








## Diversidad de licopodios y helechos del bosque tropical subcaducifolio del estado de Hidalgo, México

### Diversity of lycopods and ferns of the tropical subdeciduous forest of Hidalgo state, Mexico

Dorismilda Martínez-Cabrera<sup>1</sup> , Nubia Neydy Hernández-Hernández<sup>1</sup> , Benjamín Isidro-Hernández<sup>1</sup> , Adriana Gisela Hernández-Álvarez<sup>2</sup> , Arturo Sánchez-González<sup>2,3</sup> 

#### Resumen:

**Antecedentes y Objetivos:** Los estudios florísticos enfocados en helechos y licopodios en los bosques tropicales de México son escasos. Los objetivos de la presente investigación fueron conocer la riqueza de ambos grupos en el bosque tropical subcaducifolio (BTS) del estado de Hidalgo y comparar su composición y riqueza a nivel de especie con la de otras regiones del país con el mismo tipo de vegetación.

**Métodos:** La recolección de ejemplares se realizó en 26 localidades de seis municipios con BTS en la Huasteca Hidalguense. La determinación taxonómica fue hasta nivel de especie. La semejanza taxonómica entre municipios se estimó con análisis de agrupamiento (índice de Sørensen y UPGMA), y la riqueza de especies entre regiones con un índice de diversidad taxonómica.

**Resultados clave:** En el BTS de Hidalgo se identificaron 12 familias, 32 géneros, 66 especies y un híbrido de helechos, así como una familia, un género y seis especies de licopodios. Las familias con mayor número de géneros fueron Pteridaceae (9) y Polypodiaceae (6). Los géneros con mayor riqueza de especies fueron *Anemia* y *Selaginella*, con seis especies cada uno. Las especies de amplia distribución fueron *Adiantum tenerum* y *Tectaria heracleifolia* (constancia de 85%). Se registraron seis especies por primera vez en la entidad. La semejanza florística entre municipios fue alta, excepto Huehuetla, situado en el extremo sur del área de estudio. El BTS de Hidalgo ocupa el tercer lugar en riqueza de especies por unidad de área (6.58/ha), dentro de los bosques tropicales del país.

**Conclusiones:** La riqueza de especies del BTS de Hidalgo es alta con respecto a la de otras regiones con el mismo tipo de vegetación en México, relevante para implementar planes de manejo y conservación, considerando el elevado grado de deterioro de este ecosistema por las actividades humanas.

**Palabras clave:** análisis de agrupamiento, distribución geográfica, Lycopodiopsida, Polypodiopsida, región Huasteca.

#### Abstract:

**Background and Aims:** Floristic studies of ferns and lycopods in the tropical forests of Mexico are scarce. The objectives of the present study were to know the richness of both groups in the tropical subdeciduous forest (BTS) of the state of Hidalgo, and compare their composition and richness at the species level with that of other regions of the country with the same type of vegetation.

**Methods:** Collection of plant specimens was carried out in 26 localities of six municipalities with BTS of Hidalgo state. The taxonomic determination was realized up to species level. The taxonomic similarity between municipalities was estimated with cluster analysis (Sørensen and UPGMA index), and species richness among regions with an index of taxonomic diversity.

**Key results:** In the BTS of Hidalgo, 12 families, 32 genera, 66 species and a fern hybrid were identified, as well as one family, one genera, and six species of lycopods. The families with the largest number of genera were Pteridaceae (9) and Polypodiaceae (6). The genera with the highest species richness were *Anemia* and *Selaginella*, with six species each. The widely distributed species were *Adiantum tenerum* and *Tectaria heracleifolia* (constancy of 85%). Six species were registered for the first time in the state. The floristic similarity between municipalities was high, except Huehuetla, located in the southern end of the study area. The BTS of Hidalgo occupies the third place in species per unit area (6.58/ha), within the tropical forests of the country.

**Conclusions:** The species richness of the BTS of Hidalgo is high with respect to other regions with the same type of vegetation in Mexico, which is relevant to implement management and conservation plans, considering the high degree of deterioration of this ecosystem by human activities.

**Key words:** cluster analysis, geographical distribution, Huasteca region, Lycopodiopsida, Polypodiopsida.

1 Instituto Tecnológico de Huejutla, km 5.5 Carretera Huejutla-Chalahuiyapa, Apdo. postal 94, 43000 Huejutla de Reyes, Hidalgo, México.

2 Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), Centro de Investigaciones Biológicas, Ciudad Universitaria, Carretera Pachuca-Tulancingo km 4.5, 42184 Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.

3 Autor para la correspondencia: [arturosg@uaeh.edu.mx](mailto:arturosg@uaeh.edu.mx)

Recibido: 6 de agosto de 2018.

Revisado: 24 de agosto de 2018.

Aceptado por Marie-Stéphanie Samain: 26 de septiembre de 2018.

Publicado Primero en línea: 07 de diciembre de 2018.

Publicado: Acta Botanica Mexicana 126 (2019).

Citar como:

Martínez-Cabrera, D., N. N. Hernández-Hernández, B. Isidro-Hernández, A. G. Hernández-Álvarez, A. Sánchez-González. 2018(2019). Diversidad de licopodios y helechos del bosque tropical subcaducifolio del estado de Hidalgo, México. Acta Botanica Mexicana 126: e1434. DOI: [10.21829/abm126.2019.1434](https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1434)



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

e-ISSN: 2448-7589

## Introducción

Los licopodios y helechos (Pteridofitas s.l.), junto con las angiospermas, son el grupo de plantas vivientes con mayor diversidad. En estimaciones recientes se calcula que existen entre 11,535 y 11,916 especies en el mundo, habitando desde el nivel del mar hasta los 5000 m de altitud (Christenhusz y Chase, 2014; PPG, 2016). Ambos grupos de plantas vasculares son componentes estructurales importantes de los bosques, participan en la regeneración de áreas perturbadas, son considerados como excelentes indicadores del estado de salud de los ecosistemas y tienen un alto grado de especificidad o fidelidad a su hábitat (Mehltreter, 2008; Cuevas-Hernández et al., 2013; Tejero-Díez et al., 2014).

En México los licopodios y helechos están representados por 1039 especies y constituyen aproximadamente 4.46% de la diversidad vegetal nacional, calculada en 23,314 especies (Villaseñor, 2016). Los estados con mayor riqueza en ambos grupos de plantas son Chiapas, Hidalgo, Puebla, Oaxaca y Veracruz, con más de 300 especies cada uno (Tejero-Díez y Mickel, 2004; Tejero-Díez, 2007).

La mayoría de los estudios florísticos sobre Pteridofitas en México se han realizado en bosques templados (húmedos y subhúmedos) y en matorral xerófilo (Riba et al., 1996; Arreguín-Sánchez et al., 2001; Cerón-Carpio et al., 2006; Vázquez et al., 2006; Arreguín-Sánchez et al., 2009; Tejero-Díez et al., 2014; Sánchez-González et al., 2016). En cambio en todas las variantes de bosques tropicales, dichos estudios son escasos; los más sobresalientes son el de Riba y Pérez-García (1979) en un bosque tropical perennifolio (BTP *sensu* Rzedowski, 1978) de Uxpanapa, Veracruz, el de Cetzal-Ix et al. (2013) en fragmentos de selva mediana subperennifolia (bosque tropical subcaducifolio (BTS *sensu* Rzedowski, 1978)) en el sur de Tabasco, el de Acebey et al. (2015), en la selva alta y mediana perennifolia (BTP y BTS, respectivamente) de la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, Veracruz, el de Carvajal-Hernández y Krömer (2015), en la selva mediana subcaducifolia (BTS) de la región del Cofre de Perote, Veracruz, y el de Mendoza-Ruiz et al. (2017) en el bosque tropical caducifolio (BTC *sensu* Rzedowski, 1978) y BTS de San Juan Colorado, Oaxaca.

Aunque existen varios estudios sobre flora vascular en distintas regiones con bosque tropical en México, la mayoría de ellos mencionan pocas especies de licopodios y he-

lechos en sus resultados. Por ejemplo, Palacios-Wassenaar et al. (2014) identificaron ocho especies en una selva mediana subcaducifolia (BTS) del centro de Veracruz; Francisco-de la Cruz et al. (2017), 21 en el BTP y el BTS de Álamo Temapache, Veracruz; Martínez-Gordillo et al. (2004), 24 en el BTC de la Sierra de Taxco, Guerrero; Zepeda y Velázquez (1999), 30 en el BTC de la Sierra de Nanchititla, Estado de México, y Burgos (2009), 34 especies en la selva mediana perennifolia (BTS) de Atzalan, Veracruz.

De acuerdo con Rzedowski (1978) y Challenger y Soberón (2008), los BTC, BTS y BTP se encuentran entre los tipos de vegetación con mayor grado de perturbación en el país, principalmente a causa de la agricultura de temporal y la ganadería, aunado a la explotación de especies de importancia forestal o para consumo de leña, lo que ha ocasionado una reducción excesiva de su área de distribución. El bosque tropical de la región de la Huasteca (Hidalguense, Potosina y Veracruzana) es considerado uno de los más septentrionales en América, alcanzando 22° latitud norte (Luna, 1997). En las últimas décadas su área de distribución se ha reducido drásticamente a causa del crecimiento poblacional, por lo que es importante conocer aspectos básicos sobre la diversidad biológica que alberga, como punto de partida para generar programas de manejo y conservación (Granados-Victorino et al., 2017).

El presente estudio representa una contribución al conocimiento de la riqueza taxonómica de las Pteridofitas del BTS de la región de la Huasteca Hidalguense, ubicada en el noreste del estado de Hidalgo (Sánchez-González et al., 2016). Los objetivos fueron (1) conocer la composición de especies de licopodios y helechos del BTS del estado de Hidalgo, México y (2) comparar la riqueza y composición de especies de ambos grupos de plantas del área de estudio, con respecto a la registrada en otras regiones con el mismo tipo de vegetación en México.

## Material y Métodos

### Área de estudio

La zona de estudio se localiza en la región conocida como Huasteca Hidalguense, en el noreste del estado de Hidalgo y comprende seis municipios: Atlapexco, Huautla, Huehuetla, Huejutla de Reyes, Xochiatipan y Yahualica (Cuadro 1, Fig. 1). Su extensión territorial es de 1108.9 km<sup>2</sup>, lo que

representa 5.3% de la superficie del estado de Hidalgo (INEGI, 2000). Las coordenadas geográficas del área de estudio son: 20°50'00"-21°01'51" latitud norte y 98°05'36"-98°30'20" longitud oeste. La altitud oscila entre 137 y 671 m, la precipitación total anual entre 1500 y 2422 mm y la temperatura media anual entre 20 y 31.1 °C (Pavón y Meza-Sánchez, 2009; INEGI, 2010).

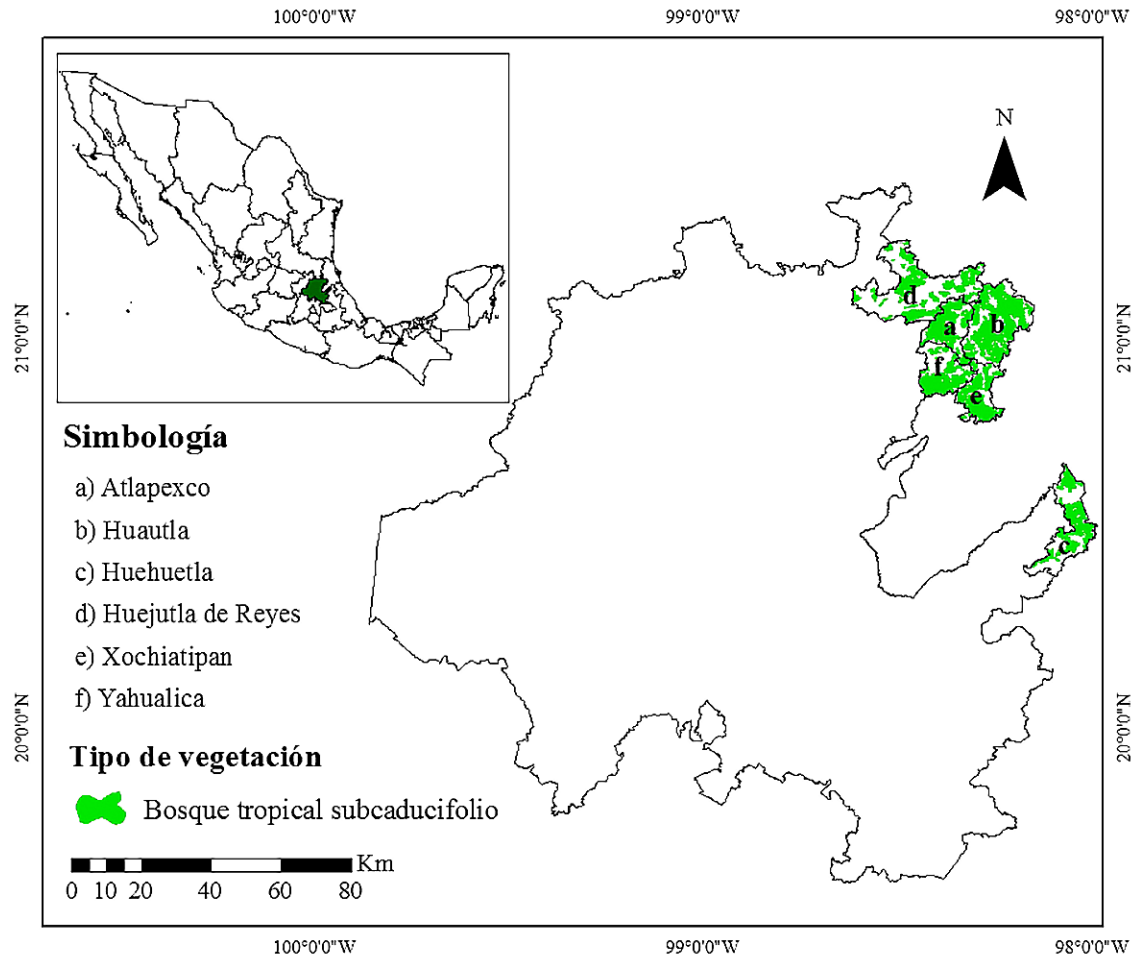
Las localidades en las que se realizó la recolección de ejemplares fueron seleccionadas de imágenes de satélite (SPOT, 5 de enero de 2015; SIAP, 2015) y de los mapas de vegetación y uso del suelo elaborados por Leija-Loredo y Pavón (2017) para la zona de estudio, considerando solo las superficies más grandes y con menor grado de perturbación (con cobertura natural) del bosque tropical subcaducifolio (BTS), *sensu* Rzedowski (1978). Los criterios para identificar el BTS se basaron en la información sobre la fisonomía y la composición de especies publicadas en el trabajo realizado por Granados-Victorino et al. (2017) dentro de la zona de estudio, en el municipio Huautla, Hidalgo.

## Trabajo de campo

La recolección de ejemplares de helechos y licopodios se realizó en 26 localidades de los seis municipios mencionados, durante los meses de julio, agosto y septiembre de 2016 (Cuadro 1). Se efectuaron dos salidas de campo para explorar cada localidad con la finalidad de encontrar un mayor número de especies. El esfuerzo de muestreo fue de alrededor de 20 horas (10 horas por persona en promedio) por localidad, e incluyó el tiempo de exploración, recolección y prensado de los ejemplares. En los recorridos se revisaron con detalle microambientes idóneos (con humedad alta y/o temperatura moderada, sin exposición directa a la radiación solar) para el desarrollo de ambos grupos de plantas: arroyos, márgenes de cuerpos de agua, sotobosque, troncos de árboles y zonas rocosas, principalmente. La recolecta de ejemplares se realizó de acuerdo con los criterios propuestos por Sánchez-González y González-Ledesma (2007).

**Cuadro 1:** Datos geográficos y climáticos de los municipios del área de estudio y las localidades de recolección en Hidalgo, México (Pavón y Meza-Sánchez, 2009; INEGI, 2010).

| Características                             | Municipios                    |  |           |  |  |  |
|---|-------------------------------|--|-----------|--|--|--|
|   | Atlapexco                     | Huautla  | Huehuetla | Huejutla de Reyes                          | Xochiatipan  | Yahualica  |
| Latitud (N)                                 | 21°00'15"                     | 21°01'51"  | 20°27'56" | 21°08'24"                                  | 20°50'00"  | 20°57'11"  |
| Longitud (W)                                | 98°30'20"                     | 98°17'06"  | 98°04'22" | 98°25'10"                                  | 98°17'06"  | 98°22'48"  |
| Altitud (m)                                 | 158                           | 520  | 424       | 137  | 639  | 671  |
| Precipitación media anual (mm)              | 1800                          | 1725   | 2397      | 1500                                       | 1923   | 1900   |
| Temperatura media anual (°C)                | 22                            | 21   | 23.4      | 31.1                                       | 20   | 22   |
| Número de especies de helechos y licopodios | 26                            | 38   | 30        | 36   | 34   | 34   |
| Superficie (ha)                             | 14,300                        | 29,200   | 21,484    | 39,400                                     | 13,600   | 15,400   |
| Localidades de recolección                  | Cuatapa, Cochohla Santo Tomas | Cuatenuahatl, El Cojolite, Huemaco, F. Núñez Soto, Xochitl, Tzocohuijapa, Chalingo | Huehuetla | Coacuilco, Ixcatlán, Chililico, Pochotitla | Xochiatipan, Pesmayo, Tlaltecacatl, Cruzhica, Tenexhueyac, Pachiquitla, Pocantla | Mesa Larga, Mecatlán, Tepetitla, Tlalchihualica, Pepeyocatitla |



**Figura 1:** Localización del bosque tropical subcaducifolio en los municipios que conforman el área de estudio en el estado de Hidalgo, México.

### Trabajo de laboratorio

La determinación taxonómica fue a nivel de especie, con base en la obra de Mickel y Smith (2004). En el listado florístico se consideró la clasificación de PPG I (2016); la nomenclatura y los nombres de los autores fueron actualizados de acuerdo con las bases de datos IPNI (2018) y TROPICOS (2018). Adicionalmente, se consultó la literatura más reciente para la nomenclatura de algunos taxones (Wilbur y Whitson, 2005; Salino et al., 2015; Almeida et al., 2016). Se recolectaron al menos dos ejemplares de cada especie (duplicados), para integrar dos juegos, uno de ellos se depositó en el Herbario Nacional de México (MEXU) y el otro en el Herbario del Instituto Tecnológico de Huejutla (HERITH), registrado en la Dirección General de Vida Silvestre: FLO-128-0402.

### Análisis de datos

La amplitud de distribución de cada una de las especies en el área de estudio se estimó mediante el Porcentaje de Constancia (PC), con la fórmula (Madrigal-Sánchez, 1967):

$$PC = \frac{\text{Número de sitios en los que se presentó la especie}}{\text{Número total de sitios de recolección}} (100)$$

Para el análisis de la semejanza en la composición de especies entre municipios se construyó una matriz de datos de doble estado (presencia-ausencia), que incluyó todas las especies identificadas. Los resultados se muestran en un dendrograma, en el que la medida de semejanza fue el índice de Jaccard y el método de unión el de promedio entre grupos (UPGMA). Los datos se analizaron con el programa de cálculo PAST 3.01 (Hammer et al., 2001).

Como complemento, se comparó la riqueza de especies de helechos y licopodios del BTS del estado de Hidalgo, con respecto a la de otras regiones de México con el mismo tipo de vegetación, utilizando el índice de biodiversidad taxonómica (IB):  $IB=S/\ln A$ , donde S=número de especies registradas y  $\ln A$ =logaritmo natural del tamaño del área (Squeo et al., 1998).

## Resultados

### Helechos y licopodios del BTS del estado de Hidalgo

Se encontraron 12 familias, 32 géneros, 66 especies, cuatro variedades y un híbrido de helechos, y una familia monogénica con seis especies de licopodios (Apéndice). En el BTS se encuentran representadas 39.4% de las familias, 34.8% de los géneros y 19.9% de las especies de Pteridofitas del total estatal (362) (Sánchez González et al., 2016). Las familias con mayor número de géneros fueron Pteridaceae (9, 27%), Polypodiaceae (6, 18.2%), Thelypteridaceae (5, 15.2%), Blechnaceae, Dennstaedtiaceae y Dryopteridaceae (2, 6.1% cada una); las demás están representadas por un

solo género. Las familias con mayor número de especies fueron Pteridaceae (19, 26.4%), Polypodiaceae (15, 20.8%), Thelypteridaceae (12, 16.7%), Anemiaceae y Selaginellaceae (6, 8.3% cada una), y Aspleniaceae y Blechnaceae (3, 4.2% cada una). Las familias restantes con una o dos especies representaron 11.1% en conjunto. Los géneros con mayor número de especies fueron *Anemia* Sw. y *Selaginella* P. Beauv. (6, 8.3% cada uno), *Adiantum* L., *Pleopeltis* Humb. & Bonpl. ex Wild. y *Pteris* L. (5, 6.9% cada uno), *Goniopteris* (C. Presl) Duek. y *Pecluma* M.G. Price (4, 5.6% cada uno), *Amauropelta* Kunze, *Asplenium* L. y *Christella* Lév. (3, 4.2% cada uno).

Se identificaron cinco especies de helechos y una de licopodios como nuevos registros a nivel estatal, con base en la revisión de trabajos previos, como el de Mickel y Smith (2004) y el de Sánchez-González et al. (2016): *Adiantum tricholepis* Fée., *Ctenitis excelsa* (Desv.) Proctor, *Goniopteris imbricata* (Liebm.) Á. Löve & D. Löve, *Nephrolepis hirsutula* (G. Forst.) C. Presl, *Phlebodium decumanum* (Willd.) J. Sm. y *Selaginella hirtifolia* Valdespino (Cuadro 2). De todas las especies identificadas, solo *Campyloneurum phyllitidis* (L.)

**Cuadro 2:** Nuevos registros de helechos y licopodios para el estado de Hidalgo. Forma de vida: E=epífita, T=terrestre, T-R=terrestre o rupícola. Distribución en México: Camp.=Campeche, Chih.=Chihuahua, Chis.=Chiapas, Col.=Colima, Dgo.=Durango, Gro.=Guerrero, Jal.=Jalisco, Mor.=Morelos, Nay.=Nayarit, Qro.=Querétaro, Qroo.=Quintana Roo, Oax.=Oaxaca, S.L.P.=San Luis Potosí, Sin.=Sinaloa, Son.=Sonora, Tab.=Tabasco, Tamps.=Tamaulipas, Ver.=Veracruz, Yuc.=Yucatán. Colector: NH=Nubia Hernández, BIH=Benjamín Isidro Hernández.

| Especie   | Forma de vida | Distribución en México   | Colector/núm. colecta  |
|---|---------------|--|--|
| <i>Adiantum tricholepis</i> Fée.                        | T-R           | Camp., Chih., Chis., Col., Dgo., Gro., Jal., Mor., Nay., Qro., Qroo., S.L.P., Sin., Son., Tamps., Ver., Yuc. | NH y BIH 63 (HERITH, MEXU), 75 (HERITH, MEXU), 100 (HERITH, MEXU), 114 (HERITH, MEXU), 148 (HERITH, MEXU), 165 (HERITH, MEXU), 208 (HERITH, MEXU), 246 (HERITH, MEXU), 287 (HERITH, MEXU), 304 (HERITH, MEXU)                      |
| <i>Ctenitis excelsa</i> (Desv.) Proctor                 | T             | Chis., Oax., Gro., Ver.  | NH y BIH 236 (HERITH, MEXU)  |
| <i>Goniopteris imbricata</i> (Liebm.) Á. Löve & D. Löve | T             | Chis., Col., Gro., Jal., Nay., Oax., Tab., Ver.  | NH y BIH 45 (HERITH, MEXU)   |
| <i>Nephrolepis hirsutula</i> (G. Forst.) C. Presl       | T             | Ver., Qro., Chis., Tab., Oax.  | NH y BIH 323 (HERITH, MEXU)  |
| <i>Phlebodium decumanum</i> (Willd.) J. Sm.             | E             | Camp., Chis., Gro., Oax., Qro., S.L.P., Tab., Ver., Yuc.   | NH y BIH 186 (HERITH, MEXU)  |
| <i>Selaginella hirtifolia</i> Valdespino                | T-R           | Chis., Oax., Tab.  | NH y BIH 77 (HERITH, MEXU), 175 (HERITH, MEXU), 190 (HERITH, MEXU), 257 (HERITH, MEXU), 289 (HERITH, MEXU), 301 (HERITH, MEXU), 319 (HERITH, MEXU), 353 (HERITH, MEXU), 369 (HERITH, MEXU), 409 (HERITH, MEXU), 415 (HERITH, MEXU) |

C. Presl y *Serpocalulon triseriale* (Sw.) A.R. Sm. se consideran en la categoría de Amenazadas (A), dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010) (Apéndice).

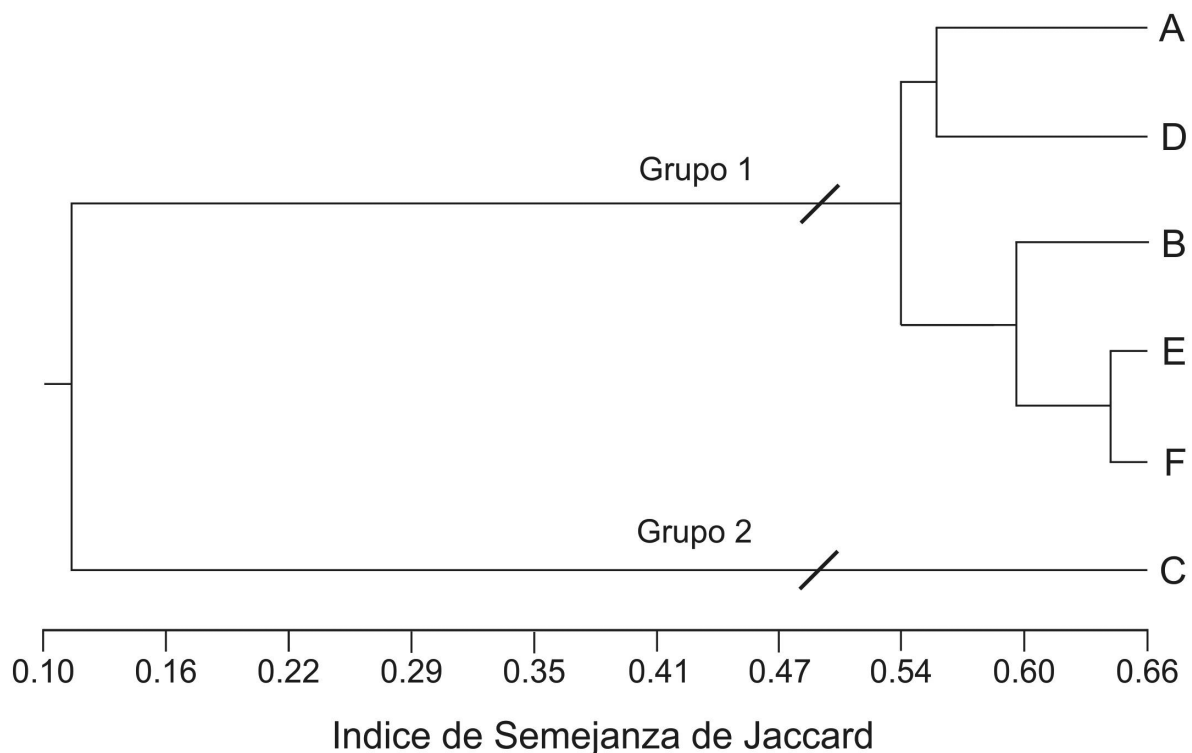
### Distribución de especies

Las especies que se pueden considerar generalistas, por su amplia distribución en el área de estudio son *Adiantum tenerum* Sw. y *Tectaria heracleifolia* (Willd.) Underw. (PC=85%), *Goniopteris tetragona* (Sw.) C. Presl (77%), *Peculum dispersa* (A.M. Evans) M.G. Price y *Selaginella silvestris* Aspl. (73%), *Christella ovata* var. *lindheimeri* (C. Chr.) comb. ined. y *Anemia adiantifolia* (L.) Sw. (69%), *Anemia mexicana* Klotzsch var. *mexicana* y *Pleopeltis polypodioides* (L.) E.G. Andrews & Windham var. *polypodioides* (61%), *Asplenium pumilum* Sw., *Lygodium venustum* Sw. (59%) y *Campyloneurum phyllitidis* (L.) C. Presl (50%). Las demás especies presentaron PC menor de 50%. Los sustratos de crecimiento de las especies fueron terrestre (54%), terrestre y rupícola (17%), epífita y rupícola (10%), epífita (9%), rupícola (9%), y epífita y terrestre (1%) (Apéndice).

**Riqueza y semejanza florística entre municipios**  
Los valores de riqueza de especies por municipio fluctuaron entre 26 y 38 (Cuadro 1). El análisis de agrupamiento permitió reconocer con claridad dos grupos: el primero formado por los municipios de Atlapexco, Huautla, Huejutla de Reyes, Xochiatipan y Yahualica, con valores de semejanza altos, que oscilaron entre 0.55 y 0.65. Dentro del primer grupo, los municipios con mayor semejanza florística fueron Huautla, Xochiatipan, Yahualica (26 especies en común). Atlapexco y Huejutla de Reyes compartieron 19 especies entre sí, más que con el resto de los integrantes del grupo. El segundo grupo está conformado solo por el municipio de Huehuetla, con una composición de especies diferente a la del resto de los municipios estudiados (Fig. 2).

### Comparación de la riqueza de especies a nivel estatal

Los únicos estudios comparables realizados en otros estados de la república Mexicana (Cuadro 3), son los que se llevaron a cabo en la selva mediana perennifolia de Uxpanapa, Veracruz (Riba y Pérez-García, 1979), Atzalan, Veracruz



**Figura 2:** Análisis de semejanza entre los municipios que conforman el área de estudio en Hidalgo, México: A. Atlapexco; B. Huautla; C. Huehuetla; D. Huejutla de Reyes; E. Xochiatipan; F. Yahualica.

(Burgos, 2009) y Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Veracruz (Acebey et al., 2015); en la selva mediana subperennifolia del sur de Tabasco (Cetzal-Ix et al., 2013); en la selva mediana subcaducifolia de la parte baja del volcán Cofre de Perote, Veracruz (Carvajal-Hernández y Krömer, 2015); y en el BTS de San Juan Colorado, Oaxaca (Mendoza-Ruiz et al., 2017) y de Álamo Temapache, Veracruz (Francisco-de la Cruz et al., 2017). Los tres tipos de selva mediana (perennifolia, subperennifolia y subcaducifolia) incluidos en la comparación, se consideraron afines o semejantes al BTS (*sensu* Rzedowski, 1978).

El índice de biodiversidad estimado a partir de los inventarios florísticos hasta ahora publicados (Cuadro 3) indica que la región de la Huasteca Hidalguense ocupa el tercer lugar en riqueza de especies de licopodios y helechos por unidad de área (IB: 6.58/ha), dentro de las zonas con bosque tropical subcaducifolio del país, solo superada por el BTS (selva mediana perennifolia) de Atzalan, Veracruz (IB: 9.20) y de la región de Los Tuxtlas, Veracruz (IB: 8.03).

## Discusión

En el BTS del estado de Hidalgo se distribuyen al menos 66 especies de helechos y seis especies de licopodios. Con estos resultados la riqueza se incrementa de 362 (Sánchez-González et al., 2016) a 368 especies, lo que coloca a Hidalgo como uno de los cuatro estados con mayor número de

Pteridofitas de México, solo superado por Oaxaca con 683 especies, Chiapas con 609 y Veracruz con 561 (Tejero-Díez et al., 2011). En estados aledaños, la riqueza de especies de helechos y licopodios es menor: en Guanajuato se registran hasta el momento 70 especies (Tejero-Díez, 2007), en Morelos 173 (Riba et al., 1996), en Querétaro 175 (Arreguín-Sánchez et al., 2001) y en el Estado de México 253 (Tejero-Díez, 2007; Arreguín-Sánchez et al., 2009).

La elevada heterogeneidad orográfica que caracteriza al estado de Hidalgo, donde convergen dos de las cadenas montañosas más importantes del país, la Sierra Madre Oriental (al norte, noroeste y este) y la Faja Volcánica Transmexicana (sureste), además del Valle de México, Valle del Mezquital, y llanuras y serranías aisladas (al sur y oeste), ha generado una gran variedad de ambientes contrastantes, desde secos hasta húmedos (más nichos ecológicos: Stein et al., 2014), que favorecen la coexistencia de un alto número de especies de licopodios y helechos (Scheinvar, 1993; Luna-Vega y Alcántara, 2004, Sánchez-González et al., 2016).

De acuerdo con las cifras obtenidas en los estudios hasta ahora publicados, la región de la Huasteca Hidalguense ocupa el tercer lugar en riqueza de especies de licopodios y helechos por unidad de área, dentro de las zonas con bosque tropical subcaducifolio del país, solo superada por el BTS (selva mediana perennifolia) de Atzalan y de los

**Cuadro 3:** Comparación de la riqueza de especies de distintas regiones con BTS (bosque tropical subcaducifolio) de México. IB=índice de biodiversidad taxonómica. \*Tipo de vegetación mencionada en la fuente original consultada y que en el presente estudio fue considerado como semejante al BTS. <sup>a</sup>no se incluyen las especies recolectadas en selva alta perennifolia (BTP), <sup>b</sup>área aproximada con base en la escala del mapa del área de estudio, <sup>c</sup>área estimada por Saldaña-Vázquez et al. (2010), incluye solo el BTS de la zona de la Mancha, <sup>d</sup>incluye el área total de los municipios.

| Localidad/Estado   | Especies        | Tipo de vegetación*              | Altitud (m) | Área (ha) | IB (ind/ha) |
|--|-----------------|----------------------------------|-------------|-----------|-------------|
| Atzalan, Veracruz (Burgos, 2009)                                     | 36              | Selva mediana perennifolia       | 600-800     | 50        | 9.20        |
| Los Tuxtlas, Veracruz (Acebey et al., 2015)                          | 96 <sup>a</sup> | Selva mediana perennifolia       | 0-650       | 155,122   | 8.03        |
| Uxpanapa, Veracruz (Riba y Pérez-García, 1979)                       | 69              | Selva mediana perennifolia       | 150         | 100,000   | 5.99        |
| Sur de Tabasco, Tabasco (Cetzal-Ix et al., 2013)                     | 48 <sup>b</sup> | Selva mediana<br>subperennifolia | 50-630      | 6000      | 5.51        |
| San Juan Colorado, Oaxaca (Mendoza-Ruiz et al., 2017)                | 40              | BTS                              | 250-600     | 8600      | 4.41        |
| Volcán Cofre de Perote, Veracruz (Carvajal-Hernández y Krömer, 2015) | 37 <sup>c</sup> | Selva mediana<br>subcaducifolia  | 0-500       | 3980      | 4.46        |
| Álamo Temapache, Veracruz (Francisco-de la Cruz et al., 2017)        | 21              | BTS                              | 100-500     | 6333      | 2.39        |
| Presente estudio (Huasteca Hidalguense)                              | 72 <sup>d</sup> | BTS                              | 137-671     | 111,900   | 6.58        |

Tuxtla, ambos en Veracruz. La elevada humedad ambiental característica de la selva alta perennifolia o BTP y del bosque mesófilo de montaña (Acebey et al., 2015) que colindan con la selva mediana perennifolia (BTS) en ambas zonas, son la causa probable de la presencia de un mayor número de Pteridofitas (Acebey et al., 2017).

Las familias de Pteridofitas del BTS de Hidalgo con mayor riqueza a nivel de género (Polypodiaceae y Pteridaceae), y a nivel de especie (Polypodiaceae, Pteridaceae y Thelypteridaceae), son también las más representativas a escala local, estatal y nacional, independientemente del clima y tipo de vegetación (Cartujano et al., 2002; Cerón-Carpio et al., 2006; Vázquez et al., 2006; Cetzal-Ix et al., 2013; Acebey et al., 2015; Sánchez-González et al., 2016; Mendoza-Ruiz et al., 2017). El mismo resultado ocurre a nivel de género: *Anemia* y *Selaginella* contienen el mayor número de especies en el BTS y también son géneros comunes en distintas regiones y tipos de vegetación de México (Cabrera y Gómez-Sánchez, 2005; Cerón-Carpio et al., 2006; Medina y Tejero-Díez, 2006; Vázquez et al., 2006; Sánchez-González et al., 2016). Las especies de helechos y licopodios con más amplia distribución dentro del BTS fueron *Adiantum tenerum*, *Goniopteris tetragona* y *Tectaria heracleifolia*. Las tres tienen amplia distribución en distintos tipos de vegetación en la República Mexicana (Mickel y Smith, 2004), lo cual indica que soportan un amplio espectro de variación en las condiciones ambientales.

Seis de las especies recolectadas en el presente estudio resultaron ser nuevos registros, algunas de ellas tienen amplia distribución en México, por lo que era de esperarse su presencia en el estado de Hidalgo. Otras, en cambio, son de distribución restringida, como es el caso de *Selaginella hirtifolia* que solo se había encontrado en Chiapas, Oaxaca y Tabasco, y de *Ctenitis excelsa* que estaba registrada en Chiapas, Guerrero, Oaxaca y Veracruz (Mickel y Smith, 2004). Aunque la información sobre la distribución limitada de ambas especies podría deberse a la carencia de estudios florísticos en otros estados de la República Mexicana, existe la posibilidad de que tengan una distribución disyunta, con poblaciones separadas entre sí por barreras geográficas o distancias que exceden su capacidad normal de dispersión o diseminación (Morrone et al., 1996; Prado y Hirai, 2014).

Como producto de las actividades humanas, las comunidades vegetales de México están sufriendo graves problemas de fragmentación (Arriaga, et al., 2000; Challenger y Soberón, 2008; Arroyo-Rodríguez et al., 2009), por lo que es plausible que distintas poblaciones de especies de helechos y licopodios queden separadas entre sí y sobrevivan en islas de vegetación u “oasis” que mantienen las condiciones necesarias para su subsistencia.

Los sustratos de crecimiento más comunes de los licopodios y helechos en diversos tipos de vegetación en México, y en el planeta, son el terrestre y el epífita (Pérez-García et al., 1995). La mayoría de las especies de helechos y licopodios del BTS fueron de hábito terrestre y en menor porcentaje epífitos. La humedad y la temperatura juegan un papel importante en la presencia y abundancia de las especies epífitas, de manera que en los climas donde se presentan periodos de sequía estacional, como en el BTS del estado de Hidalgo, es más común el hábito terrestre (Mehlreter, 2008; Acebey et al., 2015).

La semejanza en la composición y riqueza de especies en cinco de los seis municipios (Grupo 1, Fig. 2) fue alta, tal vez porque las condiciones climáticas (precipitación total anual y temperatura promedio anual) fueron relativamente homogéneas entre ellos. La excepción fue el municipio de Huejutla (situado a menor altitud), que presentó la precipitación pluvial más baja y la temperatura más elevada (Pavón y Meza-Sánchez, 2009; INEGI, 2010). En cambio Huehuetla (Grupo 2, Fig. 2), el sitio con la precipitación pluvial más alta y el más lejano geográficamente, con respecto a los demás municipios, compartió pocas especies. En este caso, la explicación del patrón observado se ajustaría al fenómeno de decaimiento en la semejanza florística por la distancia, que asume que las condiciones ambientales locales (altitud, grado de disturbio, luz, precipitación, temperatura, entre otros muchos factores) y/o los límites en la dispersión y amplitud del nicho entre taxones podrían ser más contrastantes entre sitios más distantes (Nekola y White, 1999; Soininen et al., 2007). El patrón de semejanza observado (dos grupos diferentes), independientemente de su causa, aporta información sobre la composición y riqueza de especies de licopodios y helechos que tiene implicaciones en la conservación de la biodiversidad en el área de estudio (Nekola y White, 1999).



Aun cuando los estudios sobre licopodios y helechos del BTS de México se han realizado en regiones que difieren en altitud, topografía, tamaño superficial, esfuerzo de muestreo, entre otras características, el objetivo común en todos ellos ha sido el de proveer inventarios florísticos serios y confiables (Cetzal-Ix et al., 2013; Acebey et al., 2015; Carvajal-Hernández y Krömer, 2015; Mendoza-Ruiz et al., 2017, presente estudio), por lo que son susceptibles de comparación.

Algunas características que se pueden considerar como típicas de la Pteridoflora del BTS del estado de Hidalgo, son: a) buena representación de los géneros *Pecluma* y *Pleopeltis*, comunes en el estrato vertical o epífita de la zona montañosa húmeda de México (Tejero-Díez et al., 2014), b) presencia de especies de *Selaginella* propias de matorral xerófilo o del bosque mesófilo de montaña (Mickel y Smith, 2004; Tejero-Díez et al., 2014), c) alta riqueza de *Anemia*, género de distribución tropical (comparada solo con la del BTS de Oaxaca) (Mickel y Smith, 2004), d) ausencia de especies de los géneros *Bolbitis* Schott, *Diplazium* Sw., *Megalastrum* Holttum y *Vittaria* Sm., y e) la presencia de *Myriopteris* Fée, género bien representado en el matorral xerófilo del país (Cuevas-Hernández et al., 2013).

En México todavía se carece de información básica y fidedigna sobre la composición y distribución de las especies de plantas en los diferentes tipos de vegetación (Tejero-Díez, 2007; Villaseñor, 2016). El BTS de la Huasteca Hidalguense permanecía como uno de los tipos de vegetación del estado de Hidalgo sin estudios florísticos con licopodios y helechos (Sánchez González et al., 2016), por lo que el presente trabajo representa la primera contribución al conocimiento de los patrones de riqueza y distribución de ambos grupos de plantas en esta región del país.

## Contribución de autores

DMC participó en la concepción, en el diseño de muestreo del trabajo y en la versión final del manuscrito. NNHH y BIH realizaron trabajo de campo, determinación de especies y redacción del borrador del artículo. AGHA colaboró en el trabajo de campo, determinación de especies y elaboración del mapa del área de estudio. ASG participó en el trabajo de campo, corroboración de la determinación de las especies, análisis de datos y en la versión final del manuscrito.

## Financiamiento

Este estudio fue apoyado parcialmente por el Instituto Tecnológico de Huejutla y por el Área Académica de Biología de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

## Agradecimientos

Los autores agradecen ampliamente los comentarios y sugerencias constructivas de todos los revisores anónimos, los cuales contribuyeron a mejorar sustancialmente el contenido y estructura del manuscrito.

## Literatura citada

- Acebey, A. R., T. Krömer y M. Kessler. 2017. Species richness and vertical distribution of ferns and lycophytes along an elevational gradient in Los Tuxtlas, Veracruz, Mexico. *Flora* 235: 83-91. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2017.08.003>
- Acebey, A. R., T. Krömer, M. Vázquez-Torres y J. D. Tejero-Díez. 2015. Helechos y licófitos de la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, Veracruz, México. *Botanical Sciences* 93(2): 313-344. DOI: <https://dx.doi.org/10.17129/botsci.124>
- Almeida, T. A., S. Hennequin, H. Schneider, A. R. Smith, J. A. Nogueira-Batista, A. J. Ramalho, K. Proite y A. Salino. 2016. Towards a phylogenetic generic classification of Thelypteridaceae: Additional sampling suggests alterations of neotropical taxa and further study of paleotropical genera. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 94: 688-700. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.ympev.2015.09.009>
- Arreguín-Sánchez, M. L., R. Fernández-Nava, R. Palacios-Chávez y D. L. Quiroz-García. 2001. Pteridoflora ilustrada del estado de Querétaro, México. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. México, D.F., México. 470 pp.
- Arreguín-Sánchez, M. L., R. Fernández-Nava, D. L. Quiroz-García y S. Acosta-Castellanos. 2009. Análisis de la distribución de las especies de helechos y afines en el Valle de México, notas ecológicas y florísticas. *Polibotánica* 3: 82-92.
- Arriaga, L., J. M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa. 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F., México. 611 pp.
- Arroyo-Rodríguez, V., E. Pineda, F. Escobar y J. Benítez-Malvido. 2009. Value of small patches in the conservation of plant-species diversity in highly fragmented rainforest.

- Conservation Biology 23(3): 729-739. DOI: <https://dx.doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.01120.x>
- Burgos, H. M. 2009. Flora vascular con características potenciales para el aprovechamiento y conservación de los fragmentos de selva en el municipio de Atzalan, Veracruz. Tesis de maestría en ciencias. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, México. 143 pp.
- Cabrera, L. J. A. y M. Gómez-Sánchez. 2005. Análisis florístico de la Cañada, Querétaro, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 77: 35-50.
- Cartujano, S., S. Zamudio, O. Alcántara e I. Luna-Vega. 2002. El bosque mesófilo de montaña en los municipios de Landa de Matamoros, Querétaro. Boletín de la Sociedad Botánica de México 70: 13-43.
- Carvajal-Hernández, C. I. y T. Krömer. 2015. Riqueza y distribución de helechos y licófitos en el gradiente altitudinal del Cofre de Perote, Centro de Veracruz, México. Botanical Sciences 93(3): 601-614. DOI: <https://dx.doi.org/10.17129/botsci.165>
- Cerón-Carpio, A. B., M. L. Arreguín-Sánchez y R. Fernández-Nava. 2006. Listado con anotaciones de la Pteridofitas del municipio de Tlatlauquitepec, Puebla, México y distribución de las especies en los diferentes tipos de vegetación. Polibotánica 21: 45-60.
- Cetzal-Ix, W., E. Noguera-Savelli, M. Martínez-Icó y N. Ramírez-Marcial. 2013. Diversidad de helechos y licófitos en fragmentos de selva mediana subperennifolia del sur de Tabasco, México. Botanical Sciences 91(3): 261-271. DOI: <https://dx.doi.org/10.17129/botsci.7>
- Cuevas-Hernández, A. L., A. Sánchez-González y J. D. Tejero-Díez. 2013. Pteridophytes of a Semiarid Natural Protected Area in Central Mexico. Natural Areas Journal 33(2): 177-188. DOI: <https://doi.org/10.3375/043.033.0208>
- Challenger, A. y J. Soberón. 2008. Los ecosistemas terrestres. In: Soberón, J., G. Halffter y J. Llorente-Bousquets (comps.). Capital Natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F., México. Pp. 87-108.
- Christenhusz, M. J. M. y W. M. Chase. 2014. Trends and concepts in fern classification. Annals of Botany 113(4): 571-594. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mct299>
- Francisco-de la Cruz, A., J. A. Villareal-Quintanilla, A. E. Estrada-Castillón y D. Jasso-Cantú. 2017. Flora y vegetación de Álamo Temapache, Veracruz, México. Acta Botanica Mexicana 121: 83-124. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm121.2017.1291>
- Granados-Victorino, R. L., A. Sánchez-González, D. Martínez-Cabrera y P. Octavio-Aguilar. 2017. Estructura y composición arbórea de la selva mediana subperennifolia del municipio de Huautla, Hidalgo, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 88(1): 122-135. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.01.024>
- Hammer, Ø., D. A. T. Harper y P. R. Ryan. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Paleontologia Electronica 4(1): 1-9.
- INEGI. 2000. Principales resultados por localidad-Hidalgo. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/conteo2000/localid> (consultado enero de 2017).
- INEGI. 2010. Información Estadística Básica. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. <http://siieh.hidalgo.gob.mx/PDFS/028%.pdf> (consultado abril de 2017)
- IPNI. 2018. The International Plant Name Index. <http://www.ipni.org> (consultado febrero de 2018).
- Leija-Loredo, E. G. y N. P. Pavón. 2017. The northernmost tropical rain forest of the Americas: endangered by agriculture expansion. Tropical Ecology 3: 641-652.
- Luna, R. J. 1997. Monografía de la huasteca hidalguense, Serie Cuadernos Hidalguenses 11. Consejo Estatal para la Cultura y las Artes de Hidalgo. Pachuca, México. 88 pp.
- Luna-Vega, I. y A. O. Alcántara. 2004. Florística del bosque mesófilo de montaña de Hidalgo. In: Luna-Vega, I., J. J. Morrone y D. Espinoza (eds.). Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. Pp. 169-192.
- Madrigal-Sánchez, X. 1967. Contribución al conocimiento de la ecología de los bosques de oyamel (*Abies religiosa* (H.B.K.) Schl. & Cham.) en el Valle de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Boletín Técnico 18. México, D.F., México. 94 pp.
- Martínez-Gordillo, M., R. Cruz, J. F. Castrejón, S. Valencia-Ávalos, J. Jiménez y C. Ruíz-Jiménez. 2004. Flora vascular de la porción guerrerense de la Sierra de Taxco, Guerrero, México. Anales del Instituto de Biología, Serie Botánica 75(2): 105-189.
- Medina, L. J. G. y J. D. Tejero-Díez. 2006. Flora y vegetación del Parque Estatal Atizapán-Valle Escondido, Estado de México. Polibotánica 21: 1-43.

- Mehlreter, K. 2008. Phenology and habitat specificity of tropical ferns. In: Ranker, T. A. y C. H. Haufler (eds.). *Biology and evolution of ferns and lycophytes*. Cambridge University Press. Cambridge, UK. Pp. 201-221.
- Mendoza-Ruiz, A., J. Ceja-Romero y M. I. Mejía-Marín. 2017. Licopodios y helechos de San Juan Colorado, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88(1): 49-55. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.01.019>
- Mickel, J. T. y A. R. Smith. 2004. The Pteridophytes of Mexico. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 88: 1-1054.
- Morrone, J. J., D. Espinosa-Organista y J. Llorente-Bousquets. 1996. *Manual de Biogeografía Histórica*. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 155 pp.
- Nekola, J. C. y P. S. White. 1999. The distance decay of similarity in biogeography and ecology. *Journal of Biogeography* 26(4): 867-878. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.1999.00305.x>
- Palacios-Wassenaar, O., G. Castillo-Campos, S. M. Vázquez-Torres y S. Amo-Rodríguez. 2014. Flora vascular de la selva mediana subcaducifolia del centro de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85(1): 125-142. DOI: <https://doi.org/10.7550/rmb.34663>
- Pavón, N. P. y M. Meza-Sánchez. 2009. Cambio climático en el estado de Hidalgo: Clasificación y tendencias climáticas. *Ciencia al Día*, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, México. 168 pp.
- Pérez-García, B., R. Riba e I. Reyes-Jaramillo. 1995. Helechos mexicanos: formas de crecimiento, hábitat y variantes edáficas. *Contactos* 11: 22-27.
- PPG I. 2016. A community-derived classification for extant lycophytes and ferns. *Journal of Systematics and Evolution* 54(6): 563-603. DOI: <https://doi.org/10.1111/jse.12229>
- Prado, J. y R. Y. Hirai. 2014. Biogeography of the Brazilian Atlantic forest: evidence from phylogenetic data sets and perspectives for fern and lycophytes studies. *Fern Gazette* 19: 241-257.
- Riba, R. y B. Pérez-García. 1979. Estudio botánico ecológico de la región del río Uxpanapa, Veracruz. *Biotica* 4(3): 135-139.
- Riba, R., L. Pacheco, A. Valdés e Y. Sandoval. 1996. Pteridoflora del estado de Morelos, México. Lista de familias, géneros y especies. *Acta Botanica Mexicana* 37: 45-65. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm37.1996.769>
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Editorial Limusa. México, D.F., México. 432 pp.
- Saldaña-Vázquez, R. A., J. Galindo-González, G. Vázquez-Domínguez y J. R. Hernández-Montero. 2010. Registros nuevos de murciélagos para el Centro de Investigaciones Costeras La Mancha, Actopan, Veracruz. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81(3): 931-934. DOI: <https://dx.doi.org/10.22201/ib.20078706e.2010.003.664>
- Salino, A., T. E. Almeida y A. R. Smith. 2015. New combinations in Neotropical Thelypteridaceae. *PhytoKeys* 57: 11-50. DOI: <https://doi.org/10.3897/phytokeys.57.5641>
- Sánchez-González, A. y M. González-Ledesma. 2007. Técnicas de recolecta de plantas y herborización. In: Contreras-Ramos, A., C. Cuevas-Cardona, I. Goyenechea y U. Iturbe (eds.). *La Sistemática, Base del Conocimiento de la Biodiversidad*. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, México. Pp. 123-133.
- Sánchez-González, A., J. D. Tejero-Díez, Y. Pérez-Atilano, A. G. Hernández-Álvarez, M. Gutiérrez-Lozano, M. G. Pérez-Paredes y E. Álvarez-Zúñiga. 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*. Pachuca, México. 298 pp.
- Scheinvar, L. 1993. Datos preliminares sobre la flora cactológica del estado de Hidalgo. In: Villavicencio, M. A., S. Marmolejo y B. E. Escandón (eds.). *Investigaciones recientes sobre la flora y fauna de Hidalgo, México*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, México. Pp. 37-110.
- SEMARNAT. 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. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. Cd. Mx., México. [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5173091&fecha=30/12/2010](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5173091&fecha=30/12/2010).
- SIAP. 2015. Monitoreo Satelital Ermex (Estación de recepción México). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. [www.gob.mx/siap](http://www.gob.mx/siap) (consultado enero de 2015).
- Soininen, J., R. McDonald y H. Hillebrand. 2007. The distance decay of similarity in ecological communities. *Ecography* 30(1): 3-12. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2007.04817.x>

- Squeo, F., L. Caviars, G. Arancio, J. Novoa, O. Matthei, C. Marticorena, C. Rodríguez, M. T. K. Arroyo y M. Muñoz. 1998. Biodiversidad vegetal de Antofagasta. *Revista Chilena de Historia Natural* 71: 571-591.
- Stein, A., K. Gerstner y H. Kreft. 2014. Environmental heterogeneity as a universal driver of species richness across taxa, biomes and spatial scales. *Ecology Letters* 17(7): 866-880. DOI: <https://doi.org/10.1111/ele.12277>
- Tejero-Díez, D. J. 2007. La riqueza florística del Estado de México: licopodios y helechos. *Adumbraciones Ad Summae Editio-nem* 27: 1-32.
- Tejero-Díez, J. D. y J. T. Mickel. 2004. Pteridofitas. In: García-Mendoza, A. J., M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza y World Wildlife Foundation. México, D.F., México. Pp. 121-139.
- Tejero-Díez, J. D., A. N. Torres-Díaz, J. T. Mickel, K. V. Mehlreter y T. Krömer. 2011. Helechos y licopodios. In: Cruz-Arango, A., F. G. Lorea-Hernández, V. Hernández-Ortiz y J. E. Morales-Mavil (eds.). La Biodiversidad en Veracruz, Estudio de Estado, Vol. 2. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Gobierno del Estado de Veracruz-Universidad Veracruzana-Instituto de Ecología, A.C. México, D.F., México. Pp. 97-115.
- Tejero-Díez, D. J., A. N. Torres-Díaz y M. Gual-Díaz. 2014. Licopodios y helechos en el bosque mesófilo de montaña de México. In: Gual-Díaz, M. y A. Rendón-Correa (comps.). *Bosques Mesófilos de Montaña de México, diversidad, ecología y manejo*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F., México. Pp. 197-220.
- Tropicos. 2018. Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. <http://www.tropicos.org> (consultado agosto de 2018).
- Vázquez, T. M., J. J. Campos y P. A. Cruz. 2006. Los helechos y plantas afines del bosque mesófilo de montaña de Banderilla, Veracruz, México. *Polibotánica* 22: 63-77.
- Villaseñor, J. L. 2016. Checklist of the native vascular plants of México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87(3): 559-902. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>
- Wilbur, R. L. y M. K. Whitson. 2005. The identity of Riddell's seven validly published but over-looked Pteridophytic binomials. *American Fern Journal* 95(4): 160-169.
- Zepeda, G. C. y E. Velázquez. 1999. El bosque tropical caducifolio de la vertiente sur de la Sierra de Nanchititla, Estado de México: La composición y la afinidad geográfica de su flora. *Acta Botanica Mexicana* 46: 29-55. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm46.1999.815>

**Apéndice.** Listado de helechos y licopodios del bosque tropical subcaducifolio del estado de Hidalgo, México. E=epífita; R=rupícola; T=terrestre. \*=Especies Amenazadas (SEMARNAT, 2010). Colectores: AGHA=Adriana Gisela Hernández Álvarez, BIH=Benjamín Isidro Hernández y NH=Nubia Neydy Hernández Hernández, RLG=Ro Linx Granados Victorino, ASG=Arturo Sánchez González.

| Categoría taxonómica   | Sustrato |
|--|----------|
| CLASE LYCOPODIOPSIDA   |          |
| ORDEN SELAGINELLALES   |          |
| FAMILIA SELAGINELLACEAE  |          |
| 1. <i>Selaginella extensa</i> Underw. (NH y BIH 215 (HERITH, MEXU))  | E        |
| 2. <i>Selaginella hirtifolia</i> Valdespino (NH y BIH 77 (HERITH, MEXU), 175 (HERITH, MEXU))   | T, R     |
| 3. <i>Selaginella polyptera</i> Valdespino (NH y BIH 34 (HERITH, MEXU), 72 (HERITH, MEXU))   | T, R     |
| 4. <i>Selaginella schiedeana</i> A. Braun (AGHA 101 (HERITH, MEXU))  | T        |
| 5. <i>Selaginella silvestris</i> Aspl. (NH y BIH 57 (HERITH, MEXU), 65 (HERITH, MEXU))   | T, R     |
| 6. <i>Selaginella stellata</i> Spring (NH y BIH 311 (HERITH, MEXU))  | T, R     |
| CLASE POLYPODIOPSIDA   |          |
| ORDEN EQUISETALES  |          |
| FAMILIA EQUISETACEAE   |          |
| 7. <i>Equisetum myriochaetum</i> Schldt. & Cham. (NH y BIH 157 (HERITH, MEXU), 321 (HERITH, MEXU))   | T        |
| ORDEN POLYPODIALES   |          |
| FAMILIA ASPLENIACEAE   |          |
| 8. <i>Asplenium cristatum</i> Lam. (NH y BIH 194 (HERITH, MEXU), 234 (HERITH, MEXU))   | T        |
| 9. <i>Asplenium minimum</i> M. Martens & Galeotti (AGHA 88 (HERITH, MEXU), NH y BIH 386 (HERITH, MEXU))  | R        |
| 10. <i>Asplenium pumilum</i> Sw. (NH y BIH 329 (HERITH, MEXU), 366 (HERITH, MEXU))   | T, R     |
| FAMILIA BLECHNACEAE  |          |
| 11. <i>Blechnum appendiculatum</i> Willd. (NH y BIH 33 (HERITH, MEXU), 394 (HERITH, MEXU))   | T        |
| 12. <i>Blechnum occidentale</i> L. (NH y BIH 132 (HERITH, MEXU), 382 (HERITH, MEXU))   | T        |
| 13. <i>Lomaridium fragile</i> (Liebm.) Gasper & V.A.O. Dittrich (= <i>Blechnum fragile</i> (Liebm.) C.V. Morton & Lellinger) (AGHA 93 (HERITH, MEXU), NH y BIH 395 (HERITH, MEXU)) | T        |
| FAMILIA DENNSTAEDTIACEAE   |          |
| 14. <i>Dennstaedtia cicutaria</i> (Sw.) T. Moore (NH y BIH 345 (HERITH, MEXU))   | T        |
| 15. <i>Pteridium caudatum</i> (L.) Maxon (NH y BIH 54 (HERITH, MEXU), 363 (HERITH, MEXU))  | T        |
| FAMILIA DRYOPTERIDACEAE  |          |
| 16. <i>Ctenitis excelsa</i> (Desv.) Proctor (NH y BIH 79 (HERITH, MEXU), 236 (HERITH, MEXU))   | T        |
| 17. <i>Phanerophlebia nobilis</i> (Schldt. & Cham.) C. Presl (NH y BIH 344 (HERITH, MEXU))   | T        |
| FAMILIA NEPHROLEPIDACEAE   |          |
| 18. <i>Nephrolepis hirsutula</i> (G. Forst.) C. Presl (NH y BIH 323 (HERITH, MEXU))  | T        |
| FAMILIA POLYPODIACEAE  |          |
| 19. <i>Campyloneurum angustifolium</i> (Sw.) Fée (NH y BIH 217 (HERITH, MEXU), 268 (HERITH, MEXU))   | E        |
| 20. <i>Campyloneurum phyllitidis</i> (L.) C. Presl* (NH y BIH 365 (HERITH, MEXU), 391 (HERITH, MEXU))  | E        |
| 21. <i>Microgramma nitida</i> (J. Sm.) A.R. Sm. (NH y BIH 128 (HERITH, MEXU))  | E        |
| 22. <i>Pecluma atra</i> (A.M. Evans) M.G. Price (NH y BIH 320 (HERITH, MEXU))  | E, R     |
| 23. <i>Pecluma dispersa</i> (A.M. Evans) M.G. Price (NH y BIH 185 (HERITH, MEXU), 226 (HERITH, MEXU))  | E, R     |

## Apéndice. Continuación.

| Categoría taxonómica   | Sustrato |
|--|----------|
| 24. <i>Pecluma ferruginea</i> (M. Martens & Galeotti) M.G. Price ( <i>RLGV 4</i> (HERITH, MEXU))   | E, R     |
| 25. <i>Pecluma plumula</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.G. Price ( <i>NH y BIH 377</i> (HERITH, MEXU))   | E, R     |
| 26. <i>Phlebodium decumanum</i> (Willd.) J. Sm. ( <i>NH y BIH 186</i> (HERITH, MEXU))  | E        |
| 27. <i>Phlebodium pseudoaureum</i> (Cav.) Lellinger ( <i>NH y BIH 326</i> (HERITH, MEXU), <i>343</i> (HERITH, MEXU))                                       | E, T     |
| 28. <i>Pleopeltis astrolepis</i> (Liebm.) E. Fourn. ( <i>AGHA 86</i> (HERITH, MEXU))   | E, R     |
| 29. <i>Pleopeltis crassinervata</i> (Fée) T. Moore ( <i>NH y BIH 124</i> (HERITH, MEXU), <i>360</i> (HERITH, MEXU))  | E        |
| 30. <i>Pleopeltis furfuracea</i> (Schltdl. & Cham.) A.R. Sm. & Tejero ( <i>NH y BIH 219</i> (HERITH, MEXU))  | E        |
| 31. <i>Pleopeltis guttata</i> (Maxon) E.G. Andrews & Windham ( <i>NH y BIH 59</i> (HERITH, MEXU))  | E, R     |
| 32. <i>Pleopeltis polypodioides</i> (L.) E.G. Andrews & Windham var. <i>polypodioides</i> ( <i>NH y BIH 355</i> (HERITH, MEXU), <i>372</i> (HERITH, MEXU)) | E, R     |
| 33. <i>Serpocalulun triseriale</i> (Sw.) A.R. Sm. * ( <i>NH y BIH 197</i> (HERITH, MEXU))  | E, R     |
| FAMILIA PTERIDACEAE  |          |
| 34. <i>Adiantopsis radiata</i> (L.) Fée ( <i>AGHA 84</i> (HERITH, MEXU))   | T        |
| 35. <i>Adiantum capillus-veneris</i> L. ( <i>NH y BIH 99</i> (HERITH, MEXU), <i>350</i> (HERITH, MEXU))  | T, R     |
| 36. <i>Adiantum concinnum</i> Humb. & Bonpl. ex Willd. ( <i>NH y BIH 79</i> (HERITH, MEXU), <i>93</i> (HERITH, MEXU))                                      | T, R     |
| 37. <i>Adiantum tenerum</i> Sw. ( <i>NH y BIH 204</i> (HERITH, MEXU), <i>212</i> (HERITH, MEXU))   | T        |
| 38. <i>Adiantum trapeziforme</i> L. ( <i>NH y BIH 76</i> (HERITH, MEXU), <i>97</i> (HERITH, MEXU))   | T        |
| 39. <i>Adiantum tricholepis</i> Fée ( <i>NH y BIH 208</i> (HERITH, MEXU), <i>246</i> (HERITH, MEXU))   | T, R     |
| 40. <i>Aleuritopteris farinosa</i> (Forsk.) Fée ( <i>AGHA 9</i> (HERITH, MEXU))  | T        |
| 41. <i>Hemionitis palmata</i> L. ( <i>NH y BIH 310</i> (HERITH, MEXU), <i>331</i> (HERITH, MEXU))  | R, T     |
| 42. <i>Llavea cordifolia</i> Lag. ( <i>ASG 4528</i> (HERITH, MEXU))  | R, T     |
| 43. <i>Mildella intramarginalis</i> (Kaulf. ex Link) Trevis. ( <i>NH y BIH 136</i> (HERITH, MEXU), <i>330</i> (HERITH, MEXU))                              | T, R     |
| 44. <i>Myriopteris aemula</i> (Maxon) Grusz & Windham ( <i>NH y BIH 133</i> (HERITH, MEXU), <i>164</i> (HERITH, MEXU))                                     | R, T     |
| 45. <i>Myriopteris cucullans</i> (Fée) Grusz & Windham ( <i>NH y BIH 216</i> (HERITH, MEXU), <i>297</i> (HERITH, MEXU))                                    | R, T     |
| 46. <i>Pityrogramma calomelanos</i> (L.) Link ( <i>NH y BIH 44</i> (HERITH, MEXU), <i>379</i> (HERITH, MEXU))  | T        |
| 47. <i>Pityrogramma trifoliata</i> (L.) R.M. Tryon ( <i>NH y BIH 115</i> (HERITH, MEXU), <i>146</i> (HERITH, MEXU))  | T        |
| 48. <i>Pteris altissima</i> Poir. ( <i>NH y BIH 200</i> (HERITH, MEXU), <i>307</i> (HERITH, MEXU))   | T        |
| 49. <i>Pteris grandifolia</i> L. ( <i>NH y BIH 151</i> (HERITH, MEXU), <i>158</i> (HERITH, MEXU))  | T        |
| 50. <i>Pteris longifolia</i> L. ( <i>NH y BIH 113</i> (HERITH, MEXU), <i>149</i> (HERITH, MEXU))   | T        |
| 51. <i>Pteris pulchra</i> Schltdl. & Cham. ( <i>NH y BIH 280</i> (HERITH, MEXU))   | T        |
| 52. <i>Pteris quadriaurita</i> Retz. ( <i>NH y BIH 199</i> (HERITH, MEXU), <i>228</i> (HERITH, MEXU))  | T        |
| FAMILIA TECTARIACEAE   |          |
| 53. <i>Tectaria heracleifolia</i> (Willd.) Underw. ( <i>NH y BIH 244</i> (HERITH, MEXU), <i>251</i> (HERITH, MEXU))  | T        |
| FAMILIA THELYPTERIDACEAE   |          |
| 54. <i>Amauropelta concinna</i> (Willd.) Pic. Serm. ( <i>NH y BIH 163</i> (HERITH, MEXU))  | T        |
| 55. <i>Amauropelta oligocarpa</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Pic. Serm. ( <i>AGHA 12</i> (HERITH, MEXU))   | T        |
| 56. <i>Amauropelta rudis</i> (Kunze) Pic. Serm. ( <i>AGHA 33</i> (HERITH, MEXU))   | T        |
| 57. <i>Christella hispidula</i> (Decne.) Holttum ( <i>NH y BIH 198</i> (HERITH, MEXU), <i>222</i> (HERITH, MEXU))  | T        |
| 58. <i>Christella patens</i> (Sw.) Holttum ( <i>AGHA 103</i> (HERITH, MEXU))   | T        |

## Apéndice. Continuación.

| Categoría taxonómica  | Sustrato |
|---|----------|
| 59. <i>Christella ovata</i> var. <i>lindheimeri</i> (C. Chr.) comb. ined. (NH y BIH 58 (HERITH, MEXU), 83 (HERITH, MEXU)) | T        |
| 60. <i>Cyclosorus kunthii</i> (Desv.) comb. ined. (ASG 4529 (HERITH, MEXU))   | T        |
| 61. <i>Goniopteris blanda</i> (Fée) Salino & T.E. Almeida (ASG 4378 (HERITH, MEXU))                                       | T        |
| 62. <i>Goniopteris imbricata</i> (Liebm.) Á. Löve & D. Löve (NH y BIH 45 (HERITH, MEXU))                                  | T        |
| 63. <i>Goniopteris schaffneri</i> (Fée) Salino & T.E. Almeida (ASG 4300 (HERITH, MEXU))                                   | T        |
| 64. <i>Goniopteris tetragona</i> (Sw.) C. Presl (NH y BIH 407 (HERITH, MEXU), 416 (HERITH, MEXU))                         | T        |
| 65. <i>Macrothelypteris torresiana</i> (Gaudich.) Ching (NH y BIH 71 (HERITH, MEXU), 119 (HERITH, MEXU))                  | T        |
| ORDEN SCHIZAEALES   |          |
| FAMILIA ANEMIACEAE  |          |
| 66. <i>Anemia adiantifolia</i> (L.) Sw. (NH y BIH 202 (HERITH, MEXU), 211 (HERITH, MEXU))                                 | T        |
| <i>Anemia adiantifolia</i> × <i>A. mexicana</i> var. <i>mexicana</i> (NH y BIH 279 (HERITH, MEXU), 374 (HERITH, MEXU))    | T        |
| 67. <i>Anemia mexicana</i> Klotzsch var. <i>mexicana</i> (NH y BIH 116 (HERITH, MEXU), 245 (HERITH, MEXU))                | T        |
| 68. <i>Anemia pastinacaria</i> Moritz ex Prantl (RLGV 2 (HERITH, MEXU))   | T        |
| 69. <i>Anemia phyllitidis</i> (L.) Sw. (AGHA 89 (HERITH, MEXU))   | T        |
| 70. <i>Anemia recondita</i> Mickel (NH y BIH 135 (HERITH, MEXU))  | T        |
| 71. <i>Anemia speciosa</i> C. Presl (ASG 4408 (HERITH, MEXU))   | T        |
| FAMILIA LYGODIACEAE   |          |
| 72. <i>Lygodium venustum</i> Sw. (NH y BIH 381 (HERITH, MEXU), 399 (HERITH, MEXU))  | T        |