se definieron con base en la distribución de las especies de hepáticas del BMM de Hidalgo, tomando como guía las categorías biogeográficas generales propuestas por Gradstein y Weber (1982) y Dauphin *et al.* (2011) para plantas no vasculares, y por Morrone (2015) para plantas vasculares. Las regiones consideradas fueron: 1) Neotropical, que incluye Sudamérica, Centroamérica, Centro-Sur de México y Antillas; 2) America, que comprende las regiones Neotropical y Neártica (Centro-Norte de México-Sur de Estados Unidos de América), 3) Distribución disyunta, con cuatro distintas combinaciones, especies con distribución Neotropical-África, América-África, América-Oceanía y Neotropical-Europa-África; y 4) Amplia distribución (cuatro o más regiones geográficas).

RESULTADOS

Riqueza de especies

Se registraron nueve familias, 17 géneros, 29 especies y dos variedades de hepáticas epifitas del BMM de Hidalgo (Tabla 2). La familia más representativa fue Lejeuneaceae con siete géneros. Los géneros con mayor número de especies fueron *Lejeunea* Lib. y *Plagiochila* (Dumort.) Dumort., con siete y cinco especies, respectivamente. Las especies de árboles en los que se realizó la recolección de las hepáticas fueron *Quercus* spp. (40 individuos), *Liquidambar styraciflua* L. (8 individuos), *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana* (Martínez) A.E. Murray (5 individuos), *Magnolia schiedeana* Schl. (2 individuos), *Pinus* sp. (2 individuos) y *Cyathea fulva* (M. Martens & Galeotti) Fée (1 individuo). En todas las localidades estudiadas, el dosel del bosque mesófilo estaba dominado por especies de encinos, excepto en Zacualtipán de Ángeles, donde dominaban *Fagus* y *Quercus*.

Distribución altitudinal

La mayor riqueza de especies se encontró entre los 1985 y 2001 m (Zacualtipán de Ángeles) y la menor riqueza entre 1345 y 1375 m (Tepehuacán de Guerrero), en los sitios de altitud más baja (Fig. 2). La distribución de cada una de las especies a lo largo del gradiente altitudinal analizado, fue diferente. En el caso de *Ceratolejeunea cubensis* (Mont.) Schiffn. y *Plagiochila raddiana* Lindenb), presentaron distribución amplia, es decir, en todo el gradiente altitudinal analizado. *Plagiochila aerea* Taylor se distribuye entre 1345 y 1564 m; *Plagiochila patula* (Sw.) Nees & Mont. ex Lindenb. entre 1433 y 2019 m, y *Porella swartziana* (F. Weber) Trevis. entre 1519 y 2019 m de altitud. El rango de distribución altitudinal en el resto de los taxones fue más restringido (Fig. 2).

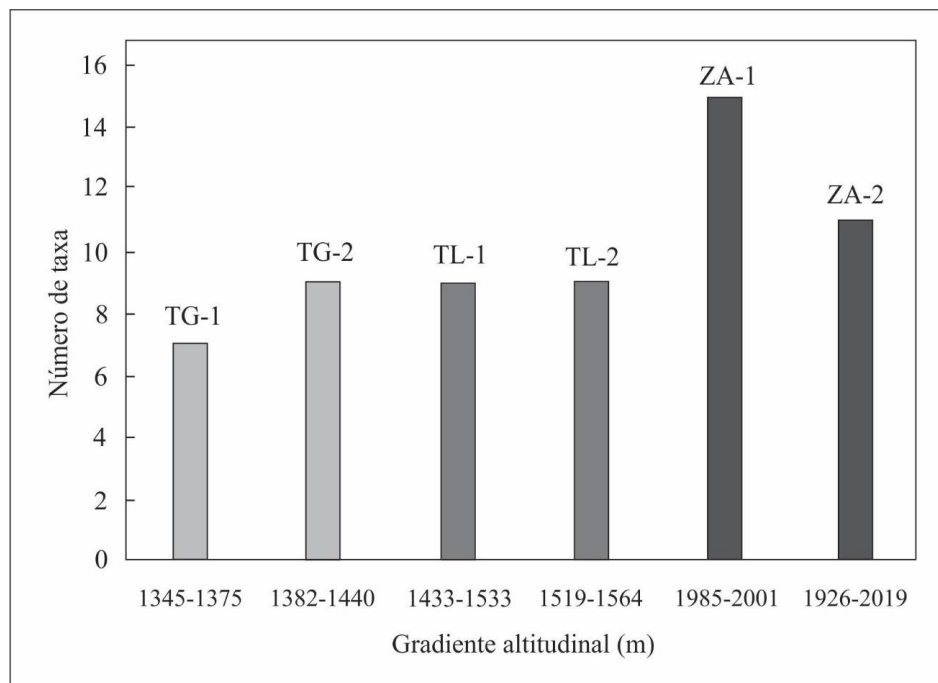


Fig. 2. Riqueza de especies de hepáticas del BMM de Hidalgo en un gradiente altitudinal. **TG-1, TG-2.** Tepehuacán de Guerrero; **TL-1, TL-2.** Tlanchinol; **ZA-1, ZA-2.** Zacualtipán de Ángeles.

Composición de especies

En el dendrograma generado (Fig. 3), se reconocieron tres grupos: el primero conformado por dos sitios de muestreo, ambos en el municipio de Zacualtipán de Ángeles, situados a mayor altitud (entre 1985 y 2019 m) y a mayor distancia geográfica que los demás; el segundo grupo está integrado por los dos sitios de muestreo de mayor altitud en Tepehuacán de Guerrero (1382-1440 m) y Tlanchinol (1519-1564 m); y el tercer grupo está constituido por los dos sitios de muestreo de menor altitud de Tepehuacán de Guerrero (1345-1375 m) y Tlanchinol (1433-1533 m).

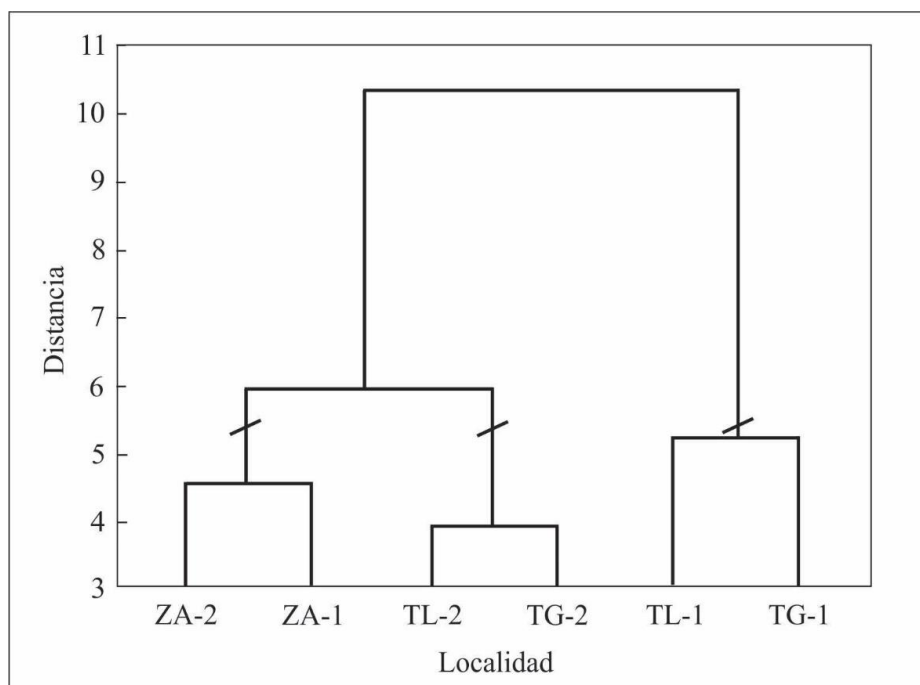


Fig. 3. Dendrograma del análisis de agrupamiento que muestra la semejanza en la composición de especies de hepáticas de diferentes sitios ubicados a distinta altitud en el BMM de Hidalgo. **TG-1.** Tepehuacán de Guerrero (1345-1375 m), **TG-2.** Tepehuacán de Guerrero (1382-1440 m), **TL-1.** Tlanchinol (1433-1533 m), **TL-2.** Tlanchinol (1519-1564 m), **ZA-1.** Zacualtipán de Ángeles (1985-2001 m), **ZA-2.** Zacualtipán de Ángeles (1926-2019 m).

Distribución geográfica

Se definieron siete grupos diferentes con base en la distribución geográfica de las especies de hepáticas epífitas presentes en el BMM de Hidalgo. Los grupos mejor representados fueron: el elemento Neotropical (55% de las especies, que se distribuyen principalmente en Centro y Sudamérica), el de amplia distribución (21%) y el Americano (10%), con especies que se distribuyen en el neotrópico y en el sureste de Estados Unidos de América. Los demás grupos, que incluyen especies con distribución disyunta en África, Europa Occidental y Oceanía, presentaron valores de 3.4%, cada uno (Fig. 4).

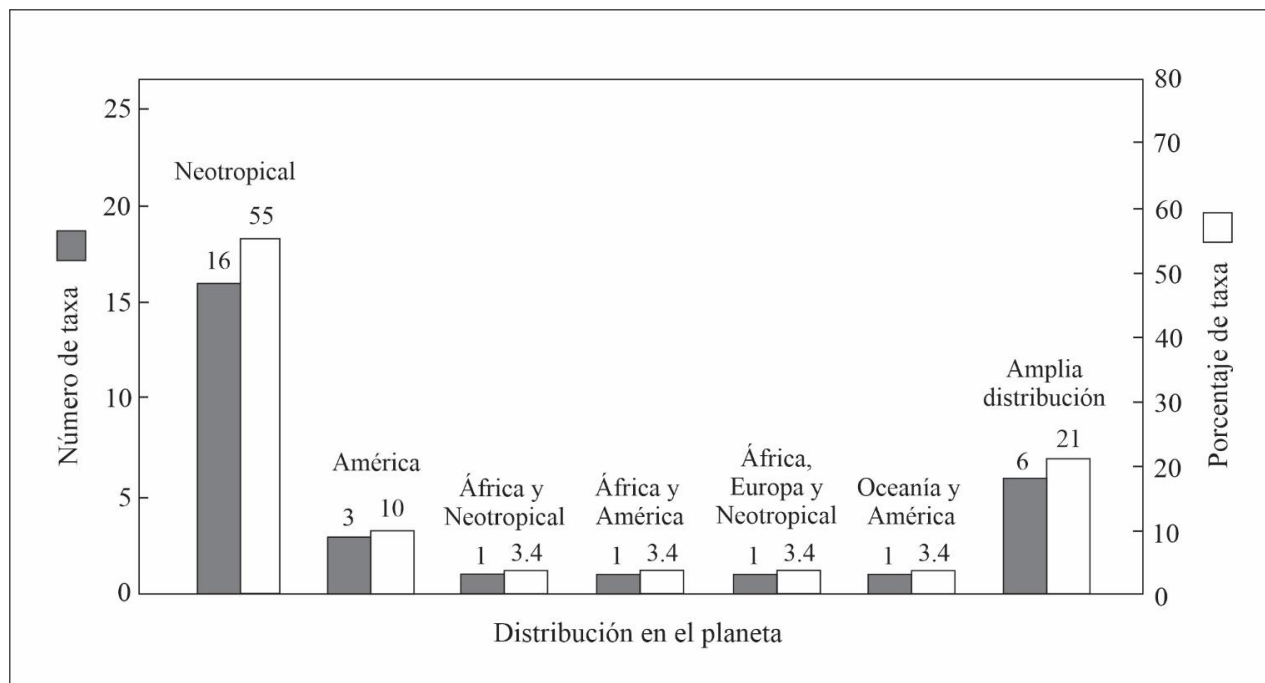


Fig. 4. Distribución geográfica de las especies de hepáticas del BMM de Hidalgo.

DISCUSIÓN

Riqueza de especies. Las familias Lejeuneaceae y Plagiochilaceae fueron las más representativas con 11 y siete especies, respectivamente; lo cual puede estar relacionado con el alto número de especies de hábito epífita que ambas contienen (Cacua-Toledo *et al.*, 2018; Christine *et al.*, 2013; de Oliveira & ter Steege, 2013; Feuillet-Hutado & Torres, 2016; Holz & Gradstein, 2005). Los géneros *Lejeunea* y *Plagiochila* fueron los que presentaron un número más alto de especies, lo cual puede deberse, en parte, a que América tropical es el centro de diversificación principal de Lejeuneaceae (Gradstein, 2020), de ahí que, casi tres cuartas partes de los 72 géneros que integran esta familia a nivel mundial, y probablemente alrededor de un tercio de las especies, se encuentran en el Neotrópico.

La riqueza de especies encontrada en el presente estudio fue baja, comparada con la registrada en otras investigaciones realizadas en BMM en Sudamérica: en la región de Los Andes, Costa Rica y Colombia se determinaron 187, 200 y 166 especies, respectivamente (Campos *et al.*, 2019; Gradstein *et al.*, 2001; Holz & Gradstein, 2005; Wolf, 1993). Sin embargo, en los estudios referidos se recolectaron hepáticas de varios sustratos de crecimiento, microhábitats y/o el tamaño del área de muestreo fue considerablemente mayor que en el presente estudio.

Las 29 especies de hepáticas epifitas que componen la flora del BMM de Hidalgo representan sólo el 5.0% de las 600 especies estimadas para México (Delgadillo-Moya, 2022; Delgadillo-Moya & Juárez-Martínez, 2014). Sin embargo, las condiciones ambientales que prevalecen en el BMM, como la humedad atmosférica alta y la temperatura moderada (Gual-Díaz & Rendón-Correa, 2017; Jardel Peláez *et al.*, 2014), son idóneas para el desarrollo y proliferación de las hepáticas, aunado a ello, este grupo de plantas se desarrolla sobre varios sustratos (suelo y rocas), que no fueron considerados en el presente estudio, por lo que la riqueza de especies debe ser más elevada si se realiza el muestreo en todos los sustratos de crecimiento (Alvarenga & Lisboa, 2009; Marques & Cavalcanti, 2007; Oliveira-da-Silva & Ilkiu-Borges, 2018).

Con respecto a los forófitos, la mayoría de las especies de hepáticas recolectadas crecen sobre árboles de *Quercus* sp. y *Liquidambar styraciflua* L., lo cual probablemente se relaciona con las características de la corteza (fisurada) y con el hecho de que son los árboles dominantes en los sitios de estudio. Tal como lo sugieren Frahm (2003) y Mota De Oliveira *et al.* (2009), las características de la corteza pueden influir sobre la riqueza y composición de las especies epífitas, la textura es importante, ya que las cortezas lisas acumulan poca humedad y humus en comparación con las rugosas. En contraste, solo dos especies de hepáticas crecen sobre *Magnolia schiedeana* (árbol de corteza lisa) y *Cyathea fulva* (helecho arborescente), lo cual puede estar relacionado con la baja importancia estructural de ambas especies de árboles en el BMM analizado; como la selección de los forófitos fue al azar, sólo se recolectaron hepáticas sobre un helecho arborescente y dos árboles de *Magnolia*. Sin embargo, otros factores ambientales tales como la edad, densidad y biomasa de los forófitos, también pueden influir en la variación en la riqueza de especies. Por ejemplo, se ha encontrado que las hepáticas epífitas suelen ser dominantes en bosques montanos maduros (Gradstein *et al.*, 2001; Gradstein & León-Yáñez, 2020; Valente *et al.*, 2013), lo cual coincide con los valores de riqueza más altos, encontrados en los bosques maduros de encino y haya, de las dos localidades de Zacualtipán de Ángeles.

Distribución altitudinal y composición de especies. La composición, riqueza y distribución de las especies de hepáticas del BMM de Hidalgo cambió a lo largo del gradiente de altitud analizado. En general, la semejanza en la composición de especies fue menor entre sitios con altitudes contrastantes o distantes geográficamente entre sí; lo que es acorde con el patrón o fenómeno de decaimiento en la semejanza florística por la distancia, en el cual se asume que las condiciones ambientales locales serán más contrastantes entre sitios más lejanos (Canché-Delgado *et al.*, 2011; Cavieres & Piper, 2004; Nekola & White, 1999; Soininen *et al.*, 2007). En concordancia con lo anterior, Nöske *et al.* (2008) mencionan que las condiciones micro climáticas influyen marcadamente en la composición de especies de briofitas, es decir, cada taxón responde de diferente manera a las condiciones ambientales locales. En el presente estudio, la mayor riqueza de especies se encontró en la localidad de Zacualtipán de Ángeles, en los sitios de mayor altitud (entre los 1926 y 2019 m), por lo que es probable que en este bosque las condiciones micro climáticas (v. gr. temperatura promedio más baja, precipitación total anual > 2000 mm anuales), sean más idóneas para la existencia de un conjunto mayor de especies de hepáticas, que en las demás localidades analizadas.

La humedad y la temperatura del BMM varían, de acuerdo con el intervalo de altitud donde se distribuye en las diferentes regiones de la SMO (Ángeles, 2009; Gual-Díaz & Rendón-Correa, 2017). En el piso altitudinal inferior, el BMM, colinda comúnmente con el bosque tropical subcaducifolio, que se caracteriza por presentar menor humedad y temperatura más alta que el BMM; y en el piso de elevación superior con bosques de coníferas y de encino, en donde hay menor humedad y temperatura más baja que en el BMM; por lo que la afinidad florística de sus componentes está relacionada con las condiciones ambientales que predominan y con el medio local colindante (Valdez *et al.*, 2003).

Distribución geográfica. La influencia del elemento Neotropical sobre la flora de hepáticas del BMM de Hidalgo podría estar asociada con la alta representatividad de especies de Lejeuneaceae, pues se considera que esta región biogeográfica es el centro de diversidad de la familia; por lo que la presencia de *Anoplolejeunea conferta* y *Dicranolejeunea axillaris*, especies endémicas del Neotrópico (Gradstein, 2020) en este ecosistema es plausible.

La distribución de las especies de plantas dentro de las áreas biogeográficas suele ser heterogénea, porque las condiciones ambientales adecuadas para la supervivencia y desarrollo de las especies no son homogéneas dentro de estas áreas; este fenómeno se observa con claridad en los taxones de hepáticas de América, pues en la región Neotropical están mejor representados en Centro y Sudamérica; y en la región Neártica en el Sureste de Estados Unidos de América (Dauphin *et al.*, 2011; Gradstein, 1994, 2017, 2020; Gradstein & Hekking, 1989;

Heinrichs *et al.*, 1999; Heinrichs & Gradstein, 2000; So, 2005; Valente & Pôrto, 2006). Las especies de hepáticas con amplia distribución, que comprenden otro de los componentes más representativo en el presente estudio (segundo lugar), pueden considerarse como semi cosmopolitas, es decir, especies con distribución amplia, que ocupan varias unidades biogeográficas de rango mayor, como reino o región (*sensu* Guerrero *et al.*, 2018), lo cual es un indicio de su alta capacidad de adaptación y dispersión en diferentes ambientes.

La presencia de especies con distribución disyunta, como *Leptoscyphus porphyrius*, que se distribuye en el Neotrópico y África, *Porella swartziana* en América y África, y *Plagiochila bifaria* en el Neotrópico, Europa Occidental y África, son de interés biogeográfico, pues pueden permitir confirmar o refutar hipótesis sobre como ocurrió la dispersión de las especies. La propuesta más aceptada para explicar este fenómeno es la que enfatiza la unión entre América y África, aunque también se han sugerido otras alternativas, como la dispersión de esporas a gran distancia y la migración a partir de áreas que se formaron después de la deriva continental (Delgadillo, 1993). La disyunción que llama más la atención es la de *Plagiochila raddiana*, cuya distribución incluye el Neotrópico, el sur de E.U.A. y el sur de Asia. En este caso, no hay una explicación convincente, pero se han propuesto dos causas posibles: 1) que sus ancestros habitaban originalmente una de las áreas y desde allí se dispersaron hacia las demás, o bien, 2) que sus ancestros ocupaban una superficie amplia, que comprendía las actuales áreas disyuntas, las cuales son restos de la distribución ancestral (Maidana, 2013). Otra explicación plausible es que el área de distribución de las especies es amplia, pero no existen suficientes registros en campo de su presencia, por la carencia de estudios florísticos y ecológicos.

Existen pocos trabajos sobre la composición, distribución y riqueza de especies de hepáticas (epifitas o de cualquier otro sustrato de crecimiento), en los diferentes ecosistemas terrestres de México (incluido el BMM). El listado florístico obtenido y los datos sobre su distribución altitudinal pueden servir como base para conocer otros aspectos biológicos de importancia de estas especies, v. gr. el papel ecológico que desempeñan, el estado de conservación de su hábitat y usos potenciales. Se ha documentado que las hepáticas son vulnerables a los cambios ambientales (humedad, nutrimentos, radiación, entre otros), por ello son consideradas excelentes indicadores de cambios, incluso sutiles, en las condiciones climáticas de los bosques (Ah-Peng *et al.*, 2017).

CONCLUSIONES

En el bosque mesófilo de montaña de Hidalgo se desarrollan al menos 29 especies de hepáticas epifitas, en el gradiente de altitud analizado la distribución de estas especies fue heterogénea. La menor riqueza de especies se encontró en sitios con altitud baja (1345-1375 m), mientras que el mayor número de especies ocurrió en sitios de altitud más elevada (1985-2001 m); probablemente porque las condiciones ambientales de humedad y temperatura en este intervalo de altitud, son más benignas e idóneas para las hepáticas. La semejanza en la composición de especies se relacionó en forma inversa con la distancia geográfica entre sitios, lo cual sugiere que las condiciones ambientales locales tienen alta influencia en la composición y riqueza de especies. El número de especies de hepáticas con distribución Neotropical predominó ampliamente con respecto a las que se distribuyen en otras regiones del planeta. Los resultados obtenidos sobre la composición, riqueza y distribución de las especies de hepáticas epifitas en el gradiente de altitud y a escala biogeográfica, aportan información básica sobre los patrones de distribución de este grupo de plantas, que pueden ser de utilidad en los programas de manejo y conservación de la biodiversidad del BMM de Hidalgo y de México.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por la beca otorgada al primer autor para realizar estudios de posgrado. Al Dr. Robert Gradstein por su ayuda en la corroboración de la determinación de algunos ejemplares. Los autores agradecen los comentarios y sugerencias de tres revisores anónimos, lo cuales fueron de gran utilidad para mejorar el manuscrito.

LITERATURA CITADA

- Ah-Peng, C., Cardoso, A. W., Flores, O., West, A., Wilding, N., Strasberg, D., & Hedderson, T. A. J. (2017). The role of epiphytic bryophytes in interception, storage, and the regulated release of atmospheric moisture in a tropical montane cloud forest. *Journal of Hydrology*, 548, 665–673. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.03.043>
- Alvarenga, L. D. P., & Lisboa, R. C. L. (2009). Contribuição para o conhecimento da taxonomia, ecologia e fitogeografia de briófitas da Amazônia Oriental. *Acta Amazonica*, 39(3), 495–504. <https://doi.org/10.1590/s0044-59672009000300003>
- Ángeles, P. G. (2009). El bosque mesófilo de montaña en el estado de Hidalgo. In A. I. Monterroso Rivas (Ed.), *El bosque mesófilo de montaña en el estado de Hidalgo: perspectiva ecológica frente al cambio climático* (Primera, pp. 39–54). Universidad Autónoma Chapingo, Colegio de Posgraduados, Gobierno del Estado de Hidalgo.
- Bernecker-Lücking, A. (1999). Key to Latin American species of *Bazzania* S . F . Gray. *Tropical Bryology*, 16, 117–126.
- Cacua-Toledo, C. F., Serrano-Cardozo, V. H., & Ramírez-Pinilla, M. P. (2018). Composición y distribución de hepáticas (Marchantiophyta) en un intervalo altitudinal en la Cordillera Oriental de Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 66(2), 559. <https://doi.org/10.15517/rbt.v66i2.33379>
- Campos, L. V., Mota de Oliveira, S., Benavides, J. C., Uribe-M, J., & ter Steege, H. (2019). Vertical distribution and diversity of epiphytic bryophytes in the Colombian Amazon. *Journal of Bryology*, 41(4), 328–340. <https://doi.org/10.1080/03736687.2019.1641898>
- Canché-Delgado, A., García-Jain, E. S., Vaca-Sánchez, M. S., & Cuevas-Reyes, P. (2011). Cambios en la morfología floral y foliar en *Crataegus tracyi*: importancia de la asimetría fluctuante como indicador de estrés ambiental. *Biologicas*, 13(1), 44–49.
- Cavieres, L., & Piper, F. (2004). Determinantes ecofisiológicos del límite altitudinal de los árboles. In H. M. Cabrera (Ed.), *Fisiología ecológica en plantas* (pp. 221–234). Universidad de Concepción.
- Christine, G. D., André, O., Jörg, B., & Robbert, G. (2013). Diversity and vertical distribution of epiphytic liverworts in lowland rain forest and lowland cloud forest of French Guiana. *Journal of Bryology*, 35(4), 243–254. <https://doi.org/10.1179/1743282013Y.0000000070>
- Corrales, A., Duque, A., Uribe, J., & Londoño, V. (2010). Abundance and diversity patterns of terrestrial bryophyte species in secondary and planted montane forests in the northern portion of the Central cordillera of Colombia. *Bryologist*, 113(1), 8–21. <https://doi.org/10.1639/0007-2745-113.1.8>
- Crandall-Stotler, B., Stotler, R. E., & Long, D. G. (2009). Phylogeny and classification of the Marchantiophyta. *Edinburgh Journal of Botany*, 66(1), 155–198. <https://doi.org/10.1017/S0960428609005393>
- Dauphin, G., Wunderlin, R. P., Essig, F. B., & Davison, P. G. (2011). A checklist of the liverworts (Marchantiophyta) and hornworts (Anthocerotophyta) of Florida. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*, 5(2), 773–814.
- de Oliveira, S. M., & ter Steege, H. (2013). Floristic overview of the epiphytic bryophytes of terra firme forests across the Amazon basin. *Acta Botanica Brasílica*, 27(2), 347–363.
- Delgadillo-Moya, C. (2022). Fifty years of bryology in Mexico. *Botanical Sciences*, 100(2), 263–273. <https://doi.org/10.17129/botsoci.2887>

- Delgadillo-Moya, C., & Juárez-Martínez, C. (2014). Biodiversidad de Anthocerotophyta y Marchantiophyta en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 106–109. <https://doi.org/10.7550/rmb.30954>
- Delgadillo, M. C. (1993). The Neotropical-African moss disjunction. *Bryologist*, 96(4), 604–615. <https://doi.org/10.2307/3243992>
- Delgado, V., & Ederra, A. (2013). Long-term changes (1982-2010) in the bryodiversity of Spanish beech forests assessed by means of Ellenberg indicator values of temperature, nitrogen, light and pH. *Biological Conservation*, 157, 99–107. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.06.022>
- Estepa-Ruiz, M. T., & Campos, L. V. (2022). Diversidad de hepáticas epífitas (Marchantiophyta) del sector Suasie en el Parque Nacional Natural Chingaza. *Acta Biologica Colombiana*, 27(1), 52–60. <https://doi.org/10.15446/abc.v27n1.87497>
- Feuillet-Hutado, C., & Torres, A. M. (2016). Hepáticas epífitas: riqueza en un gradiente altitudinal Andino, departamento del Cauca, Colombia. *Boletín Científico, Museo de Historia Natural*, 20(2), 33–42. <https://doi.org/10.17151/bccm.2016.20.2.3>
- Frahm, J. P. (2003). Manual of tropical bryology. *Tropical Bryology*, 23, 1–196. <http://tropical-bryology.org/Articles/open/VOL23/TB23.pdf%0Apapers3://publication/uuid/A295B8F2-742A-492E-86F4-B286B6CECB6A>
- Fulford, M. (1945). Studies on America Hepaticae-VI. *Ceratolejeunea*. *Brittonia*, 5(4), 368–403. GBIF.org. (2022). Global Biodiversity Information Facility.
- Glime, J. M. (2018). Tropics: epiphyte ecology. In *Bryophyte ecology. Volume 4. Habitat and Role*. Michigan Technological University and the International Association of Bryologists.
- Gradstein, S. R. (2016). The genus *Plagiochila* (Marchantiophyta) in Colombia. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(154), 104–136. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18257/raccefy.272>
- Gradstein, S. R. (1994). Lejeuneaceae: Ptychantheae, Brachiolejeuneae. *Flora Neotropica*, 62, 1–216.
- Gradstein, S. R. (2015). Annotated key to the species of *Plagiochila* (Marchantiophyta) from Brazil. *Pesquisas. Botânica*, 67, 23–36.
- Gradstein, S. R. (2017). *Bazzania* (Marchantiophyta) in South America. *Nova Hedwigia*, 105(1–2), 243–266. <https://doi.org/10.1127/nova>
- Gradstein, S. R. (2020). The genera of Lejeuneaceae (Marchantiophyta) of tropical America—an update. *Nova Hedwigia*, 150, 81–96. <https://doi.org/10.1127/nova-suppl/2020/081>
- Gradstein, S. R., Churchill, S. P., & Salazar-Allen, N. (2001). Guide to the Bryophytes of tropical America. *Memoirs of The New York Botanical Garden*, 86, 573.
- Gradstein, S. R., & da Costa, D. P. (2003). *The Hepaticae and Anthocerotae of Brazil* (Vol. 87). Memoirs of The New York Botanical Garden.
- Gradstein, S. R., & Hekking, W. H. . (1989). A catalogue of the bryophytes of the Guianas I. Hepaticae and anthocerotae. *The Journal of the Hattori Botanical Laboratory*, 66, 197–230.
- Gradstein, S. R., & Weber, W. A. (1982). Bryogeography of the Galápagos Islands. *Journ. Hattori Bot. Lab.*, 52, 127–152.
- Gradstein, S. R., & León-Yáñez, S. (2020). Liverwort diversity in *Polylepis pauta* forests of Ecuador under different climatic conditions. *Neotropical Biodiversity*, 6(1), 138–146. <https://doi.org/10.1080/23766808.2020.1809273>
- Granados-Sánchez, D., López-Ríos, G. F., Hernández-García, M. Á., & Sánchez-González, A. (2003). Ecología de las plantas epífitas. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 9(2), 101–111.
- Gual-Díaz, M., & Rendón-Correa, A. (2017). Los bosques mesófilos de montaña de México. *Agroproductividad*, 10(1), 3–9.
- Guerrero, E. L., Apodaca, M. J., Dosil-Hiriart, F. D., & Cabanillas, P. A. (2018). Análisis biogeográfico de los humedales del sistema fluvial del Río de la Plata basado en plantas trepadoras y epífitas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89, 1190–1200.
- Gupta, R., & Asthana, A. K. (2016). Diversity and distribution of liverworts across habitats and

- altitudinal gradient at Pachmarhi Biosphere Reserve (India). *Plant Science Today*, 3(4), 354–359. <https://doi.org/10.14719/pst.2016.3.4.263>
- Heinrichs, J., & Gradstein, S. R. (2000). A revision of *Plagiochila* sect. *Crispatae* and sect. *Hypnoides* (Hepaticae) in the Neotropics. I. *Plagiochila disticha*, *P. montagnei* and *P. raddiana*. *Nova Hedwigia*, 70(1–2), 161–184. <https://doi.org/10.1127/nova.hedwigia/70/2000/161>
- Heinrichs, J., Renker, C., & Gradstein, S. R. (1999). A taxonomic revision of *Plagiochila subplana* Lindenb., a widespread of tropical America. *Hausknechtia Beiheft*, 9, 171–181.
- Holz, I., & Gradstein, S. R. (2005). Cryptogamic epiphytes in primary and recovering upper montane oak forests of Costa Rica - Species richness, community composition and ecology. *Plant Ecology*, 178, 89–109. <https://doi.org/10.1007/s11258-004-2496-5>
- Holz, I., Gradstein, S. R., Heinrichs, J., & Kappelle, M. (2002). Bryophyte diversity, microhabitat differentiation, and distribution of life forms in Costa Rican upper montane *Quercus* forest. *The Bryologist*, 105(3), 334–348. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1639/0007-2745\(2002\)105\[0334:BDMDAD\]2.0.CO;2](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1639/0007-2745(2002)105[0334:BDMDAD]2.0.CO;2)
- INEGI. (2022). *Mapa de uso de suelo y vegetación*. INEGI. Instituto Nacional de Geografía y Estadística. <https://www.inegi.org.mx/temas/ususuelo/>
- Jardel-Peláez, E., Cuevas-Guzmán, R., Santiago-Pérez, A. L., & Rodríguez-Gómez, J. M. (2014). Ecología y manejo de los bosques mesófilos de montaña en México. *Bosques Mesófilos de Montaña de México Diversidad, Ecología y Manejo*, 141–187.
- Johnson, A., & Kokila, P. (1970). The resistance to desiccation of ten species of tropical mosses. *The Bryologist*, 73(4), 682–686.
- Köhler, L., Tobón, C., Frumau, K. F. A., & Bruijnzeel, L. A. (2007). Biomass and water storage dynamics of epiphytes in old-growth and secondary montane cloud forest stands in Costa Rica. *Plant Ecology*, 193, 171–184. <https://doi.org/10.1007/s11258-006-9256-7>
- Ludwig, J. A., & Reynolds, J. F. (1988). *Statistical ecology: a primer on methods and computing*. Wiley-Interscience Publication.
- Maidana, G. E. (2013). Aportes de la biogeografía histórica y la tectónica de placas. *Contribuciones Científicas GEA*, 25, 137–148.
- Marques, de O. J. R. do P., & Cavalcanti, P. K. (2007). Composição, riqueza e padrões de distribuição das hepáticas (Marchantiophyta) epífitas da Estação Ecológica Murici, AL, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*, 5(2), 1041–1043.
- Morrone, J. J. (2015). Biogeographical regionalisation of the world: a reappraisal. *Australian Systematic Botany*, 28, 81–90
- Mota De Oliveira, S., Ter Steege, H., Cornelissen, J. H. C., & Robbert Gradstein, S. (2009). Niche assembly of epiphytic bryophyte communities in the Guianas: A regional approach. *Journal of Biogeography*, 36(11), 2076–2084. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2009.02144.x>
- Nekola, J. C., & White, P. S. (1999). The distance decay of similarity in biogeography and ecology. *Journal of Biogeography*, 26(4), 867–878. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.1999.00305.x>
- Norris, D. H., Kraichak, E., Risk, A. C., Lucas, D., Allard, D. J., Rosengren, F., Clark, T. A., Fenton, N., Tessler, M., Phephu, N., & Lennette, E. T. (2017). On the diversity and richness of understory bryophytes at *Nectandra* cloud forest reserve, Costa Rica. *Biodiversity Data Journal*, 5(1), 1–18. <https://doi.org/10.3897/BDJ.5.e11778>
- Nöske, N. M., Hilt, N., Werner, F. A., Brehm, G., Fiedler, K., Sipman, H. J. M., & Gradstein, S. R. (2008). Disturbance effects on diversity of epiphytes and moths in a montane forest in Ecuador. *Basic and Applied Ecology*, 9, 4–12. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2007.06.014>
- Oliveira-da-Silva, F. R., & Ilkiu-Borges, A. L. (2018). Bryophytes (Bryophyta and Marchantiophyta) of the canga of the Serra dos Carajás, Pará, Brazil. *Rodriguesia*, 69(3), 1405–1416. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201869334>
- Quiñonez, B. G., Cruz, C. F., Vargas, L. B. & Javier, H. F. (2012). Estimación del diámetro, altura y volumen a partir del tocón para especies forestales de Durango. *Revista*

Recibido:
2/febrero/2023

Aceptado:
16/junio/2023

- Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(3), 23–39
- Reiner-Drehwald, M. E. (2000). Las Lejeuneaceae (Hepaticae) de Misiones, Argentina VI. *Lejeunea* y *Taxilejeunea*. *Tropical Bryology*, 19, 81–131.
- Rodríguez-Quiel, E. E., Kluge, J., Mendieta-Leiva, G., & Bader, M. Y. (2022). Elevational patterns in tropical bryophyte diversity differ among substrates: a case study on Baru volcano, Panama. *Journal of Vegetation Science*, 33, 1–11. <https://doi.org/10.1111/jvs.13136>
- Ruiz-Agudelo, C., & Aguirre-Ceballos, J. (2004). Las comunidades de briófitos y su relación con la vegetación fanerogámica (tipos de paisaje) en Tarapacá (Amazonas-Colombia). *Caldasia*, 26(1), 65–78.
- Ruiz-Jiménez, C. A., Téllez-Valdés, O., & Luna-Vega, I. (2012). Clasificación de los bosques mesófilos de montaña de México: afinidades de la flora. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83, 1110–1144. <https://doi.org/10.7550/rmb.29383>
- Santos, N. D. Dos, Costa, D. P. Da, Kinoshita, L. S., & Shepherd, G. J. (2017). Variations in bryophyte communities in a short elevational gradient in Atlantic Forest of southeastern Brazil. *Cryptogamie, Bryologie*, 38(2), 191–211. <https://doi.org/10.7872/cryb/v38.iss2.2017.191>
- Silva, J. B., Germano, S. R., Maciel-Silva, A. S., & dos Santos, N. D. (2019). A small elevational gradient shows negative bottom-to-top bryophyte richness in a seasonally dry forest in Brazil. *Cryptogamie, Bryologie*, 40(17), 219–231. <https://doi.org/10.5252/cryptogamie-bryologie2019v40a17>
- So, M. L. (2005). *Porella* (Porellaceae, Marchantiophyta) in Latin America. *New Zealand Journal of Botany*, 43(1), 301–321. <https://doi.org/10.1080/0028825X.2005.9512956>
- Soininen, J., McDonald, R., & Hillebrand, H. (2007). The distance decay of similarity in ecological communities. *Ecography*, 30, 3–12. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0906-7590.04817.x>
- StatSoft. (2008). Statistica for Windows (Data Analysis Software System), Version 7.0. Statsoft. Inc.
- Tabua, M., Riley, R., Renner, M. A. M., Söderström, L., Hagborg, A., & Konrat, M. Von. (2017). Are epiphytic bryophyte communities characterized by changes along an elevational gradient?—A preliminary study on eastern Viti Levu, Fiji Islands. *Bryophyte Diversity and Evolution*, 39(1), 28–37. <https://doi.org/10.11646/bde.39.1.6>
- Tropicos.org. (2022). Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. <http://www.tropicos.org>. (accessed October, 11, 2022).
- Valdez, T. V., Foroughbakhch, P. R., & Alanís, F. G. (2003). Distribución relictual del bosque mesófilo de montaña en el noreste de México. *Ciencia UANL*, 6(3), 360–365.
- Valente, E. D. B., & Pôrto, K. C. (2006). Hepáticas (Marchantiophyta) de um fragmento de Mata Atlântica na Serra da Jibóia, município de Santa Teresinha, BA, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 20(2), 433–441.
- Valente, E. de B., Pôrto, K. C., Bastos, C. J. P., & Ballejos-Loyola, J. (2013). Diversity and distribution of the bryophyte flora in montane forests in the Chapada Diamantina region of Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 27(3), 506–518. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062013000300008>
- Wolf, J. H. D. (1993). Diversity patterns and biomass of epiphytic bryophytes and lichens along an altitudinal gradient in the Northern Andes. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 80(4), 928–960.
- Wolf, J. H. D. (1995). Non-vascular epiphyte diversity patterns in the canopy of an upper montane rain forest (2550–3670 m), Central cordillera, Colombia. *Selbyana*, 16(2), 185–195.

Tabla 2. Listado de especies epifitas de Marchantiophyta del BMM del estado de Hidalgo, presentes a lo largo del gradiente altitudinal analizado. **TG-1.** Tepehuacán de Guerrero (1345-1375 m); **TG-2.** Tepehuacán de Guerrero (1382-1440 m); **TL-1.** Tlanchinol (1433-1533 m); **TL-2.** Tlanchinol (1519-1564 m); **ZA-1.** Zacualtipán de Ángeles (1985-2001 m), **ZA-2.** Zacualtipán de Ángeles (1926-2019 m). **F.** Especie de Forófito: **1.** *Cyathea fulva* (M. Martens & Galeotti) Fée; **2.** *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana* (Martínez) A.E. Murray; **3.** *Liquidambar styraciflua* L.; **4.** *Magnolia schiedeana* Schl.; **5.** *Pinus* L.; **6.** *Quercus* L. Los símbolos indican presencia (+) o ausencia (-).

Familia	Taxa	TG-1	TG-2	TL-1	TL-2	ZA-1	ZA-2	F
Calypogeiaceae	<i>Calypogeia peruviana</i> Nees & Mont.	+	-	-	-	-	-	6
Frullaniaceae	<i>Frullania brasiliensis</i> Raddi	-	-	-	-	-	+	6
Lejeuneaceae	<i>Anoplolejeunea conferta</i> (C.F.W. Meissn. ex Spreng.) A. Evans	-	-	-	-	+	-	6
	<i>Bryopteris filicina</i> (Sw.) Nees	-	-	-	+	-	-	6
	<i>Ceratolejeunea cubensis</i> (Mont.) Schiffn.	+	+	+	-	+	+	3, 6
	<i>Cheilolejeunea rigidula</i> (Nees ex Mont.) R.M. Schust.	+	-	-	-	+	+	2, 6
	<i>Dicranolejeunea axillaris</i> (Nees & Mont.) Schiffn.	-	-	+	-	-	-	6
	<i>Lejeunea calcicola</i> R.M. Schust.	-	+	-	-	-	-	6
	<i>Lejeunea cavifolia</i> (Ehrh.) Lindb.	-	+	-	-	-	+	2, 6
	<i>Lejeunea flava</i> (Sw.) Nees	-	+	-	-	-	+	3, 6
	<i>Lejeunea laetevirens</i> Nees & Mont.	+	-	-	+	+	+	4, 6
	<i>Lejeunea pterigonia</i> (Lehm. & Lindenb.) Mont.	-	-	+	-	-	-	6
	<i>Lepidolejeunea involuta</i> (Gottsche) Grolle	-	+	+	-	-	-	6
Lepidoziaceae	<i>Bazzania falcata</i> (Lindenb.) Trevis	+	-	+	-	-	-	1, 3, 6
	<i>Bazzania hookeri</i> (Lindenb.) Trevis var. <i>hookeri</i>	-	-	+	-	-	-	1, 6
	<i>Lepidozia cupressina</i> (Sw.) Lindenb.	+	-	-	-	+	-	3
Lophocoleaceae	<i>Leptoscyphus porphyrius</i> (Nees) Grolle	-	-	-	-	+	-	5
	<i>Lophocolea muricata</i> (Lehm.) Nees	-	+	-	-	-	-	5
Metzgeriaceae	<i>Metzgeria conjugata</i> Lindb.	-	+	-	+	+	-	5, 6
Plagiochilaceae	<i>Plagiochila aerea</i> Taylor	+	+	+	+	-	-	6
	<i>Plagiochila bifaria</i> (Sw.) Lindenb. var. <i>bifaria</i>	-	-	-	-	+	-	6
	<i>Plagiochila patula</i> (Sw.) Nees & Mont. ex Lindenb.	-	-	+	+	+	+	2, 6
	<i>Plagiochila raddiana</i> Lindenb.	+	+	-	+	+	+	3, 6
	<i>Plagiochila rutilans</i> Lindenb.	-	+	+	+	-	-	3, 6
	<i>Plagiochila simplex</i> (Sw.) Lindenb.	-	-	-	+	-	-	6
	<i>Plagiochila subplana</i> Lindenb.	-	-	-	-	-	+	2
Porellaceae	<i>Porella swartziana</i> (F. Weber) Trevis	-	-	-	+	+	+	2, 6
Radulaceae	<i>Radula javanica</i> Gottsche	-	-	-	-	+	+	2, 4, 5
	<i>Radula mexicana</i> Lindenb. & Gottsche	-	-	-	-	+	-	6