

POLIBOTÁNICA

Núm. 36, pp. 63-78, ISSN 1405-2768; México, 2013

**DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DEL HÍBRIDO *PLEOPELTIS POLYLEPIS*
(ROEMER EX KUNZE) T. MOORE VAR. *POLYLEPIS* X *POLYPODIUM*
GUTTATUM MAXON (POLYPODIACEAE-PTERIDOPHYTA):
ÁREAS PROBABLES DE SIMPATRÍA**

**POTENTIAL DISTRIBUTION OF THE HYBRID *PLEOPELTIS POLYLEPIS*
(ROEMER EX KUNZE) T. MOORE VAR. *POLYLEPIS* X *POLYPODIUM*
GUTTATUM MAXON (POLYPODIACEAE-PTERIDOPHYTA):
PROBABLY AREAS OF SIMPATRIC**

**Farfán-Roldán, María Ixhel, Yolanda Salinas-Moreno, Omar Mejía,
Salvador Acosta-Castellanos y María de la Luz Arreguín-Sánchez**
*Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN. Prolongación de Carpio y Plan de Ayala,
Col. Santo Tomás, Apartado Postal 256, 11340 México DF.*
Correo electrónico: luzma1950ipn@gmail.com

RESUMEN

A través de los sistemas de información geográfica se pueden analizar variables biológicas y ambientales para generar modelos predictivos de distribución geográfica, útiles en la actualidad en estudios de biogeografía, genética, biología de la conservación y evolución de las especies. Farfán-Roldán *et al.* (2006) describieron un nuevo híbrido entre *Pleopeltis polylepis* var. *polylepis* y *Polypodium guttatum* colectado en el Parque Nacional El Chico, en el estado de Hidalgo, y de este trabajo surgió el interés de estudiar la distribución de los progenitores de esta planta para obtener áreas de simpatria. Con este motivo se realizaron dos tipos de acercamiento: primero un análisis de la distribución geográfica de los progenitores, apoyados en ejemplares de diversos herbarios que fueron debidamente georeferenciados y se ubicaron en un mapa de la República Mexicana con un grid de medio grado, en segundo término se deter-

minaron las áreas de distribución potencial con un análisis de variables bioclimáticas por medio del programa DIVA-GIS. Fue así que con base en los resultados obtenidos se proponen cinco áreas potenciales de distribución donde puede encontrarse el híbrido: la primera en Nuevo León, Tamaulipas y Coahuila, la segunda en el estado de Guanajuato, Jalisco y Zacatecas; la tercera en los estados de Querétaro, San Luis Potosí y parte de Guanajuato; otra en Hidalgo, Estado de México, Michoacán y el Distrito Federal, y una última comprende un área en los estados de Hidalgo, Puebla y Tlaxcala. El hecho de compartir los mismos hábitats y la proximidad filogenética de estos taxa son factores que pueden influir en la formación de los híbridos.

Palabras clave: áreas de simpatria, híbrido, *Pleopeltis polylepis* var. *polylepis*, *Polypodium guttatum*, Parque Nacional El Chico, Hidalgo.

ABSTRACT

Through geographical information systems (GIS) it is possible to analyze biological and environmental variables in order to generate geographical distribution predictive models, useful today in biogeography, genetics, conservation and evolutionary biology studies. Farfán-Roldán *et al.* (2006) described a new hybrid between *Pleopeltis polylepis* var. *polylepis* and *Polypodium guttatum*, which was collected in the Parque Nacional El Chico, Hidalgo. After their paper, the interest to study the parental distribution patterns in order to get sympatric areas was arisen. To reach that goal we achieved two different approaches: the first one was the analysis of geographical distributions of parents, supported by georeferenced specimens from several herbaria, which were located in a Mexican Republic map, with one grid of half degree, the second was the probability distribution areas determined with bioclimatic variables analysis, supported by DIVA-GIS program. This work proposes five sympatric distribution areas where we could find the hybrid, the first area is in Nuevo León, Tamaulipas and Coahuila, the second in Guanajuato, Jalisco and Zacatecas; the third in Querétaro, San Luis Potosi and Guanajuato; another one in Hidalgo, Estado de México, Michoacán y Distrito Federal; the last in Hidalgo, Puebla y Tlaxcala. The hybrid development could be possible because the similar habits and phylogenetic proximity of the parental ancestors.

Key words: sympatric areas, hybrid, *Pleopeltis polylepis* var. *polylepis*, *Polypodium guttatum*, Parque Nacional El Chico, Hidalgo

INTRODUCCIÓN

México constituye un área ideal para llevar a cabo análisis biogeográficos debido a que se encuentra en una zona de transición entre dos regiones diferentes, la Neártica y Neotropical (Morrone, 2005) lo que da al país características únicas. Durante el siglo XIX se realizaron pocas contribuciones importantes relacionadas a los estudios biogeográficos de pteridófitas de México (Martens *et Galeotti*, 1842). En la segunda mitad del siglo XX se realizaron diversas investigaciones con enfoques diferentes (dispersionistas, fenéticos, panbiogeográficos y cladísticos). Los estudios fitogeográficos realizados en México hasta la fecha son escasos (Luna-Vega, 2008), y en particular los que tratan de pteridofitas (Tryon, 1986). En diversos estudios han considerado a las pteridofitas parte de la vegetación secundaria o complementaria de una zona, ya que no son elementos dominantes en la vegetación (Riba, 1998), por lo que sus patrones geográficos se asignan a los diferentes tipos de vegetación en los cuales se encuentran como los bosque de pino-encino, bosque mesófilo de montaña, pastizales, etc. (Tryon, *op. cit.*; Riba, *op. cit.*). La distribución de las especies presenta límites y diferentes patrones que nos permiten estudiar entre otros aspectos el proceso de especiación y los componentes que caracterizan las áreas geográficas donde estas especies se desarrollan (Tryon, *op. cit.*; Morrone, 2005).

Las pteridofitas presentan diferentes tipos de especiación, entre ellas la hibridación (Grant, 1989). A raíz de estudios recientes de nuevos híbridos, se ha visto que este proceso es muy útil como mecanismo de especiación lo que hasta hace unos años no se tomaba en

cuenta (Tryon, 1986; Farfán-Roldán *et al.*, 2006). En la actualidad se han encontrado varios ejemplos de hibridación intergenérica o interespecífica en las pteridofitas como medio de especiación, en la que se incluye la estabilización genética de individuos interfértiles (De la Sota, 1973; Arreguín-Sánchez *et al.*, 2004b; Farfán-Roldán *et al.*, *op. cit.*).

Un ejemplo de este proceso es el híbrido *Pleopeltis polylepis* var. *polylepis* X *Polypodium guttatum* (fig. 1) que se recolectó en el Parque Nacional El Chico, Hidalgo, México (Farfán-Roldán *et al.*, 2006). La posibilidad de que éste se encuentre de manera natural y sea favorecido por la cercanía filogenética de los progenitores y por la simpatría de sus distribuciones hace pensar en la posibilidad del desarrollo de híbridos en otras áreas de simpatría geográfica (De la Sota, 1973; Mickel y Smith, 2004).

El híbrido en cuestión se desarrolló a partir de la unión de *Pleopeltis polylepis* var. *polylepis* (fig. 2) y *Polypodium guttatum* (fig. 3), ambos pertenecientes a las Polypodiaceae (De la Sota, 1973; Mickel y Beitel, 1988), aunque estos mismos autores mencionan que las relaciones filogenéticas entre algunos de sus miembros no es clara. En más de una ocasión los taxa pertenecientes a *Pleopeltis* y *Polypodium* han sido agrupados en el mismo género y separados dependiendo de los expertos (Weatherby, 1922; De la Sota, 1973; Arreguín *et al.*, 2004a y Mickel y Smith, 2004). Al parecer la relación tan estrecha de los géneros de esta familia ha favorecido la formación de híbridos entre especies o entre géneros cercanos (Arreguín-Sánchez *et al.*, 2004a; Mickel y Smith, 2004), por tal motivo, se consideró relevante realizar un estudio de las áreas de distribución potenciales de

los taxa progenitores y usar un sistema de información geográfica para determinar las áreas potenciales de simpatría geográfica entre *Pleopeltis polylepis* var. *polylepis* y *Polypodium guttatum* a fin de validar posteriormente la presencia o no de las formas híbridas en el campo.

MÉTODO

Se determinó la distribución geográfica de los taxa a partir de la revisión de los ejemplares y corroboración de los mismos que se encuentran depositados en el Herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional (ENCB) y el Herbario del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (MEXU). También se consideraron los registros del Herbario del Instituto de Ecología A.C. del Centro regional del Bajío (IE-BAJIO) a través del sistema REMIB de CONABIO. Los 216 registros de los especímenes depositados en los herbarios antes citados se georeferenciaron por medio de la ubicación de los sitios de colecta en cartas topográficas de escala 1: 50000 editadas por INEGI, y se determinaron las coordenadas con la ayuda de las localidades, distancias y altitudes mostradas en las etiquetas, cuando el mismo ejemplar se encontraba en más de un herbario se tomó como una sola presencia.

Se construyeron tres tipos de mapas: de distribución geográfica actual, de distribución potencial y de áreas de simpatría geográfica potencial de los taxa *Pleopeltis polylepis* var. *polylepis* y *Polypodium guttatum* con ayuda de los programas ARC GIS versión 9.0 (ESRI, 2000) y DIVA-GIS versión 5.4 (Hijmans *et al.*, 2001).



Fig. 1. Híbrido *Pleopeltis polylepis* var. *polylepis* X *Polypodium guttatum*.



Fig. 2. *Pleopeltis polylepis* var. *polylepis*.



Fig. 3. *Polypodium guttatum*.

En el mapa de distribución geográfica actual, los taxa se ubicaron en el contexto de las provincias fitogeográficas de Rzedowski (1978), con la finalidad de realizar un análisis de las características de su hábitat. Para determinar las áreas de simpatria geográfica potencial, los mapas se construyeron por medio de una malla o *grid* de medio grado, considerando como áreas de simpatria todas las celdas en donde se presentaron ambas especies. También se realizó una malla de un grado la cual no tuvo la resolución adecuada, por lo que al final sólo se utilizó la medida de *grid* de medio grado. La distribución potencial de los taxa se obtuvo utilizando el sistema

Bioclim (Busby, 1991), incluido dentro del programa DIVA-GIS versión 5.4 (Hijmans *et al.*, 2001), que efectúa un análisis de 19 variables climáticas las cuales consideramos están estrechamente ligadas a los requerimientos ecológicos y de ciclo de vida de estos helechos (tabla 1), lo que permitió realizar una proyección de las áreas en que pudieran encontrarse las mejores condiciones para el desarrollo de *Pleopeltis polylepis* var. *polylepis* y *Polypodium guttatum*, considerando la calidad de condiciones ambientales, determinando zonas donde la existencia de estos taxa pueda ser de muy probable a nula (Excelente 100%; Muy alta 75%; Alta 50%; Baja 25% y Nula 0%,

Tabla 1. Variables climáticas utilizadas por el sistema BIOCLIM para generar mapas de distribución potencial de *Pleopeltis polylepis* var. *polylepis* y *Polypodium guttatum*.

1. Temperatura promedio anual (°C)
2. Oscilación diurna de la temperatura (°C)
3. Isothermalidad (°C)
4. Estacionalidad de la temperatura
5. Temperatura máxima promedio del periodo más cálido (°C)
6. Temperatura mínima promedio del periodo más frío (°C)
7. Oscilación anual de la temperatura (°C)
8. Temperatura promedio del cuatrimestre más lluvioso (°C)
9. Temperatura promedio del cuatrimestre más seco (°C)
10. Temperatura promedio del cuatrimestre más cálido (°C)
11. Temperatura promedio del cuatrimestre más frío (°C)
12. Precipitación anual (mm)
13. Precipitación del periodo más lluvioso (mm)
14. Precipitación del periodo más seco (mm)
15. Estacionalidad de la precipitación
16. Precipitación del cuatrimestre más lluvioso (mm)
17. Precipitación del cuatrimestre más seco (mm)
18. Precipitación del cuatrimestre más cálido (mm)
19. Precipitación del cuatrimestre más frío (mm)

porcentajes que determina el programa). Finalmente se realizó una comparación entre el mapa de *grid* de medio grado y el mapa con las categorías más altas (excelente y muy alta) efectuando una proyección de las áreas de simpatría donde se esperarían las mejores condiciones para el desarrollo de estos taxa y la determinación de las áreas de simpatría geográfica.

RESULTADOS

Se revisaron ejemplares y registros de 117 colectas de *Polypodium guttatum* y 99 de *Pleopeltis polylepis* var. *polylepis*, corroborando que los ejemplares hayan sido

correctamente determinados y capturando los datos de sus etiquetas. Se pudo constatar que algunas localidades no habían sido registradas por Riba (1998) y Mickel y Smith (2004) (fig. 4).

En la tabla 2 se resume la distribución estatal actualizada a partir de la información obtenida.

Al comparar la distribución geográfica de la mayoría de los registros de colecta de estos taxa con las provincias fitogeográficas de Rzedowski (1978), observamos que para *Pleopeltis polylepis* var. *polylepis* (fig. 5) la densidad de registros es mayor hacia el cen-

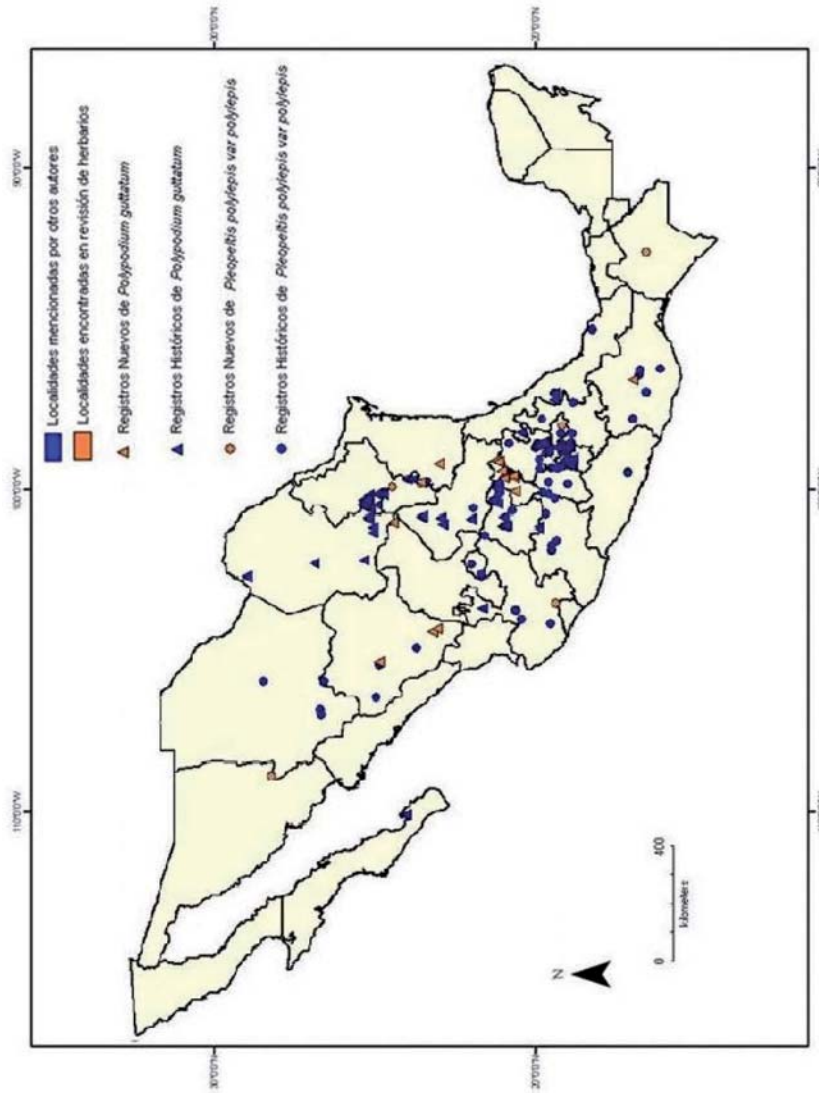


Fig. 4. Distribución de *Pleopeltis polylepis* var. *polylepis* y *Polypodium guttatum*.

Tabla 2. Distribución de *Polypodium guttatum* y *Pleopeltis polylepis* var. *polylepis* en las entidades federativas de México.

| <i>Pleopeltis polylepis</i> var. <i>polylepis</i> | | <i>Polypodium guttatum</i> | |
|---|-----------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| Distrito Federal ^{1,2} | Veracruz ^{1,2} | Baja California Sur ^{1,2} | Querétaro* |
| Durango ^{1,2} | Aguascalientes ² | Chihuahua ¹ | San Luís Potosí ² |
| Estado de México ^{1,2} | Chiapas* | Coahuila ^{1,2} | Zacatecas* |
| Guerrero ^{1,2} | Chihuahua ² | Nuevo León ^{1,2} | Oaxaca* |
| Guanajuato ^{1,2} | Coahuila* | Tamaulipas ¹ | Distrito Federal* |
| Jalisco ^{1,2} | Colima* | Veracruz ^{1,2} | |
| Michoacán ^{1,2} | Hidalgo ² | Morelos ² | |
| Morelos ^{1,2} | Nuevo León* | Guanajuato ² | |
| Oaxaca ^{1,2} | Querétaro ² | Hidalgo ² | |
| Puebla ^{1,2} | Sonora* | Estado de México ² | |
| San Luís Potosí ^{1,2} | Tlaxcala* | Durango* | |
| Tamaulipas ^{1,2} | | | |

¹Datos recopilados también por Riba *et al.* (1998). ²Datos recopilados también por Mickel & Smith (2004). *Nuevos registros estatales obtenidos de la presente revisión de herbarios.

tro del país en la provincia de las Serranías Meridionales y parte de la provincia de la Altiplanicie, y en menor proporción en las provincias de la Sierra Madre Occidental, de la Sierra Madre Oriental, de las Serranías Transísmicas, en el límite del Valle de Tehuacán y hacia el Sur en la provincia de la Costa del Golfo de México, distribución que puede estar influenciada por las zonas históricamente más frecuentes de recolecta. En la misma figura 5 observamos la distribución de registros de colecta de *Polypodium guttatum* la cual indica que este taxa se ubica hacia la zona Este del país, desde el Norte y al Centro, concentrándose la mayoría de los registros en la Sierra Madre Oriental y en la Altiplanicie; y en menor proporción se encuentra en la Sierra Madre Occidental y en la provincia de las Serranías Meridionales en el eje Neovolcánico (Rzedowski, 1978; Flores, 1994), por lo que se pueden encontrar a ambos taxa en las provincias de las Serranías Meridionales, la Altiplanicie,

la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre Occidental.

Las áreas de simpatría geográfica determinadas por celdas de medio grado por lado, indica que *Polypodium guttatum* y *Pleopeltis polylepis* var. *polylepis* (Fig. 6) presentan varias zonas de simpatría geográfica; Nuevo León y parte del Sureste de Coahuila, occidente de Tamaulipas en la Provincia de la Sierra Madre Oriental; la segunda zona se encuentra en parte de los estados de San Luís Potosí, Guanajuato y Querétaro que forma parte de la provincia de la Altiplanicie; la tercer área se observa en los estados de Hidalgo, el Distrito Federal y Estado de México en el límite de las provincias de las Serranías Meridionales y la Altiplanicie y la última zona está en el estado de Veracruz en la Provincia de la Sierra Madre Oriental.

Después se realizó el análisis de áreas potenciales usando la aplicación de BIOCLIM

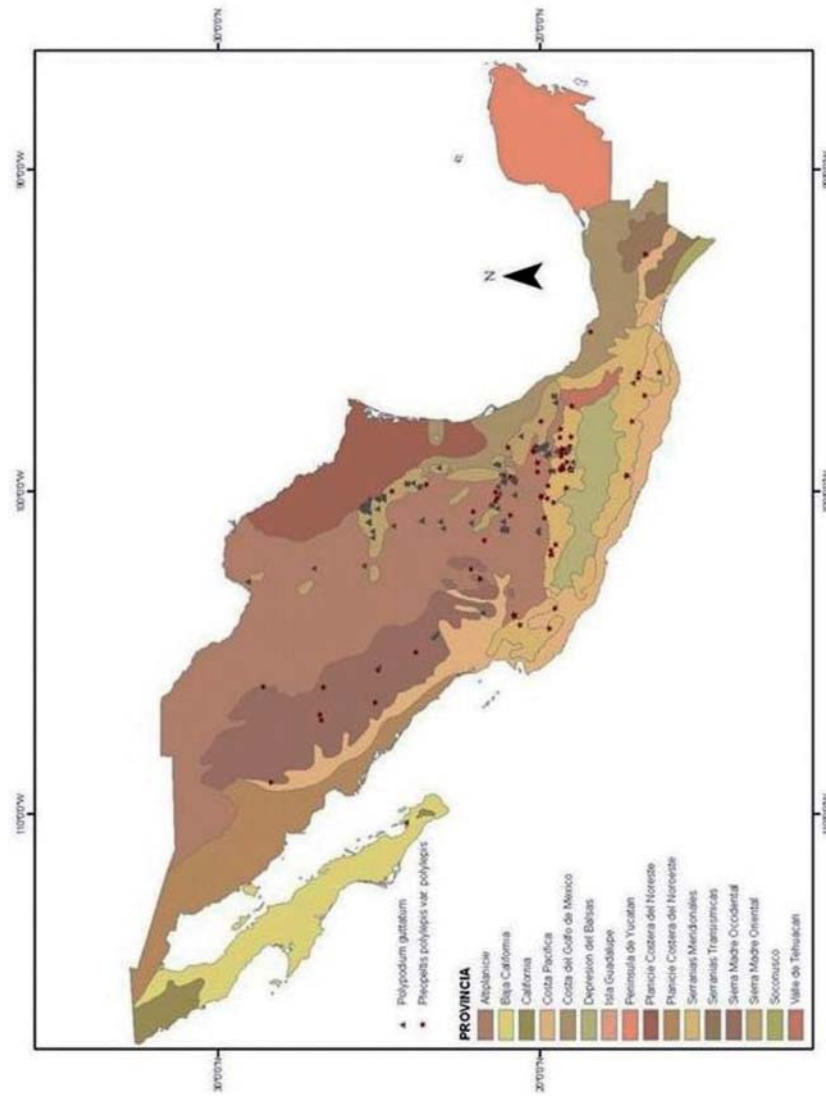


Fig. 5. Distribución de *Pleopeltis polylepis* var. *polylepis* y *Pleopodium guttatum* comparada con las provincias fitogeográficas de Rzedowski (1978)

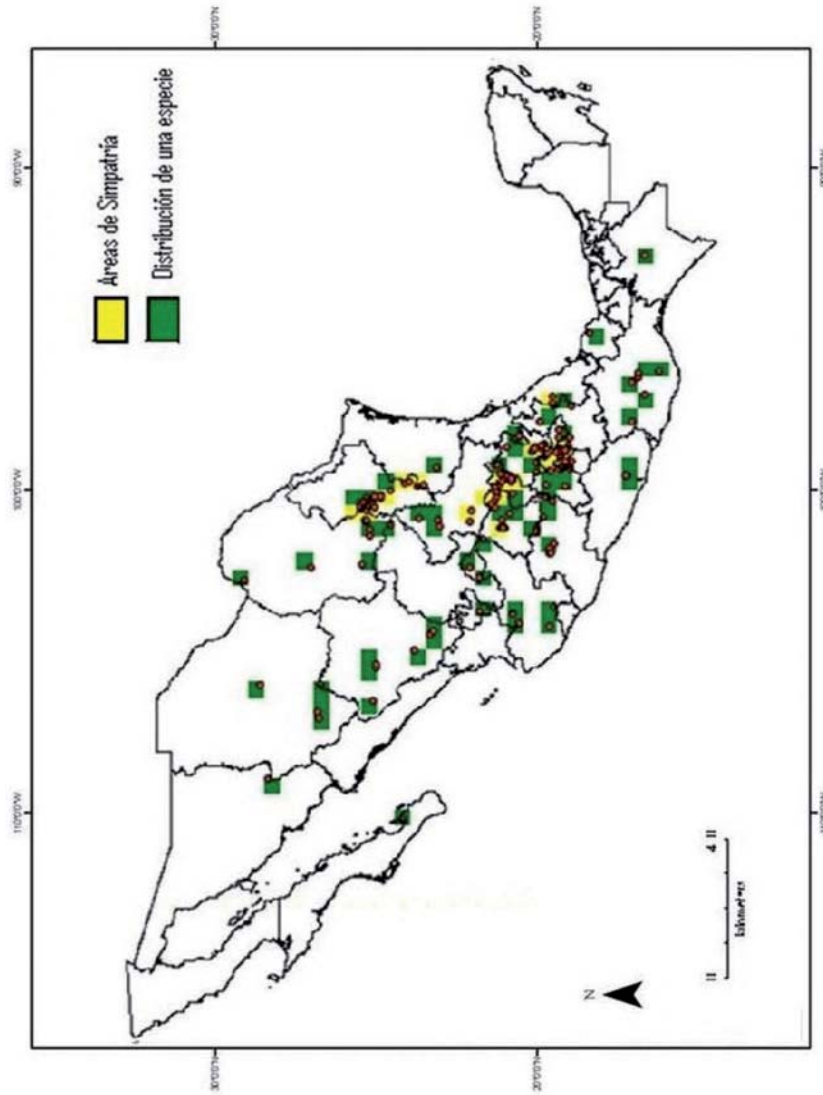


Fig. 6. Áreas de simpatria geográfica de *Pleopeltis polylepis* var. *polylepis* y *Polygodium guttatum* con un *grid* de medio grado

con las 19 variables tomando en cuenta sólo las áreas que corresponden a las categorías más altas disponibles según porcentajes que determina el programa como son excelente (100%), muy alta (75%) y alta (50%), lo cual muestra que *Pleopeltis polylepis* var. *polylepis* (Fig. 7) se distribuye en dos áreas principales, la primera en el Centro del país, abarcando las provincias de la Altiplanicie y las Serranías Meridionales, además de una parte de la provincia de la Sierra Madre Oriental; y la segunda se localiza hacia el Norte de México en el límite de las provincias de la Sierra Madre Oriental y la Altiplanicie. Por otra parte, *Polypodium guttatum* (Fig. 8) muestra una distribución muy parecida a la de *Pleopeltis polylepis* var. *polylepis* (Fig. 7), sin embargo, presenta pequeñas zonas de excelente probabilidad, ubicadas principalmente en el estado de Hidalgo.

En la figura 9 se observan cinco áreas de simpatría potencial, la primera comprende parte de los estados de Nuevo León, Tamaulipas y Coahuila, en la provincia de la Sierra Madre Oriental; la segunda se localiza en el estado de Guanajuato en la provincia de la Altiplanicie; la tercera en los estados de Querétaro, San Luis Potosí y parte de Guanajuato que forman parte de la provincia de la Altiplanicie. Otra zona de simpatría geográfica está en la confluencia de las entidades federativas de Hidalgo, Estado de México, Michoacán y el Distrito Federal, en el límite de las provincias de las Serranías Meridionales y la Altiplanicie y una última comprende un área en los estados de Hidalgo, Puebla y Tlaxcala, perteneciente a la Altiplanicie, las Serranías Meridionales y la Sierra Madre Oriental. Las áreas de simpatría se localizaron hacia el Este y Centro del país.

DISCUSIÓN

De acuerdo con los datos obtenidos después de la revisión de los ejemplares de los herbarios consultados, se encontró que la distribución de *Pleopeltis polylepis* var. *polylepis* y *Polypodium guttatum* es más amplia de lo que consideraron Riba (1998) y Mickel y Smith (2004) en trabajos previos relacionados con ambas taxa.

Aparentemente la cercanía filogenética entre *Pleopeltis polylepis* var. *polylepis* y *Polypodium guttatum* les confiere requerimientos similares de hábitat, nutrientes, luminosidad, pH, lo que podría expresar que presenten zonas de distribución geográfica muy semejantes (Weatherby, 1922; De la Sota, 1973; Arreguín-Sánchez *et al.*, 2004a). Por tanto, podemos encontrar áreas de simpatría que implican una concordancia geográfica de individuos, poblaciones, especies distintas o emparentadas, como en este caso, que presentan necesidades ambientales afines (Lincoln *et al.*, 1995; Espinosa *et al.*, 2002). En los trabajos de De la Sota (1973) y Mickel y Smith (2004) se menciona que *Pleopeltis polylepis* var. *polylepis* se distribuye en diferentes tipos de vegetación, como son bosque mesófilo de montaña, bosque de *Abies*, bosque de *Juniperus*, bosque de *Pinus*, bosque de *Quercus* y matorral xerófilo, en altitudes de 1 500 a 3 200 m.s.n.m. *Polypodium guttatum* se encuentra en zonas de matorral xerófilo, pastizal, bosque de *Pinus*, bosque de *Quercus* y en bosque mesófilo de montaña a una altitud de 1600 a 3 400 m.s.n.m. (De la Sota, 1973; Arreguín-Sánchez *et al.*, 2004a; Mickel y Smith, 2004). Como podemos observar, las características son muy similares, por ejemplo los límites altitudinales se sobreponen en el intervalo de 1 600 a 3 200 m.s.n.m., ambos son organis-

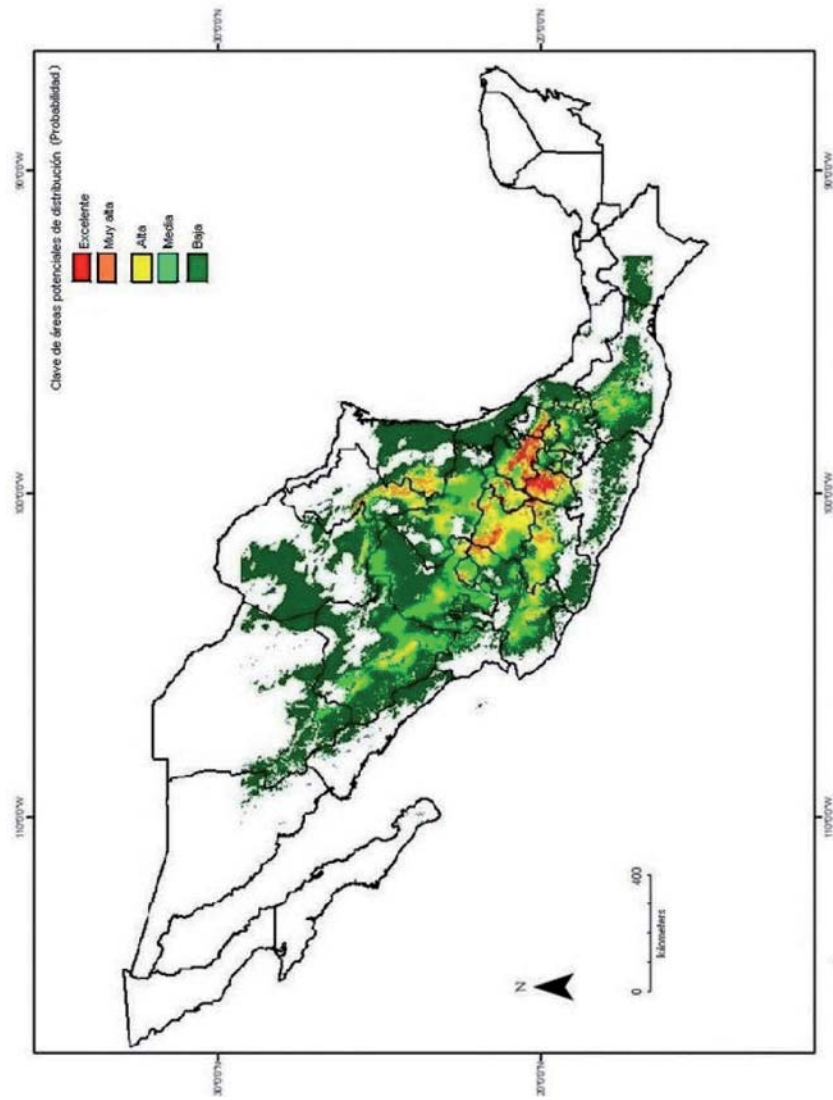


Fig. 7. Áreas óptimas de distribución de *Pleopeltis polylepis* var. *polylepis* de acuerdo con el análisis de DIVA-GIS.

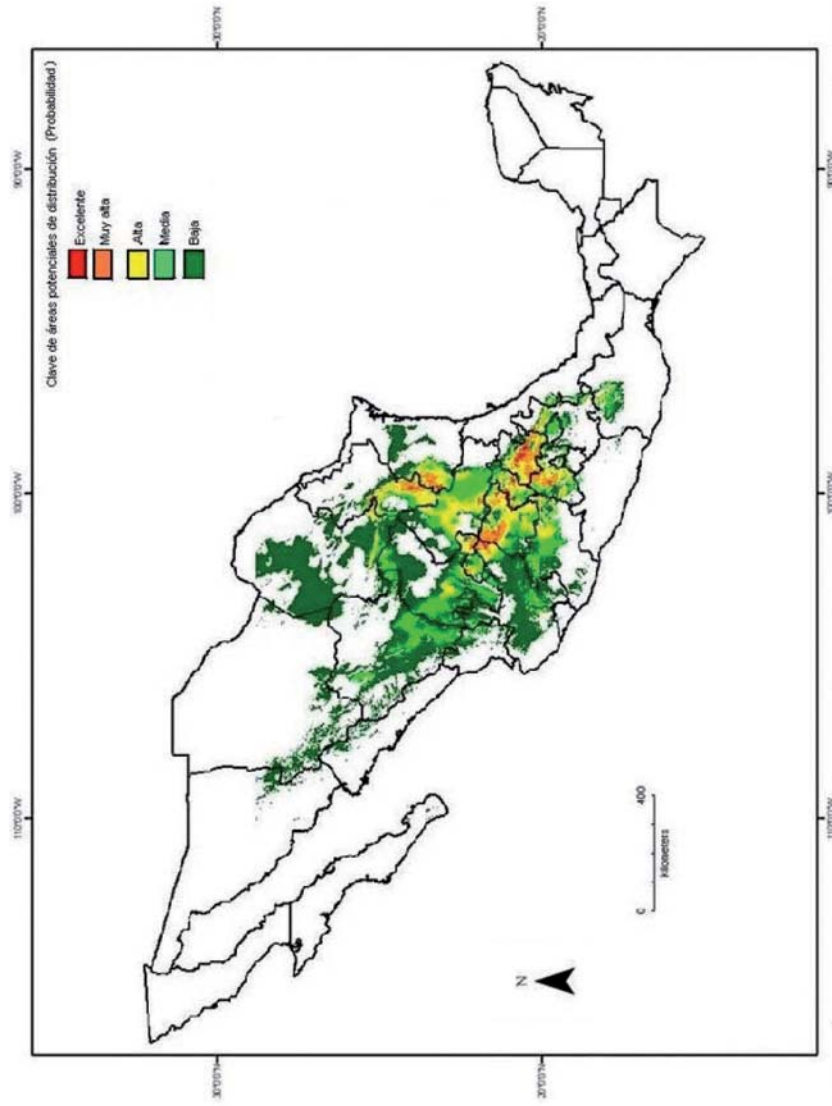


Fig. 8. Áreas óptimas de distribución de *Polypodium guttatum* de acuerdo con el análisis de DIVA-GIS

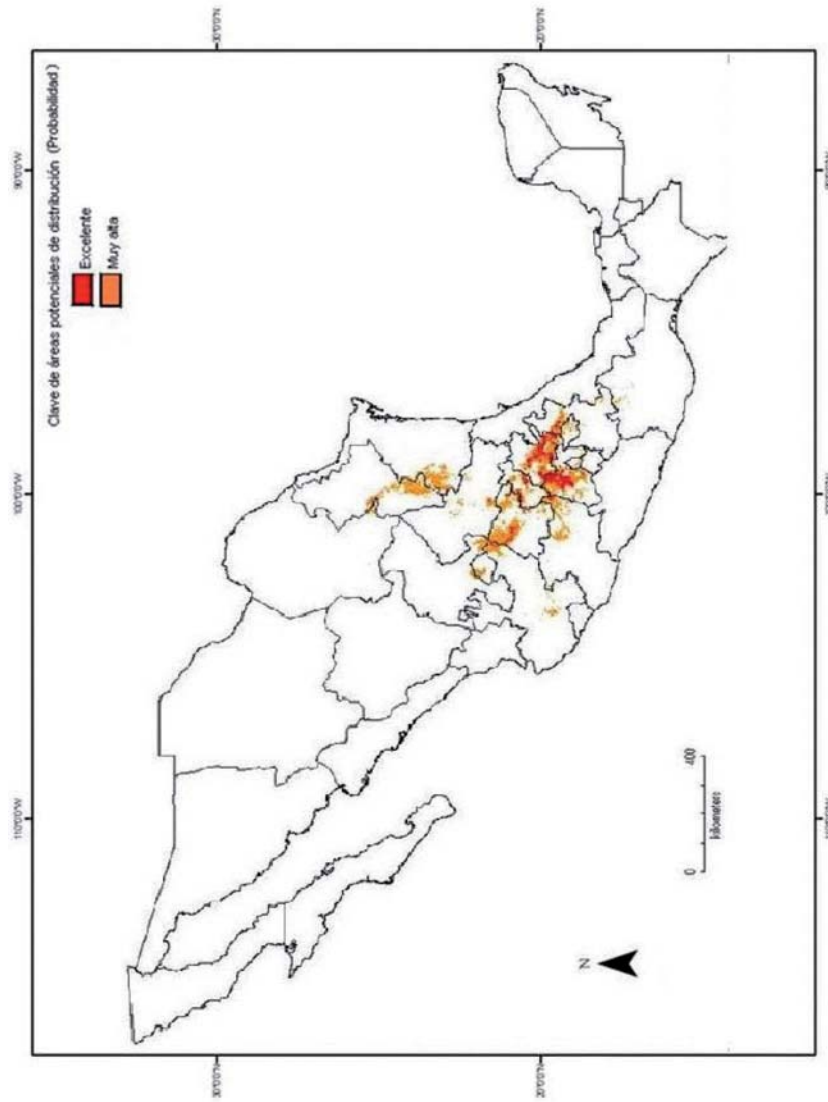


Fig. 9. Áreas potenciales de distribución de *Pleopeltis polylepis* var. *polylepis* y *Polypodium guttatum* de acuerdo con el análisis de DIVA-GIS.

mos epífitos de *Pinus* y *Quercus* y también se pueden encontrar desde zonas de matorral xerófilo hasta bosques de coníferas o bosque mesófilo de montaña.

La presencia más frecuente de estos taxa en provincias como las de las Serranías Meridionales, la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre Occidental puede ser explicada debido a las presencia de *Quercus* y *Pinus*, que componen la vegetación predominante en estas provincias (Rzedowski, 1978), sin embargo, ambos taxa también ocurren en la provincia de la Altiplanicie hacia los límites con las provincias de las Serranías Meridionales y la de la Sierra Madre Oriental, lo que confirma que es posible encontrarlos en zonas de matorral xerófilo (Arreguín-Sánchez *et al.*, 2004a, Mickel y Smith, 2004). En este sentido, la Altiplanicie se caracteriza por su clima seco con vegetación predominante de matorral xerófilo, algunas zonas con pastizales y otras con bosque espinoso o mezquital (Rzedowski, 1978).

Finalmente, el interés por ubicar las zonas de simpatria geográfica es con la finalidad de definir las áreas que tengan mayor probabilidad de encontrar de manera natural al híbrido *Pleopeltis polylepis* var. *polylepis* X *Polypodium guttatum*, las cuales corresponden aproximadamente al 50% del área de distribución de cada uno de estos taxa. Estas áreas pueden ser causa de hibridación y especiación en condiciones de simpatria, lo cual implica la divergencia de algunas poblaciones hasta conseguir independencia evolutiva dentro de un mismo espacio geográfico, es decir, algunos elementos de estas poblaciones utilizan nichos ecológicos diferentes dentro del intervalo de distribución de la especie ancestral y suelen estar favorecidas por la especialización

ecológica de algunas poblaciones (Zunino y Zullini, 2003). Esto conlleva además a un aislamiento reproductivo entre estas poblaciones, y tiene como consecuencia, la colonización de nuevos hábitats por individuos que genéticamente ya están diferenciados.

CONCLUSIONES

Pleopeltis polylepis var. *polylepis* y *Polypodium guttatum* poseen una distribución más amplia que la considerada por otros autores.

De acuerdo con los datos de distribución actual y potencial de ambas especies, la región con mayor probabilidad de simpatria geográfica y con posibilidades de encontrar formas híbridas entre *Polypodium guttatum* y *Pleopeltis polylepis* var. *polylepis* se circunscribe a la porción Centro-Este del Eje Volcánico Transmexicano, la parte Sur de la Altiplanicie y la porción Norte de la Sierra Madre Oriental (fig. 9).

La hipótesis de áreas de simpatria potencial obtenida a partir del análisis bioclimático con DIVA-GIS considera una distribución muy semejante a la obtenida con un grid de medio grado.

Se proponen cinco áreas potenciales de distribución simpátrica donde puede encontrarse el híbrido: la primera en Nuevo León, Tamaulipas y Coahuila, la segunda en el estado de Guanajuato, Jalisco y Zacatecas; la tercera en los estados de Querétaro, San Luis Potosí y parte de Guanajuato; otra en Hidalgo, Estado de México, Michoacán y el Distrito Federal, y una última comprende un área en los estados de Hidalgo, Puebla y Tlaxcala (fig. 9).

Los factores que pudieron influir en la formación del híbrido son la cercanía geográfica y filogenética de los taxa estudiados y el hecho de compartir un hábitat similar.

LITERATURA CITADA

- Arreguín-Sánchez, M.L.; R. Fernández-Nava, y D.L. Quiroz-García, 2004a. *Pteridoflora del Valle de México*. Secretaría de Educación Pública e Instituto Politécnico Nacional. 387 pp.
- Arreguín-Sánchez, M.L.; J. Huerta-Zavala, B., y A. Gutiérrez Becerril, 2004b. “Un nuevo registro de *Pleopeltis X sordidula* (Maxon ex Weath. In Weath.) Mickel et Beitel, un híbrido entre *Pleopeltis astrolepis* (Liebm.) Fourn. y *Pleopeltis fallax* (Schldl. et Cham.) Mickel et Beitel (Polypodiaceae-Pteridophyta) en Tlaxcala, México”. *Polibotánica*, **17**: 39-43.
- Busby, J.R., 1991. “Bioclim: A bioclimate analysis and prediction system”. In Margules C.R., and Austin M.P. (Eds.) *Nature Conservation: Cost Effective Biological Surveys and Data Analysis CSIRO*, Australia, pp. 64-68.
- De la Sota, E.R., 1973. “On the classification and phylogeny of the Polypodiaceae”. Jermy A.C.; J.A. Crabbe, y B.A. Thomas (Eds.). *The phylogeny and classification of the Fern. Linnean Soc. of London. Academic Press*, **63**: 229-244.
- Espinosa, D.; J.J. Morrone, J. Llorente, y O. Flores, 2002. *Introducción al análisis de patrones en biogeografía histórica*. Las Prensas de ciencia, Facultad de Ciencias, UNAM, DF, México. 133 pp.
- Flores Villela, O., y P. Gerez. 1994. *Biodiversidad de la conservación en México. Biodiversidad biológica de México: Orígenes y distribución*. Instituto de Biología de la UNAM. México, DF.
- ESRI, 2000. *Using Arc Map. Environmental Systems Research Institute*. Redlands, California.
- Farfán-Roldán, I.; C. Gómez-Alanis, y M. L. Arreguín-Sánchez. 2006. “Un nuevo híbrido para México de *Pleopeltis polylepis* (Roemer ex Kunze) T. Moore var. *polylepis* y *Polypodium guttatum* Maxon”. *Polibotánica*, **22**: 9-19.
- Grant, V., 1989. *Especiación vegetal*. Ed. Limusa, México, DF, pp. 211-511.
- Lincoln, R.J.; G.A. Boxshall, y P.F. Clark. 1995. *Diccionario de Ecología, Evolución y Taxonomía*. Fondo de Cultura Económica. México, DF. 488 pp.
- Luna-Vega, I., 2008. “Aplicaciones de la biogeografía histórica a la distribución de las plantas mexicanas” *Revista Mexicana de Biodiversidad*, **79**: 217-241.
- Hijmans, R.J.; L. Guarino, M. Cruz, y E. Rojas. 2001. “Computer tools for spatial analysis of plant genetic resources data: 1. DIVA-GIS”. *Plant Genetic Resources Newsletter*, **127**: 15-19.
- Martens, M., y H. Galeotti. 1842. “Mémoire sur les Fougères du Mexique, et considérations sur la géographie botanique de cette contrée”. *Mém. Acad. Brux.*, **15**: 1-87 (23 Tab.).

- Mickel, J.T., and J.M. Beitel. 1988. "Pteridophyte Flora of Oaxaca, México". *Mem. N.Y. Bot. Gard.*, **46**: 284-289; 291-310.
- Mickel, J.T., and A.R. Smith, 2004. "The Pteridophytes of Mexico". *Mem. N.Y. Bot. Gard.*, **88**: 467-475.
- Morrone, J.J., 2005. "Hacia una síntesis biogeográfica de México". *Rev. Mex. Biodiv.*, **76**(2): 207-252. Disponible en: <http://scielo.unam.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532005000200006&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1870-3453.
- Riba, R., 1998. "Pteridofitas mexicanas: distribución y endemismo". En: Ramamoorthy, T.P.; R. Bye, A. Lot, y J. Fa (comp.). *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF, pp. 369-382.
- Rzedowski, J., 1978. *Vegetación de México*. Ed. Limusa. México, DF 432 pp.
- Tryon, R., 1986. "The biogeography of species, with special reference to ferns". *Bot. Rev.*, **52**: 117-156.
- Weatherby, C.A., 1922. "The group of *Polypodium lanceolatum* in North America". *Contr. Gray Herb. Harv. Univ.*, **65**: 3-14.
- Zunino, M., y A. Zullini, 2003. *Biogeografía. La dimensión espacial y evolución*. Fondo de Cultura Económica. México, DF, 359 pp.

Recibido: 16 marzo 2012. Aceptado: 28 febrero 2013.