

**Polibotánica**

ISSN electrónico: 2395-9525

polibotanica@gmail.com

Instituto Politécnico Nacional

México

<http://www.polibotanica.mx>

# **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  
Dorisimilda 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/polobotanica.56.1

**José Francisco Juárez-López**  
**Arturo Sánchez-González / [arturosg@uaeh.edu.mx](mailto: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 epífitas las investigaciones son escasas. El microambiente en donde se desarrollan las plantas epífitas es especial, porque el sustrato es inexistente o pobre en nutrientes, 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 epífitas 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 epífitas 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 epífitas 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.

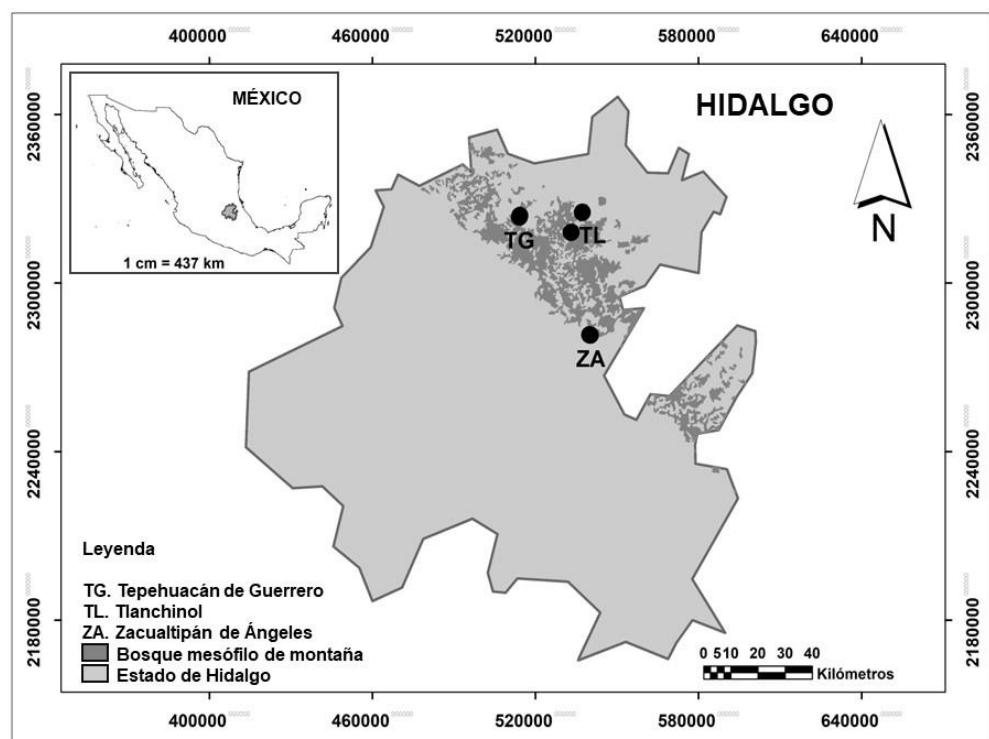
## MATERIALES Y MÉTODOS

### 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  $\geq 30$  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 epíticas 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 98° 51' 44.70" O	24.0	2,120	1,345-1,375
					1,382-1,440
Tlanchinol	Norte	21° 1' 37.70" N 98° 38' 26.70" O	18.9	2,601	1,433-1,533
					1,519-1,564
Zacualtipán de Ángeles	Centro	20° 37' 55.90" N 98° 36' 50.20" O	14.0	2,047	1,985-2,001
					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 & Pôrto, 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-Africa, América-Oceanía y Neotropical-Europa-África; y 4) Amplia distribución (cuatro o más regiones geográficas).

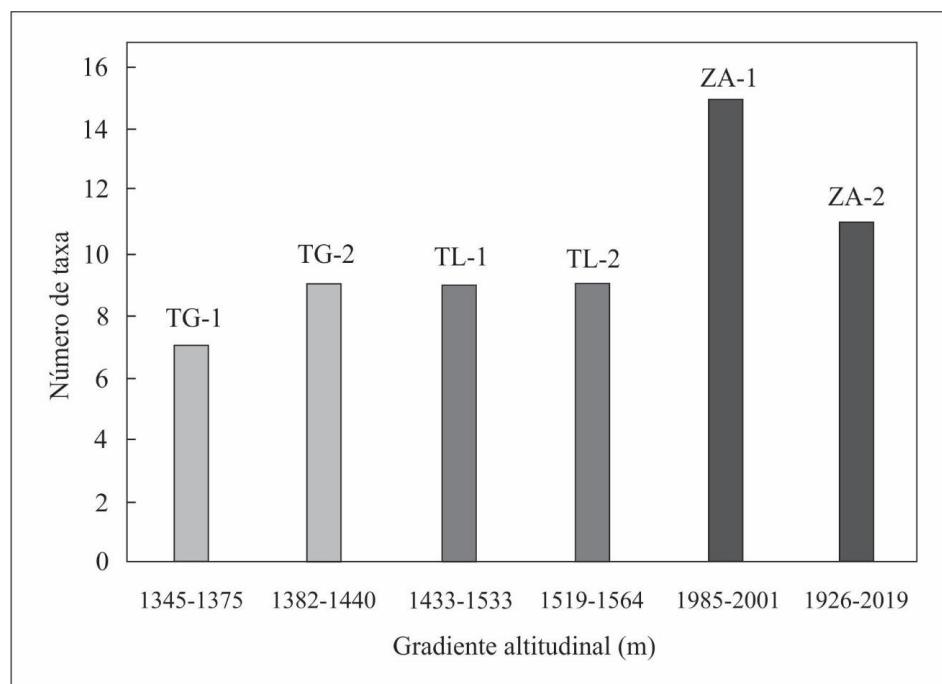
## RESULTADOS

### 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* Schlt. (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

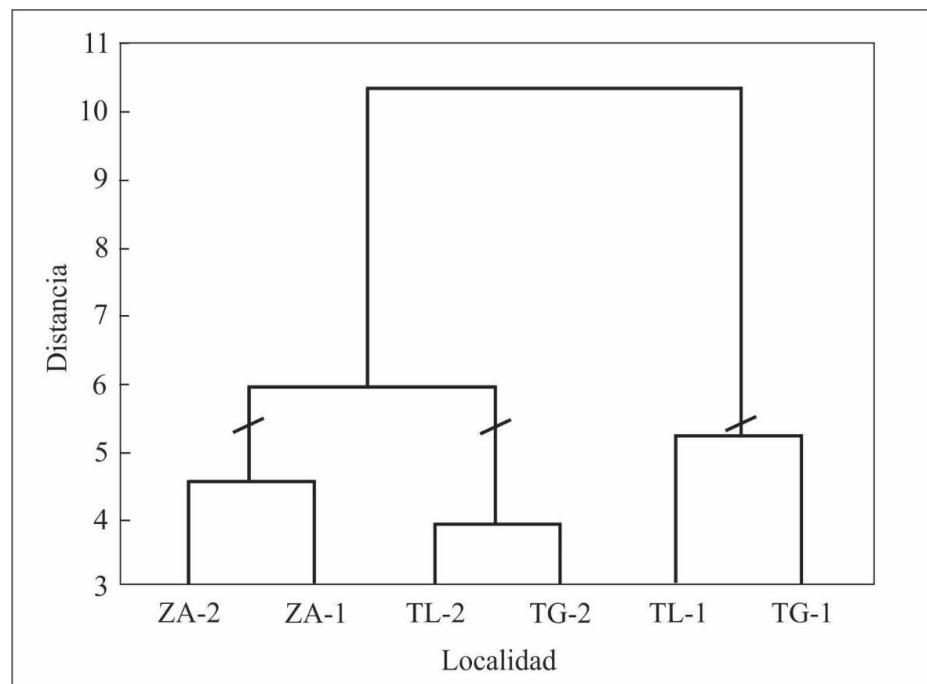
La mayor riqueza de especies se encontró entre los 1985 y 2001 m (Zacualtipán de Ángeles) y la menor riqueza entre 1345 y 1375 m (Tepehuacán de Guerrero), en los sitios de altitud más baja (Fig. 2). La distribución de cada una de las especies a lo largo del gradiente altitudinal analizado, fue diferente. 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

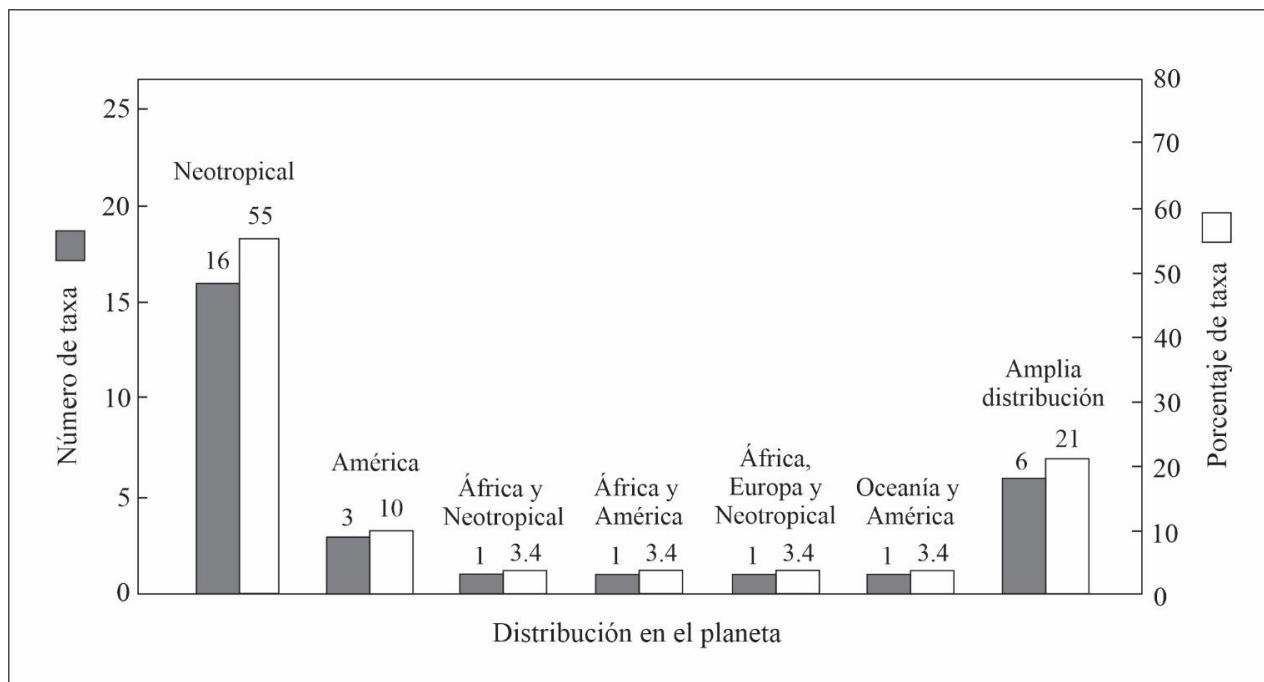
En el dendrograma generado (Fig. 3), se reconocieron tres grupos: el primero conformado por dos sitios de muestreo, ambos en el municipio de Zacualtipán de Ángeles, situados a mayor altitud (entre 1985 y 2019 m) y a mayor distancia geográfica que los demás; el segundo grupo está integrado por los dos 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 neotropical 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 epífito 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, micro hábitats y/o el tamaño del área de muestreo fue considerablemente mayor que en el presente estudio.

Las 29 especies de hepáticas epífitas 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 epifitas, 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 forofitos 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 epifitas 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 un 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, nutrientes, 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. *Biológicas*, 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 Brasilica*, 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/botsci.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/raccefyn.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/105/243>

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 Anthocephotae 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. *Hypnoidea* (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. *Haussknechtia 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/usosuelo/>

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 GAEA*, 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* Schlt.; **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
Calypogeiacae	<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
Lepidoziaceae	<i>Lepidolejeunea involuta</i> (Gottsche) Grolle	-	+	+	-	-	-	6
	<i>Bazzania falcata</i> (Lindenb.) Trevis	+	-	+	-	-	-	1, 3, 6
Lophocoleaceae	<i>Bazzania hookeri</i> (Lindenb.) Trevis var. <i>hookeri</i>	-	-	+	-	-	-	1, 6
	<i>Lepidozia cupressina</i> (Sw.) Lindenb.	+	-	-	-	+	-	3
	<i>Leptoscyphus porphyrius</i> (Nees) Grolle	-	-	-	-	+	-	5
Metzgeriaceae	<i>Lophocolea muricata</i> (Lehm.) Nees	-	+	-	-	-	-	5
	<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
	<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