

SEP

# POLIBOTÁNICA

ISSN 1405-2768



Enero 2023

Núm. 55

POLIBOTÁNICA



CONACYT



Núm. 55

Enero 2023

PÁG.	CONTENIDO
1	Análisis de trazos de la pteridoflora del estado de Hidalgo, México <i>Track analysis of the pteridoflora of Hidalgo, Mexico</i> Goyenechea Mayer-Goyenechea, I.   V.Y. Anaya Cisneros   J.M. Castillo-Cerón   G. Montiel-Canales
15	<i>Salvia divinorum</i> (Lamiaceae) un nuevo registro para Veracruz, México <i>Salvia divinorum (Lamiaceae) a new record for Veracruz, Mexico</i> Castillo-Campos, G.   J.G. García-Franco   M. Luisa Martínez   I. Fragoso-Martínez
25	Estructura y diversidad arbórea de un bosque de pino-encino en Huiztlatzala, Guerrero, México <i>Structure and tree diversity of a pine-oak forest in Huiztlatzala, Guerrero, Mexico</i> Rodríguez Pacheco, A.   M. I. Palacios Rangel   L. Mohedano Caballero   A. Villanueva Morales
41	Riqueza, estructura y diversidad florística en huertos familiares del sureste del estado de Morelos: una aproximación biocultural <i>Richness, structure and floristic diversity in homegardens of the southeast of Morelos state: a biocultural approach</i> Tegoma Coloreano, A.   J. Blancas   A. García Flores   L. Beltrán-Rodríguez
67	Efectos de jales mineros y materia orgánica en la supervivencia de <i>Arbustus xalapensis</i> Kunth propagado simbióticamente <i>Effect of mining tailings and organic matter on the survival of symbiotically propagated Arbutus xalapensis Kunth</i> Rodríguez González, F.   M. Rangel Villafranco   A.R. Velasco Reyes   J.M. Gómez Bernal   E.A. Ruiz Huerta
81	Concentración de kinetina y tipo de explante en la multiplicación <i>in vitro</i> de <i>Sequoia sempervirens</i> (D. Don). Endl. <i>Kinetin concentration and explant type in in vitro multiplication of Sequoia sempervirens (D. Don). Endl.</i> Castro Garibay, S.L.   A. Villegas Monter   I.J. Cruz Larios
95	Actividad antioxidante y citotóxica del aceite esencial de las hojas de laurel aromático ( <i>Litsea glaucescens</i> Kunth) <i>Antioxidant and cytotoxic activity of essential oil from aromatic bay leaves (Litsea glaucescens Kunth)</i> Tepixtle-Colohua, V.V.   M.R. González-Tepale   D. Guerra-Ramírez   B. Reyes-Trejo   H. Zuleta-Prada   A.M. Borja-de la Rosa   F. Reyes-Fuentes
109	Evaluación <i>in vitro</i> del efecto antibacteriano de los extractos de <i>Bidens pilosa</i> y <i>Eryngium foetidum</i> <i>In vitro evaluation of the antibacterial effect of extracts of Bidens pilosa y Eryngium foetidum</i> Chafila-Molina, A. L.   L. M. Silva-Deley
121	Desinfección de adulto pecan leaflets, and <i>in vitro</i> callogenesis induction <i>Desinfección de foliolos de nogal pecanero adulto, e inducción de callogénesis in vitro</i> Gándara-Ledezma, V.   L. Tinco-García   J.L. Rodríguez-de la O   L. Castro-Espinoza   S. Ruiz-Cruz   A. Márquez-Cervantes   M.A. Gutiérrez-Coronado
145	Estudios para la conservación y aprovechamiento de <i>Chrysactinia mexicana</i> , planta aromática y medicinal nativa de México <i>Studies for the conservation and use of Chrysactinia mexicana, an aromatic and medicinal plant native to Mexico</i> Magallán-Hernández, F.   J.A. Valencia-Hernández   R. Sánchez-Castillo
161	Usos del palo dulce <i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ort.) Sarg., en cuatro municipios del estado de Morelos, México <i>Uses of kidneywood Eysenhardtia polystachya (Ort.) Sarg. in four municipalities of the state of Morelos, Mexico</i> Lorenzo-Barrera, N.A.   M. Andrade Rodríguez   O.G. Villegas Torres   E. Román Montes de Oca   H. Sotelo Nava   T. de J. Rodríguez Rojas   R. Suárez Rodríguez
179	Valor cultural de la flora medicinal de las etnias Mochó y Kakchikel del estado de Chiapas, México <i>Cultural significance of medicinal plants amongst Mochó and Kakchikel ethnic groups of the state of Chiapas, Mexico</i> Trigueros-Vázquez, I.Y.: O. Ruiz-Rosado; F. Gallardo-López; B.F. Solís-Guzmán; F. Morales-Trejo y G. López-Romero
197	Estudio de plantas medicinales en el municipio de Pachuca de Soto Hidalgo, México <i>Study of medicinal plants in the municipality of Pachuca of Soto Hidalgo, Mexico</i> Lara Reimers, E.A.   A.R. García Hernández   F. Cruz García   D. Urresti Duran   J.A. Gonzales Fuentes   J.A. Encina Domínguez   Y. Uribe Salazar
213	Plantas silvestres comestibles del estado de Aguascalientes, México, sus formas de consumo y comercialización <i>Edible wild plants of Aguascalientes, Mexico, their forms of consumption and commercialization</i> Sandoval-Ortega, M.H.   E.E. De Loera-Avila   V.M. Martínez-Calderón   S.G. Zumaya-Mendoza
231	Recursos forestales no maderables utilizados en elaboración de artesanías en la comunidad de Malinalco, Estado de México <i>Non-timber forest resources used in elaboration of handicrafts in the community of Malinalco, State of Mexico</i> White-Olascoaga, L.   C. Chávez-Mejía   D. García-Mondragón   M. Michua-Hernández
245	Respuesta en el sistema de defensa antioxidante de <i>Leersia hexandra</i> Sw. a la exposición de hidrocarburos del petróleo <i>Response in the antioxidant defense system of Leersia hexandra Sw. to the exposure of petroleum hydrocarbons</i> Orocio-Carrillo, J.A.   M.C. Rivera-Cruz   A. Juárez-Maldonado   C.C. Bautista-Muñoz   Y. González-García   K. Chávez-Alvarez

# POLIBOTÁNICA

Núm. 55

ISSN electrónico: 2395-9525

Enero 2023

## Portada

*Bidens pilosa* L. Asteraceae. "Acahual". Aquenios de 5 a 18 mm de largo, los interiores lineares y más largos, los exteriores más o menos comprimidos dorso-ventralmente y más cortos, negruzcos a café, vilano con 3-2 aristas amarillas, de 1 a 3 mm de largo. Planta con múltiples propiedades terapéuticas, considerada en medicina popular como diurética y febrífuga, estomacal y antiulcerosa, para curar catarros con fiebre, faringitis y amigdalitis.

*Bidens pilosa* L. Asteraceae. "Acahual". Achenes 5 to 18 mm long, inner ones linear and longer, outer ones more or less dorso-ventrally compressed and shorter, blackish to brownish, pappus with 3-2 yellow awns, 1 to 3 mm long. Plant with multiple therapeutic properties, considered in folk medicine as diuretic and febrifuge, stomachic and anti-ulcerous, to cure colds with fever, pharyngitis, and tonsillitis.

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

Maestra Decana en Funciones de Dirección:

*M. en C. Yadira Fonseca Sabater*

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. 55, enero-junio 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*

**EDITORIA 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. Cochran*  
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*  
Universidade Estadual de Feira de Santana  
Feira de Santana, Brasil

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

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

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

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

*Tom Wendt*  
University of Texas  
Austin, Texas, US

*José Manuel Rico Ordaz*  
Universidad de Oviedo  
Oviedo, España

**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:

CONACYT, índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica y Tecnológica del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

SciELO - Scientific Electronic Library Online.

Google Académico - Google Scholar.

DOAJ, Directorio de Revistas de Acceso Público.

Dialnet portal de difusión de la producción científica hispana.

REDIB Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico.

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

PERIODICA, Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias.





**Polibotánica**

ISSN electrónico: 2395-9525

polibotanica@gmail.com

Instituto Politécnico Nacional

México

<http://www.polibotanica.mx>

# ANÁLISIS DE TRAZOS DE LA PTERIDOFLORA DEL ESTADO DE HIDALGO, MÉXICO

## TRACK ANALYSIS OF THE PTERIDOFLORA OF HIDALGO, MEXICO

**Goyenechea Mayer-Goyenechea, I.; V.Y. Anaya Cisneros; J.M. Castillo-Cerón y G. Montiel-Canales**

ANÁLISIS DE TRAZOS DE LA PTERIDOFLORA DEL ESTADO DE HIDALGO, MÉXICO  
TRACK ANALYSIS OF THE PTERIDOFLORA OF HIDALGO, MEXICO



## Análisis de trazos de la pteridoflora del estado de Hidalgo, México

## Track analysis of the pteridoflora of Hidalgo, Mexico

I. Goyenechea Mayer-Goyenechea

V.Y. Anaya Cisneros

J.M. Castillo-Cerón

*Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo,  
Ciudad del Conocimiento Km 4.5 carretera Pachuca Tulancingo,  
Colonia Carboneras, CP 42181, Hidalgo, México.*

G. Montiel-Canales / [gumontielc@ipn.mx](mailto:gumontielc@ipn.mx)

*Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 16 Hidalgo,  
Instituto Politécnico Nacional. Distrito de Educación, Salud, Tecnología e Innovación.  
Carretera Pachuca – Actopan km 1 + 500, C.P. 42162, Hidalgo, México.*

Goyenechea Mayer-  
Goyenechea, I.;  
V.Y. Anaya Cisneros;  
J.M. Castillo-Cerón  
y G. Montiel-Canales

ANÁLISIS DE TRAZOS DE  
LA PTERIDOFLORA DEL  
ESTADO DE HIDALGO,  
MÉXICO

TRACK ANALYSIS OF THE  
PTERIDOFLORA OF  
HIDALGO, MEXICO

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 55: 1-14. Enero 2023

DOI:

10.18387/polibotanica.55.1

**RESUMEN:** Se establecieron los patrones de distribución de 48 especies de helechos del estado de Hidalgo (México) mediante el análisis de parsimonia de endemismos (PAE) para identificar trazos generalizados de sus pteridofloras. Para construir la matriz básica de datos se usaron citas bibliográficas y se consideraron como unidades biogeográficas (UGOs) por un lado las cuatro provincias biogeográficas en las que se divide el territorio, y por otro, nueve localidades consideradas como relevantes para los helechos de Hidalgo. Se construyó una matriz de 48 trazos individuales para cada sistema de UGOs, con el primero se obtuvieron dos trazos generalizados, uno anidado dentro del otro, que se interpreta como un solo trazo generalizado. Con el segundo sistema resultaron tres trazos generalizados, dos de ellos anidados dentro del más grande, por lo que se interpreta como un solo trazo generalizado. El primer trazo generalizado (provincias), se sustenta por seis sinapomorfias y el segundo (localidades) por tres. Estos trazos indican que la Sierra Madre Oriental (SMO) se encuentra más relacionada con la Provincia Veracruzana (PV), y estas dos a su vez con la parte sur del Desierto Chihuahuense (DS). El segundo trazo generalizado muestra que la localidad de Tenango de Doria y la zona Otomí Tepehua están estrechamente relacionadas, ambas se localizan dentro de las provincias biogeográficas PV y SMO respectivamente. Se concluye que las provincias PV y SMO además de estar relacionadas, son las de mayor interés por presentar una más alta diversidad específica de helechos al interior del estado de Hidalgo.

**Palabras clave:** Pteridogeografía, Análisis de parsimonia de endemismos, Neotrópico.

**ABSTRACT:** The distribution patterns of 48 species of ferns from the State of Hidalgo (Mexico) were established using a parsimony analysis of endemism (PAE) to identify generalized tracks of their pteridofloras, the basic data matrix was built using bibliographic citations. Two biogeographical units (UGOs) were considered: the four biogeographic provinces into which the territory is divided, and nine localities considered relevant for the Hidalgo ferns. A matrix of 48 individual tracks was built for each system of UGOs. Two generalized tracks were obtained with the first system that can be visualized as one, nested within the other. With the second system, three generalized tracks were obtained and can be visualized as one, two nested within the largest one. The first generalized track is supported by six synapomorphies and the second by three. These tracks indicate that the Sierra Madre Oriental (SMO) is more related to the Veracruzana Province (PV), and these two in turn with the southern part of the Chihuahuan Desert (DS). The second generalized track shows that the locality of Tenango de Doria and the Otomí Tepehua zone are closely related, both being located



within the PV and SMO biogeographical provinces, respectively. It is concluded that the PV and SMO provinces, in addition to being related, are the ones of greatest interest for presenting a higher specific diversity of ferns within the state of Hidalgo.

**Key words:** Pteridogeography, Parsimony Analysis of Endemisms, Neotropics.

## INTRODUCCIÓN

El estado de Hidalgo se localiza en el centro de la república mexicana, con más de dos millones de hectáreas, presenta una alta variedad en su medio físico, consecuencia de una amplia historia geológica y climática. Con base en estas variables físicas y a los patrones de diversidad biológica se reconocen cuatro provincias biogeográficas en el estado: la Provincia Veracruzana (PV), la Sierra Madre Oriental (SMO), el Desierto Chihuahuense (DC), y la Faja Volcánica Transmexicana (FVT) (Morrone *et al.*, 2017).

La PV se ubica al noreste del estado de Hidalgo con una extensión de cerca del 14% de la superficie estatal en zonas tropicales y húmedas, se localiza en la región geocultural de la Huasteca Hidalguense y la Sierra Otomí-Tepehua y cuenta con una altitud no mayor a 500 msnm (Montiel-Canales & Goyenechea, 2021). La PV es la más pequeña de las cuatro provincias que se encuentran en Hidalgo; sin embargo, esta provincia cuenta con una mayor diversidad de helechos que la SMO. En contraste, la SMO es la región biogeográfica de mayor extensión territorial, con aproximadamente 39% de la superficie estatal (Montiel-Canales & Goyenechea, 2021). Se encuentra presente en 46 municipios de la entidad, en regiones templadas y montañosas de las zonas geoculturales conocidas como Sierra Gorda, Sierra Alta, Sierra Otomí-Tepehua y algunas regiones de la Comarca Minera y Valle de Tulancingo, a una altitud mayor a 1,000 msnm y la diversidad de helechos es menor. El DC, que se ubica al centro-oeste del estado, comprende cerca del 27% de la superficie estatal en 32 municipios en las zonas áridas de la región geocultural conocida como Valle del Mezquital, a una altitud entre 1,000 y 2,400 msnm (Montiel-Canales & Goyenechea, 2021); es la tercera provincia en importancia de acuerdo con la diversidad de helechos. Por último, la FVT con 20% de la superficie estatal se encuentra en 33 municipios de la zona geocultural de la Cuenca de México, así como en algunos municipios del Valle de Tulancingo, la Altiplanicie Pulquera, el Valle del Mezquital y la Comarca Minera, en altitudes de entre 1,000 y 2,500 msnm y es la zona menos diversa en helechos.

La ubicación biogeográfica de Hidalgo es particularmente interesante dado que se encuentra en los límites entre las regiones Neártica y Neotropical, y una zona de transición (Morrone *et al.*, 2017). La provincia biogeográfica del Desierto Chihuahuense corresponde a la región Neártica, la Provincia Veracruzana a la región Neotropical y las provincias de la Sierra Madre Oriental y Faja Volcánica Transmexicana pertenecen a la Zona de Transición Mexicana (Montiel-Canales & Goyenechea, 2021). La diversidad pteridoflorística (= Monilophyta + Lycophyta) en México es próxima al millar de especies, lo que representa c. 10% de la diversidad global (Sánchez-González *et al.*, 2016). En los límites geopolíticos del estado de Hidalgo se reconocen 362 especies, que representan el 35% del total de la pteridoflora mexicana, de las cuales 37 son endémicas (Sánchez-González *et al.*, 2016). Los helechos son considerados como un grupo favorable para la realización de estudios biogeográficos, ya que, gran parte de sus rangos de distribución se basan en la ecología del medio ambiente y la historia biogeográfica de la región (Tryon, 1986).

En este trabajo se analizaron las cuatro provincias biogeográficas que se observan en Hidalgo: Desierto Chihuahuense, Veracruzana, Sierra Madre Oriental y Faja Volcánica Transmexicana, así como las nueve localidades importantes para la distribución de los helechos del estado *sensu* Sánchez-González *et al.* (2016): Calnali (CAL), Tenango de Doria (TEN), Tlanchinol (TLA), Zacualtipán de Ángeles (ZAC), Parque Nacional el Chico (PNC), Parque Nacional Los Mármoles (PNLM), Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán (RBBM), Zona Huasteca y

Otomí-Tepehua (HUA-OT) y Valle del Mezquital (VM) para realizar un análisis de trazos usando el PAE, con el fin de obtener patrones biogeográficos (trazos generalizados) y conocer las relaciones biogeográficas al interior del estado Hidalgo a través de los helechos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El análisis de trazos es un método de la panbiogeografía que permite reconocer biotas ancestrales fragmentadas por eventos vicariantes a través de trazos generalizados. Los trazos generalizados pueden reconocerse usando distintos métodos. Morrone *et al.* (2009) propusieron el uso del 'Análisis de Parsimonia de Endemismos' (PAE) para reconocer trazos generalizados. Así, al analizar cladogramas contruidos a partir de matrices de presencia/ausencia de especies (trazos individuales), las sinapomorfías que agrupan las áreas son indicativas de las distribuciones de los taxones. Teniendo en consideración que un trazo generalizado representa la congruencia geográfica de al menos dos taxones (equivalentes a las sinapomorfías), este método resulta adecuado para reconocer trazos generalizados cuando se obtienen al menos dos sinapomorfías (Morrone, 2015; Montiel-Canales *et al.*, 2016). Además, el PAE permite observar gráficamente las relaciones entre las áreas estudiadas (Morrone, 2014).

En este trabajo se analizaron con este método las pteridofloras de dos unidades biogeográficas: 1. las cuatro provincias biogeográficas propuestas por Morrone *et al.* (2017) para el Estado de Hidalgo (Fig. 1): Desierto Chihuahuense (DC), Veracruzana (PV), Sierra Madre Oriental (SMO) y Faja Volcánica Transmexicana (FVT); 2. Las nueve localidades de interés por sus pteridofloras según (Sánchez-González *et al.* (2016) (Fig. 2): Calnali (CAL) (Pérez-Cervantes, 2009), Tenango de Doria (TEN) (Zúñiga-Salvatierra, 2009), Tlanchinol (TLA) (Álvarez-Zúñiga *et al.*, 2012), Zacualtipán de Ángeles (ZAC) (Hernández-Álvarez *et al.*, 2019; Pérez-Paredes *et al.*, 2012), Parque Nacional el Chico (PNC) (Serrano, 2010), Parque Nacional Los Mármol (PNLM) (Ramírez-Cruz *et al.*, 2009), Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán (RBBM) (Sánchez-González *et al.*, 2016), Zona Huasteca y Otomí-Tepehua (HUA-OT) y Valle del Mezquital (VM).

Se analizó la distribución geográfica de 48 especies de helechos registradas en el estado de Hidalgo que incluye a 38 géneros y 27 familias. Éstas 48 especies corresponden a una muestra representativa de las 100 especies relevantes del trabajo de Sánchez-González *et al.* (2016), las cuales cumplen con tres criterios: 1. Son especies incluidas en alguna categoría de riesgo dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-059 (SEMARNAT, 2010), 2. Son especies que representan nuevos registros a nivel estatal hasta el 2016 y 3. Son especies que tienen una distribución restringida en México. Los datos geográficos en el estado se obtuvieron a partir del trabajo de Sánchez-González *et al.* (2016), quienes realizaron trabajo de campo y herbario para obtener las distribuciones. Adicionalmente, los datos se corroboraron mediante la consulta de la literatura disponible. La distribución de las mismas se cartografió mediante un SIG sobre mapas para cada uno.

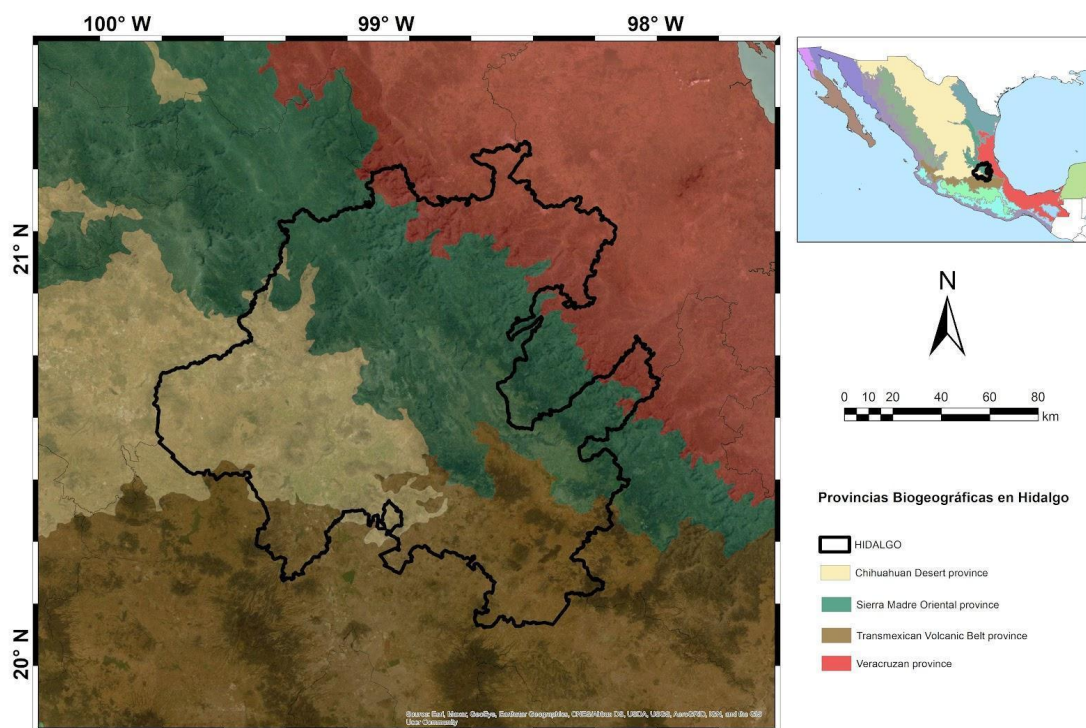


Fig. 1. Provincias biogeográficas propuestas por Morrone *et al.* (2017).

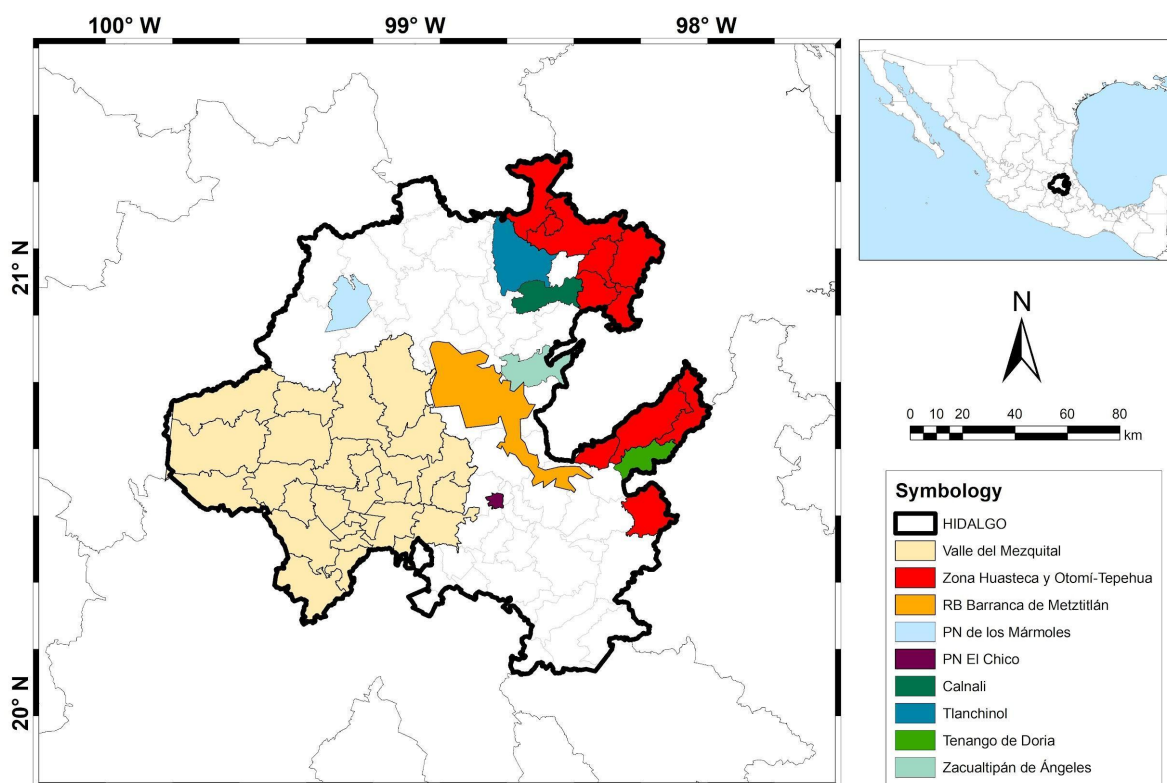


Fig. 2. Localidades de interés pteridoflorístico en Hidalgo.

Para el análisis de trazos se construyeron dos matrices de trazos individuales por UGOs. En la primera matriz (Tabla 1) las UGOs fueron las provincias biogeográficas: DC, PV, SMO y FTV. En la segunda matriz (Tabla 2) las UGOs fueron las nueve localidades de interés pteridoflorístico: CAL, TEN, TLA, ZAC, PNC, PNLM, RBBM, HUA-OT y VM. Para cada matriz se codificó la presencia (1) o ausencia (0) de las especies (columnas=trazos individuales) en cada una de las OGU (filas) y se incluyó un área hipotética codificada con ceros (GE) para enraizar el cladograma. Las matrices fueron analizadas con el programa TNT (Goloboff *et al.*, 2008) con la finalidad de obtener trazos generalizados mediante el PAE. El análisis se realizó con una búsqueda múltiple TBR con 10,000 como número máximo de árboles retenidos y 100 réplicas. Cuando se obtuvo más de un cladograma igualmente parsimonioso, se construyó un cladograma de consenso de mayoría con un cut-off de 50. En el cladograma se identificaron los grupos de áreas definidos por al menos dos taxones (sinapomorfias) que representan los trazos generalizados (Morrone *et al.*, 2009). Finalmente, los trazos generalizados se corroboraron y dibujaron en mapas uniendo las provincias o localidades de estudio en el mismo clado mediante su distancia geográfica mínima con un sistema de información geográfica (SIG).

**Tabla 1.** Matriz de las especies de pteridófitas de Hidalgo y su ubicación en las provincias biogeográficas (GE = raíz). Las columnas y filas han sido transpuestas por presentación.

Las especies están organizadas por familias y las familias se ordenan alfabéticamente.

ID	ESPECIES	GE	PV	DC	FVT	SMO
0	<i>Equisetum myriochaetum</i>	0	1	1	0	1
1	<i>Marattia laxa</i>	0	1	0	0	0
2	<i>Cyathea fulva</i>	0	1	0	0	1
3	<i>Alsophila firma</i>	0	1	0	0	1
4	<i>Dicksonia sellowiana</i>	0	1	0	0	0
5	<i>Lophosoria quadripinnata</i>	0	1	0	0	1
6	<i>Plagiogyria pectinata</i>	0	1	0	0	1
7	<i>Diplopterygium bancroftii</i>	0	1	0	0	1
8	<i>Hymenophyllum teguaris</i>	0	1	0	0	1
9	<i>Osmunda regalis</i>	0	1	0	0	0
10	<i>Asplenium fibrillosum</i>	0	0	1	0	0
11	<i>Holodictyum ghiesbreghtii</i>	0	1	0	0	1
12	<i>Athyrium bourgeau</i>	0	1	0	0	1
13	<i>Cystopteris fragilis</i>	0	1	0	0	1
14	<i>Blechnum appendiculatum</i>	0	1	0	0	1
15	<i>Woodwardia martinezii</i>	0	1	1	0	0
16	<i>Pteridium aquilinum</i>	0	1	1	0	1
17	<i>Dryopteris wallichiana</i>	0	1	1	1	1
18	<i>Elaphoglossum monicae</i>	0	1	1	0	1
19	<i>Elaphoglossum obscurum</i>	0	1	0	0	1
20	<i>Elaphoglossum potosianum</i>	0	0	1	1	1
21	<i>Elaphoglossum sartorii</i>	0	1	0	0	0
22	<i>Elaphoglossum seminudum</i>	0	1	0	0	1
23	<i>Phanerophlebia nobilis</i>	0	1	0	0	1
24	<i>Lomariopsis mexicana</i>	0	1	0	0	1
25	<i>Nephrolepis cordifolia</i>	0	1	0	0	0
26	<i>Onocleopsis hintonii</i>	0	1	0	0	1
27	<i>Polypodium guttatum</i>	0	0	1	0	1

ID	ESPECIES	GE	PV	DC	FVT	SMO
28	<i>Pleopeltis lepidotrichia</i>	0	1	1	0	1
29	<i>Polypodium madrense</i>	0	0	1	0	1
30	<i>Pleopeltis polylepis</i> var. <i>polylepis</i>	0	1	1	1	1
31	<i>Polypodium martensii</i>	0	1	1	1	1
32	<i>Argyroschisma pallens</i>	0	0	1	1	1
33	<i>Argyroschisma palmeri</i>	0	0	1	0	1
34	<i>Aspidotis meifolia</i>	0	1	1	0	1
35	<i>Gaga decomposita</i>	0	1	0	0	0
36	<i>Gaga purpusii</i>	0	0	1	0	1
37	<i>Notholaena affinis</i>	0	0	1	0	1
38	<i>Notholaena jacalensis</i>	0	0	1	0	1
39	<i>Saccoloma inaequale</i>	0	1	1	0	1
40	<i>Tectaria heracleifolia</i>	0	0	1	1	1
41	<i>Thelypteris kunthii</i>	0	1	1	1	1
42	<i>Thelypteris schaffneri</i>	0	0	0	0	1
43	<i>Woodsia mexicana</i>	0	0	1	1	1
44	<i>Anemia mexicana</i> var. <i>mexicana</i>	0	1	0	1	1
45	<i>Marsilea mollis</i>	0	0	1	1	1
46	<i>Botrychium virginianum</i>	0	0	1	0	1
47	<i>Psilotum complanatum</i>	0	1	0	0	1

**Tabla 2.** Matriz de las especies de helechos de Hidalgo y su ubicación en las nueve localidades de importancia para la pteridoflora de Hidalgo (GE = raíz). Las columnas y filas han sido transpuestas por presentación. Abreviaturas de las localidades en el pie de la figura 2. Las especies están organizadas por familias y las familias se ordenan alfabéticamente.

ID	Especies	GE	HUA-OT	PNC	RBBM	VM	PNLM	TEN	ZAC	TLA	CAL
0	<i>Equisetum myriochaetum</i>	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0
1	<i>Marattia laxa</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	<i>Cyathea fulva</i>	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0
3	<i>Alsophila firma</i>	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
4	<i>Dicksonia sellowiana</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
5	<i>Lophosoria quadripinnata</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
6	<i>Plagiogyria pectinata</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
7	<i>Diplopterygium bancroftii</i>	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0
8	<i>Hymenophyllum teguaris</i>	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
9	<i>Osmunda regalis</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
10	<i>Asplenium fibrillosum</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
11	<i>Holodictyum ghiesbreghtii</i>	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
12	<i>Athyrium bourgeaui</i>	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
13	<i>Cystopteris fragilis</i>	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1
14	<i>Blechnum appendiculatum</i>	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
15	<i>Woodwardia martinezii</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
16	<i>Pteridium aquilinum</i>	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1
17	<i>Dryopteris wallichiana</i>	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0

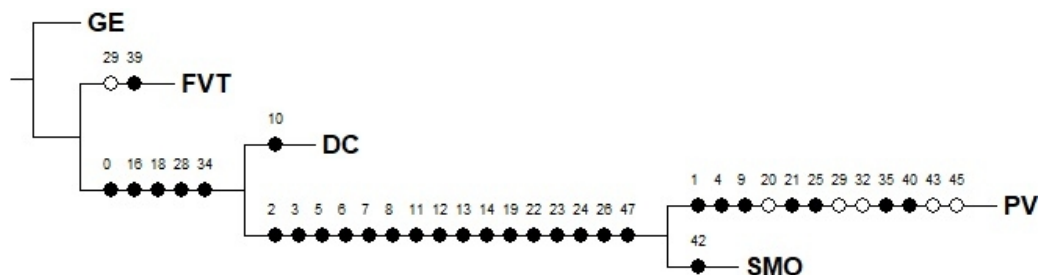


ID	Especies	GE	HUA-OT	PNC	RBBM	VM	PNLM	TEN	ZAC	TLA	CAL
18	<i>Elaphoglossum monicae</i>	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
19	<i>Elaphoglossum obscurum</i>	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1
20	<i>Elaphoglossum potosianum</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
21	<i>Elaphoglossum sartorii</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
22	<i>Elaphoglossum seminudum</i>	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
23	<i>Phanerophlebia nobilis</i>	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
24	<i>Lomariopsis mexicana</i>	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
25	<i>Nephrolepis cordifolia</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
26	<i>Onocleopsis hintonii</i>	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1
27	<i>Polypodium guttatum</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
28	<i>Pleopeltis lepidotrichia</i>	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1
29	<i>Polypodium madrese</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	<i>Pleopeltis polylepis</i> var.										
30	<i>polylepis</i>	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0
31	<i>Polypodium martensii</i>	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0
32	<i>Argyrochosma pallens</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
33	<i>Argyrochosma palmeri</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
34	<i>Aspidotis meifolia</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
35	<i>Gaga decomposita</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
36	<i>Gaga purpusii</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
37	<i>Notholaena affinis</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
38	<i>Notholaena jacalensis</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
39	<i>Saccoloma inaequale</i>	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
40	<i>Tectaria heracleifolia</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
41	<i>Thelypteris kunthii</i>	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1
42	<i>Thelypteris schaffneri</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
43	<i>Woodsia mexicana</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	<i>Anemia mexicana</i> var.										
44	<i>mexicana</i>	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
45	<i>Marsilea mollis</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
46	<i>Botrychium virginianum</i>	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
47	<i>Psilotum complanatum</i>	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0

## RESULTADOS

Al analizar la matriz de la unidad biogeográfica correspondiente a las cuatro provincias de la regionalización propuestas por Morrone *et al.* (2017) se obtuvo un solo cladograma con longitud de 59 pasos, IC= 0.78 IR= 0.61 (Fig. 3). El cladograma muestra un trazo generalizado que se localiza en la parte noreste, sur y este del estado que relaciona la SMO con la PV y a su vez estas dos se encuentran relacionadas con la parte sur del DC, conectando las áreas que representan los patrones de distribución actual de los helechos en Hidalgo (Fig. 4). Estas relaciones se sustentan con 6 sinapomorfias (0, 16, 18, 28, 34 y 39) que corresponde a las especies *Equisetum myriochaetum* Cham. & Schltdl., *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, *Elaphoglossum monicae* Mickel, *Pleopeltis lepidotricha* (Fée) A.R. Sm & Tejero, *Aspidotis meifolia* (D.C. Eaton) Pic. Serm, *Saccoloma inaequale* Kunze. Estas especies, que pertenecen a cinco familias, se distribuyen en bosques mesófilos de montaña y/o bosques de *Juniperus* (BJ). Asimismo, la PV y la SMO forman un trazo generalizado sustentado por 16 sinapomorfias (2,

3, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 19, 22, 23, 24, 26, 47) que corresponde a las especies *Cyathea fulva* (M. Martens & Galeotii) Fée, *Alsophila firma* (Baker) D.S. Conant, *Lophosoria quadripinnata* (J.F. Gmel.) C. Chr., *Plagiogyria pectinata* (Liemb.) Lellinger, *Diplopterygium bancroftii* (Hook), *Hymenophyllum tegularis* (Desv.) Proctor & Lourteig, *Holodictyum ghiesbreghtii* (E. Fourn) Maxon, *Athyrium bourgeau* E. Fourn, *Cystopteris fragilis* (L.) Bernh, *Blechnum appendiculatum* Willd., *Elaphoglossum obscurum* (E. Fourn.) C. Chr., *Elaphoglossum seminudum* Mickel, *Phanerophlebia nobilis* (Schltdl. & Cham.) C. Presl, *Lomariopsis mexicana* Holttum, *Onocleopsis hintonii* F. Ballard y *Psilotum complanatum* Sw., pertenecientes a diez de las 27 familias de helechos.



**Fig. 3.** Cladograma obtenido de las cuatro provincias biogeográficas y un grupo externo (GE) en Hidalgo. En círculos negros se muestran los caracteres apomórficos. Las sinapomorfias que forman los trazos generalizados son: (0= *Equisetum myriochaetum*, 16= *Pteridium aquilinum*, 18= *Elaphoglossum monicae*, 28= *Pleopeltis lepidotrichia*, 34= *Aspidotis meifolia*) (2= *Cyathea fulva*, 3= *Alsophila firma*, 5= *Lophosoria quadripinnata*, 6= *Plagiogyria pectinata*, 7= *Diplopterygium bancroftii*, 8= *Hymenophyllum teguaris*, 11= *Holodictyum ghiesbreghtii*, 12= *Athyrium bourgeau*, 13= *Cystopteris fragilis*, 14= *Blechnum appendiculatum*, 19= *Elaphoglossum obscurum*, 22= *Elaphoglossum seminudum*, 23= *Phanerophlebia nobilis*, 24= *Lomariopsis mexicana*, 26= *Onocleopsis hintonii* 47= *Psilotum complanatum*.

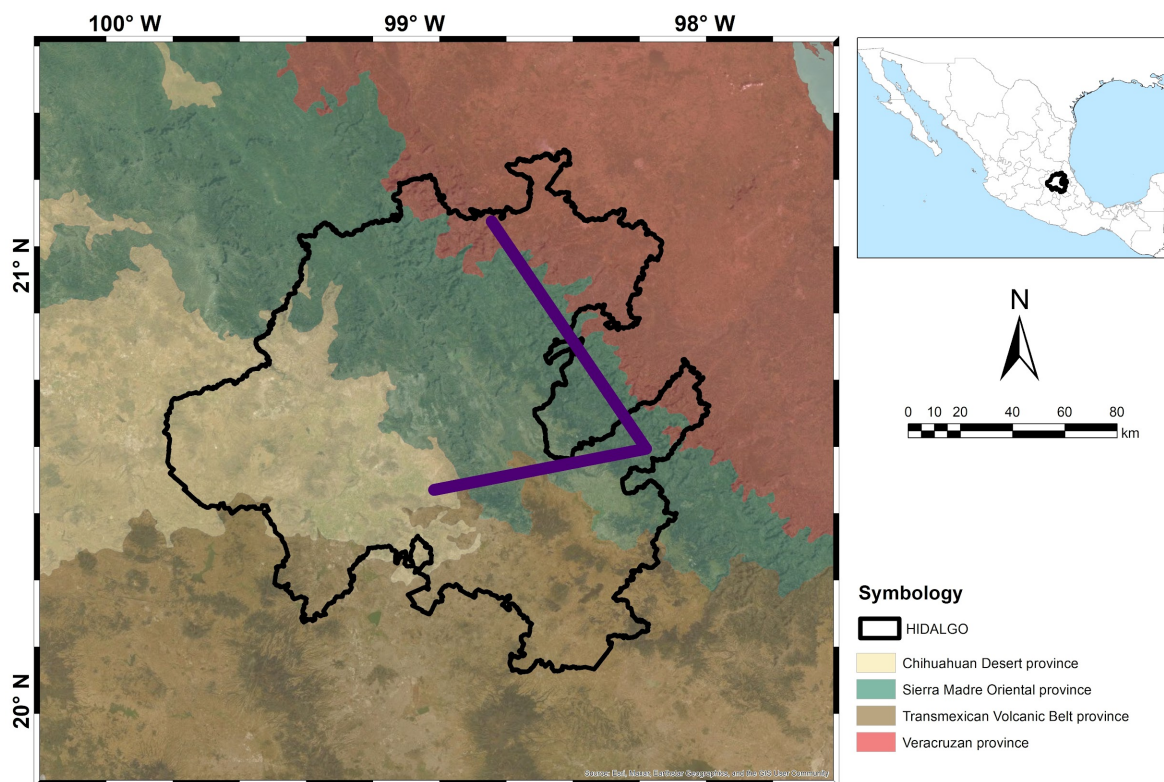
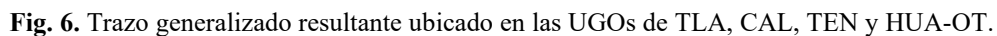
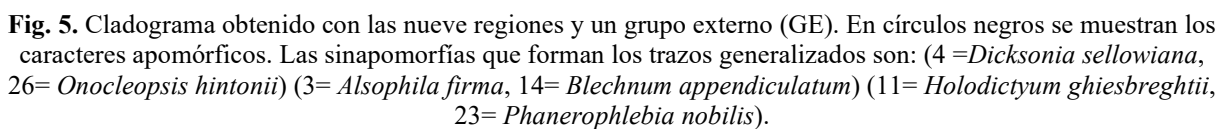


Fig. 4. Trazo generalizado resultante del PAE ubicado en las provincias biogeográficas de la PV, SMO y DC.

Al analizar la unidad biogeográfica relativa a las nueve UGOs de la segunda matriz se obtuvieron dos cladogramas igualmente parsimoniosos con una longitud de 86 pasos  $IC = 0.55$ ,  $IR = 0.41$ . Los dos cladogramas son muy similares, solo difieren en la posición del PNLM, el PNC y el VM. El cladograma (Fig. 5) muestra los resultados del consenso de mayoría, en el que se observan dos grupos, el primero es un clado que agrupa al PNLM, al PNC y al VM como un grupo politómico. Estas tres áreas no se sustentan por alguna sinapomorfía. El segundo grupo muestra que la UGO de TLA, CAL, TEN y HUA\_OT forman un trazo generalizado sustentado por dos sinapomorfías (4 y 26) que corresponden a las especies *Dicksonia sellowiana* Hook y *Onocleopsis hintonii* F. Ballard; al interior de este la UGO TEN, la zona HUA-OT y CAL forman un trazo generalizado sustentado por dos sinapomorfías (3 y 14) que corresponden a las especies *Alsophila firma* (Baker) D.S. Conant y *Blechnum appendiculatum* Willd. que pertenecen a dos familias distintas. Al interior de este clado, la UGO de TEN es el área hermana de la HUA-OT y forman un trazo generalizado sustentado por dos sinapomorfías (11 y 23) que corresponden a las especies *Holodictyum ghiesbreghtii* (E. Fourn) Maxon y *Phanerophlebia nobilis* (Schltdl. & Cham.) C. Presl, cada una perteneciente a una familia diferente.

Estos tres trazos se representan gráficamente como uno en la figura (Fig. 6). Cada uno de los dos trazos generalizados más inclusivos corresponden a una unidad biogeográfica diferente. Ambos se ubican geográficamente al Este del estado de Hidalgo en localidades dentro de la SMO y la PV. Dado que se obtuvo un trazo generalizado para cada sistema de unidades biogeográficas, no se obtuvieron nodos, que resultan cuando convergen dos trazos generalizados (Morrone, 2014).



## DISCUSIÓN

Se han realizado estudios acerca de la distribución de pteridobiontes en la Sierra Madre Oriental (Sanginés-Franco *et al.*, 2011) así como en los bosques mesófilos de montaña de Hidalgo (Hernández-Álvarez *et al.* 2019), cuyos resultados son congruentes con los obtenidos en este trabajo. Sanginés-Franco *et al.* (2011), usando un análisis de trazos identificaron un trazo generalizado en la porción sur de la Sierra Madre Oriental, al que denominan trazo de la Sierra Gorda, en los estados de Hidalgo y Querétaro. Los dos trazos generalizados identificados en el presente estudio son sub trazos del trazo de la Sierra Gorda. El trazo de la Sierra Gorda fue sustentado por nueve especies de helechos (Sanginés-Franco *et al.*, 2011), mientras que los trazos presentados en este estudio se sustentan por 6 y 3 especies respectivamente. Si se comparan los resultados de ambos estudios, sólo dos especies se comparten entre el trazo de la Sierra Gorda y el trazo que une a la PV con la SMO: *Elaphoglossum obscurum* y *Phanerophlebia nobilis*.

Los dos trazos generalizados encontrados este estudio, con ambos sistemas de unidades biogeográficas, indican que PV y SMO son las dos provincias más importantes para la distribución de los helechos del estado de Hidalgo. Por lo que se identifica un patrón de distribución bien sustentado por especies que no están cercanamente relacionadas. Entre las especies que conforman este patrón destacan: *Hymenophyllum tegularis*, *Holodictyum ghiesbreghtii*, *Elaphoglossum obscurum* y *Phanerophlebia nobilis*, especies consideradas dentro de las más ricas en el BMM de Hidalgo de acuerdo con Hernández-Álvarez *et al.* (2019). Este trazo generalizado, que une a la PV y SMO, es congruente con los resultados obtenidos por Montiel-Canales *et al.* (2016) para la distribución de las serpientes en Hidalgo y por Morrone & Gutiérrez (2005) para la distribución de las pulgas en la FVT. Sin embargo, los resultados obtenidos a partir de las pteridofloras muestran que un trazo que une estas dos provincias con el DC, mientras que la FVT no se incluye dentro del trazo generalizado. Contrariamente, la distribución de las serpientes indica que la FVT forma un trazo generalizado junto con la SMO y la PV y el DC no forma parte de dicho trazo. Otro estudio con reptiles (Hernández-Salinas, 2009) encontró resultados parcialmente similares a los del presente estudio, pues identificó una relación estrecha entre la PV y la SMO, pero quedaron aún por resolver las relaciones de la FVT y el DC. Por otra parte, un trabajo realizado con aves (Rodríguez-Casanova & Goyenechea, 2021) indica que la PV es la provincia menos relacionada con las otras tres y que el DC y la FVT están relacionadas entre sí y con la SMO, por lo que es importante seguir haciendo estudios con otros grupos biológicos para poder resolver si las provincias de la FVT y el DC forman parte del trazo generalizado que involucra a la PV y la SMO.

La PV se ubica al noreste del estado de Hidalgo con una extensión de cerca del 14% de la superficie estatal en zonas tropicales y húmedas, se localiza en la región geocultural de la Huasteca Hidalguense y la sierra Otomí-Tepehua y cuenta con una altitud no mayor a 500 msnm (Montiel-Canales & Goyenechea, 2021). La PV es la más pequeña de las cuatro provincias que se encuentran en Hidalgo; sin embargo, esta provincia cuenta con una mayor diversidad de helechos que la SMO. En contraste, la SMO es la región biogeográfica de mayor extensión territorial, con aproximadamente 39% de la superficie estatal. Se encuentra presente en 46 municipios de la entidad, en regiones templadas y montañosas de las zonas geoculturales conocidas como Sierra Gorda, Sierra Alta, Sierra Otomí-Tepehua y algunas regiones de la Comarca Minera y Valle de Tulancingo, a una altitud mayor a 1,000 msnm y la diversidad de helechos es menor.

El DC, que se ubica al centro-oeste del estado, comprende cerca del 27% de la superficie estatal en 32 municipios en las zonas áridas de la región geocultural conocida como Valle del Mezquital, a una altitud entre 1,000 y 2,400 msnm; es la tercera provincia en importancia de acuerdo con la diversidad de helechos. Por último, la FVT con 20% de la superficie estatal se encuentra en 33 municipios de la zona geocultural de la Cuenca de México, así como en algunos municipios del Valle de Tulancingo, la Altiplanicie Pulquera, el Valle del Mezquital y



la Comarca Minera, en altitudes de entre 1,000 y 2,500 msnm y es la zona menos diversa en helechos.

Lo expuesto anteriormente permite concluir que la provincia del PV y la SMO son las más importantes para los helechos en ambos sistemas de unidades biogeográficas y que las provincias con menos riqueza de especies de helechos son la Faja Volcánica Transmexicana seguida del Altiplano Mexicano. Estos resultados se observan tanto en los análisis de las provincias como en el de las localidades. Además, ambos trazos generalizados (Figs. 4 y 6) forman parte de un trazo generalizado más amplio identificado por Sanginés *et al.* (2011), por lo que al sobreponerse en el mapa pueden considerarse un solo patrón de distribución para los helechos en el estado de Hidalgo.

## AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer la revisión crítica de tres revisores anónimos, cuyas sugerencias mejoraron el manuscrito. GMC agradece al Instituto Politécnico Nacional por las facilidades otorgadas durante la realización del manuscrito.

## LITERATURA CITADA

- Álvarez-Zúñiga, E., Sánchez-González, A., López-Mata, L., & Tejero-Díez, J. D. (2012). Composición y abundancia de las pteridofitas en el bosque mesófilo de montaña del municipio de Tlanchinol, Hidalgo, México. *Botanical Sciences*, 90(2), 163–177. <https://doi.org/10.17129/BOTSCI.481>
- Goloboff, P. A., Farris, J. S., & Nixon, K. C. (2008). TNT, a free program for phylogenetic analysis. *Cladistics*, 24(5), 774–786. <https://doi.org/10.1111/J.1096-0031.2008.00217.X>
- Hernández-Álvarez, A. G., Sánchez-González, A., & Tejero-Díez, J. D. (2019). Licofitas y helechos del bosque mesófilo de montaña del estado de Hidalgo, México. *Botanical Sciences*, 97(2), 236–249. <https://doi.org/10.17129/BOTSCI.2093>
- Hernández-Salinas U. (2009). *Estudio herpetofaunístico del estado de Hidalgo, México*. [Tesis]. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Montiel-Canales G., & Goyenechea I. (2021). Provincias biogeográficas. In *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado* (pp. 67–74). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de Hidalgo, México.
- Montiel-Canales, G., Mayer-Goyenechea, I. G., Fernández-Badillo, L., & Castillo Cerón, J. M. (2016). Evaluation of PAE and endemism analysis for identifying generalized tracks using snakes in Hidalgo, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 64(4), 1611–1624. <https://doi.org/10.15517/rbt.v64i4.21219>
- Morrone, J. J. (2014). Parsimony analysis of endemism (PAE) revisited. *Journal of Biogeography*, 41(5), 842–854. <https://doi.org/10.1111/JBI.12251>
- Morrone, J. J. (2015). Track analysis beyond panbiogeography. *Journal of Biogeography*, 42(3), 413–425. <https://doi.org/10.1111/JBI.12467>
- Morrone J. J., Escalante T., & Magaña P. (2009). Panbiogeografía y biogeografía cladística: Enfoques complementarios para entender la evolución biótica. In *Evolución biológica: una versión actualizada desde la revista Ciencias* (pp. 385–396). Las Prensas de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. <http://repositorio.fcencias.unam.mx:8080/xmlui/handle/11154/140740>
- Morrone, J. J., Escalante, T., & Rodríguez-Tapia, G. (2017). Mexican biogeographic provinces: Map and shapefiles. *Zootaxa*, 4277(2), 277–279–277–279. <https://doi.org/10.11646/ZOOTAXA.4277.2.8>

**Recibido:**  
9/mayo/2022

**Aceptado:**  
15/enero/2023

- Morrone, J. J., & Gutiérrez, A. (2005). Do fleas (Insecta: Siphonaptera) parallel their mammal host diversification in the Mexican transition zone? *Journal of Biogeography*, 32(8), 1315–1325. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2699.2005.01285.X>
- Pérez-Cervantes A. (2009). *Los helechos y licopodios del municipio de Calnali estado de Hidalgo, México*. [Tesis]. Universidad Autónoma Del Estado de Hidalgo.
- Pérez-Paredes, M. G., Sánchez-González, A., & Tejero-Díez, J. D. (2012). Listado de licopodios y helechos del municipio de Zacualtipán de Ángeles, Hidalgo, México. *Polibotánica*, 33, 57–73. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-27682012000100004&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682012000100004&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Ramírez-Cruz, S., Sánchez-González, A., & Tejero-Díez, D. (2009). La Pteridoflora del Parque Nacional Los Mármolles, Hidalgo, México. *Boletín de La Sociedad Botánica de México*, 84, 35–44. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0366-21282009000100004&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-21282009000100004&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Rodríguez-Casanova A. J., & Goyenechea I. (2021). Análisis de la distribución de la avifauna a través de áreas de endemismo. In *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado* (pp. 285–292). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de Hidalgo, México.
- Sánchez-González A., Tejero-Díez J. D., Pérez-Atilano Y., Hernández-Álvarez A. G., Gutiérrez-Lozano M., Pérez-Paredes M. G., & Álvarez-Zúñiga, E. (2016). *Helechos y licopodios del estado de Hidalgo*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo-Fondos Mixto Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-Gobierno del Estado de Hidalgo.
- Sanginés-Franco, C., Luna-Vega, I., Ayala, O. A., & Contreras-Medina, R. (2011). Distributional Patterns and Biogeographic Analysis of Ferns in the Sierra Madre Oriental, Mexico. *American Fern Journal*, 101(2), 81–104. <https://doi.org/10.1640/0002-8444-101.2.81>
- SEMARNAT [Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales]. (2010). *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio- Lista de especies en riesgo*. Diario Oficial de la Federación.
- Serrano M. H. (2010). *Los helechos y licopodios del Parque Nacional El Chico*. [Tesis]. Universidad Autónoma Del Estado de Hidalgo, Hidalgo, México.
- Tryon, R. (1986). The biogeography of species, with special reference to ferns. *The Botanical Review*, 52(2), 117–156. <https://doi.org/10.1007/BF02860999>
- Zúñiga-Salvatierra J. R. (2009). *Los helechos y licopodios del municipio de Tenango de Doria, estado de Hidalgo, México*. [Tesis]. Universidad Autónoma Del Estado de Hidalgo, México.