

# MÚLTIPLES REGISTROS NUEVOS DE HONGOS LIQUENIZADOS PARA AGUASCALIENTES, CON LA EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE DOS ESPECIES ENDÉMICAS DE MÉXICO

## MULTIPLE NEW RECORDS OF LICHENIZED FUNGI FOR AGUASCALIENTES, WITH THE ASSESSMENT OF THE CONSERVATION STATUS OF TWO ENDEMIC SPECIES OF MEXICO

DIEGO SIMIJACA<sup>1</sup>, ROSA EMILIA PÉREZ-PÉREZ<sup>2</sup>, JAIME ESCOTO-MORENO<sup>3</sup>, GILBERTO OCAMPO<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes, México.

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Biológicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México.

<sup>3</sup> Departamento de Biología, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes, México.

\*Author for correspondence: [gilberto.ocampo@edu.uaa.mx](mailto:gilberto.ocampo@edu.uaa.mx)

### Resumen

**Antecedentes:** La diversidad líquénica en el estado de Aguascalientes ha sido históricamente desatendida. Excepto por las investigaciones efectuadas en sus zonas áridas, los demás tipos de vegetación permanecen inexplorados.

**Hipótesis:** La riqueza de hongos liquenizados registrados para el estado de Aguascalientes aumentará con la exploración y colecta en los tipos de vegetación presentes en el estado. Con esto, se encontrarán especies de interés para la conservación de los ecosistemas, incluyendo especies endémicas de México y/o amenazadas.

**Descripción de datos:** Hongos liquenizados, tipos de vegetación, sustratos.

**Sitio y años de estudio:** Estado de Aguascalientes, 2018 a 2021.

**Métodos:** Revisión e identificación taxonómica de la colección de hongos liquenizados del herbario HUAA. Una vez detectadas las especies endémicas, se calcularon la Extensión de Ocurrencia (EOO) y el Área de ocupación (AOO) para evaluar el estado de conservación según la Lista Roja de la UICN.

**Resultados:** Se presentaron 162 registros nuevos para el estado de Aguascalientes. *Chrysothrix insulizans* R.C. Harris & Ladd, *Hertelidea botryosa* (Fr.) Kantvilas & Printzen y *Sarcogyne novomexicana* H. Magn., fueron registros nuevos para el país. Los líquenes epífitos y la forma de crecimiento foliosa fueron dominantes. *Parmotrema acutatum* ocupó un EOO = 192,141 km<sup>2</sup>, mientras *Phaeophyscia sonorae* resultó en EOO = 18,285 km<sup>2</sup>.

**Conclusiones:** El número de especies de hongos liquenizados para el estado de Aguascalientes asciende a 218. Se sugiere la publicación en la Lista Roja de la UICN para *Parmotrema acutatum* Kurok. en la categoría de Menor Preocupación (LC) y *Phaeophyscia sonorae* Essl. como Vulnerable (VU).

**Palabras clave:** bosque de encino, conservación, especies endémicas, líquenes, matorral subtropical.

### Abstract:

**Background:** Lichen diversity in the Mexican state of Aguascalientes has historically been neglected. Lichen species in all vegetation types, except for the arid zones, remain underexplored.

**Hypotheses:** Lichenized fungi richness reported for Aguascalientes will increase due to exploration and collecting activities in vegetation types other than xerophilous scrubs. This will allow finding species of interest for conservation purposes, including Mexican endemics and/or threatened taxa.

**Data description:** Lichenized fungi, vegetation types, substrates.

**Study site and dates:** Mexican state of Aguascalientes, 2018 to 2021.

**Methods:** Revision and taxonomic identification of lichenized fungi specimens deposited at the HUAA herbarium. Once the endemic species were detected, the Extent of Occurrence (EOO) and the Area of Occupancy (AOO) were calculated to assess their conservation status according to the IUCN Red List.

**Results:** 162 new records were found for Aguascalientes. *Chrysothrix insulizans* R.C. Harris & Ladd, *Hertelidea botryosa* (Fr.) Kantvilas & Printzen, and *Sarcogyne novomexicana* H. Mag., were new records for the country. The epiphytic substrate and the foliose growth form were dominant. *Parmotrema acutatum* had an EOO = 192,141 km<sup>2</sup>, while *Phaeophyscia sonorae* had a EOO = 18,285 km<sup>2</sup>.

**Conclusions:** The number of lichenized fungi species recorded for Aguascalientes increased to 218. We suggest publication of *Parmotrema acutatum* Kurok. as Least Concern (LC) and *Phaeophyscia sonorae* Essl. as Vulnerable (VU) in the IUCN Red List.

**Keywords:** conservation, endemic species, lichens, oak forest, subtropical shrubland.

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution License CCBY-NC (4.0) internacional.

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



México cuenta con un enorme capital natural representado en la heterogeneidad de sus ecosistemas y fisiografía (Sarukhán *et al.* 2009). El reconocimiento como país megadiverso se debe a que está entre los cinco primeros lugares con mayor riqueza de especies de reptiles (804 especies), mamíferos (535) y plantas vasculares (23,424) que contribuyen con el ca. 10% de la diversidad global para estos grupos (Mittermeier *et al.* 1997). La gran complejidad fisiográfica e intrincada historia geológica y climática de México, hacen de los sistemas montañosos como la Sierra Madre Occidental y la Faja Volcánica Transmexicana algunos de los sitios con mayor riqueza de especies y mayor cantidad de endemismos en el mundo (Ramamoorthy *et al.* 1993, CONABIO 2008).

Para México, se conocen entre 6,500 y 7,600 especies de hongos (Guzmán 1998, Hawksworth 2001, Aguirre-Acosta *et al.* 2014, Gaya *et al.* 2021) y se reconocen 2,722 especies de hongos liquenizados (Herrera-Campos *et al.* 2014), cuyo estudio se ha visibilizado en las últimas cinco décadas (Lücking 2020). Dentro de las publicaciones sobre hongos liquenizados destacan algunos listados recopilatorios de la diversidad (Brizuela & Guzmán 1971, Dávalos de Guzmán *et al.* 1972, Ryan *et al.* 1996, 2000), la serie que documenta la flora liquénica del desierto de Sonora (Nash III *et al.* 2002, 2004, 2007), registros de líquenes foliícolas (Herrera-Campos & Lücking 2002, 2003, Herrera-Campos *et al.* 2004, 2005) y tratados taxonómicos para el género *Usnea* (Clerc & Herrera-Campos 1997, Herrera-Campos *et al.* 1998, 2001). Estos, junto con algunas listas locales (Álvarez & Guzmán-Dávalos 1988, Sipman 1998, Puy-Alquiza *et al.* 2018) y la descripción de varias especies (Lumbsch *et al.* 2011, Bárcenas-Peña *et al.* 2014), conforman la lista de especies catalogadas por Herrera-Campos *et al.* (2014). Después de este trabajo, se pueden encontrar algunas contribuciones importantes al conocimiento de los hongos liquenizados, como la revisión de la familia Parmeliaceae que actualiza los registros y la distribución de las especies presentes en México (Herrera-Campos *et al.* 2016). Más adelante se da a conocer la publicación de especies nuevas dentro de los géneros *Cora* (Lücking *et al.* 2016, Moncada *et al.* 2019), *Gymnographopsis*, *Redonographa* (Miranda-González *et al.* 2020) y *Alyxoria* (Ertz *et al.* 2020) a partir de material recolectado en diferentes estados del país.

Las publicaciones relacionadas con los líquenes en territorio mexicano ponen en evidencia el interés de investigadores nacionales y extranjeros en este grupo de hongos (Lücking 2020). Sin embargo, la mayoría de estas investigaciones se llevan a cabo en los extremos norte y sur del país, relegando el conocimiento de los líquenes de la región central y de estados como Aguascalientes. En este último, se tienen al momento 56 especies registradas exclusivamente para las zonas áridas (Miguel-Vázquez *et al.* 2021).

Aguascalientes cuenta con diversos tipos de vegetación que derivan de su posición geográfica, su orografía y el encuentro de tres regiones biogeográficas (Siqueiros-Delgado *et al.* 2016). Dentro de la diversidad que alberga, se reportan 90 especies de herpetofauna (Carbajal-Márquez & Quintero-Díaz 2016), 1,716 especies de angiospermas y 15 especies de gimnospermas (J. Martínez com. pers.), además de 372 especies de macrohongos (Pardavé-Díaz *et al.* 2007). En el caso de los hongos liquenizados, además de las 56 especies registradas en zonas áridas (Miguel-Vázquez *et al.* 2021), se tiene registrada a *Flavopunctelia flaventior* en bosques de pino-encino (Álvarez & Guzmán-Dávalos 2009).

Si bien documentar la biodiversidad local es un ejercicio que se ha relegado y subestimado, la elaboración de listados locales permite el reconocimiento de especies raras, crípticas e incluso especies nuevas para la ciencia (Löhmus *et al.* 2013, Lücking *et al.* 2020). Además, esta actividad establece el conocimiento base de la diversidad de un territorio, recoge la información sobre la distribución de las especies (Miguel-Vázquez *et al.* 2021) y facilita la aplicación de ejercicios de evaluación del estado de conservación de las especies (Allen *et al.* 2019); como resultado, esta información impacta en la formulación de políticas públicas y la toma de decisiones respecto a las figuras de conservación.

La elaboración de políticas públicas que involucren la conservación de hongos liquenizados es una necesidad crítica en países megadiversos como México (Valenzuela 2014), el cual cuenta con 2,722 especies de estos organismos y de ellas apenas un 0.5 % (12) tiene una evaluación de su estado de conservación de acuerdo con la Lista Roja (IUCN 2022a); esto se vuelve crítico cuando se reconoce que 115 de estas especies son endémicas (Herrera-Campos *et al.* 2014, 2016). Atendiendo a este panorama y dadas las condiciones que enfrentan todos los ecosistemas del país (fragmentación, cambio de uso de suelo), estos valores son susceptibles al cambio, así como también la riqueza

liquénica reportada para el estado y para México. Por lo anterior, es necesario documentar la biota liquénica de Aguascalientes y en este trabajo se plantearon los siguientes objetivos: a) actualizar el listado de especies de hongos liquenizados para el estado de Aguascalientes, b) describir la estructura de la biota liquénica de Aguascalientes respecto a sus formas de crecimiento y los sustratos que ocupa y c) evaluar el estado de conservación de las especies endémicas de México registradas en la actualización del listado estatal.

## **Materiales y Métodos**

*Área de estudio.* Se estudiaron los ejemplares colectados dentro del estado de Aguascalientes, el cual limita con los estados de Jalisco y Zacatecas. La fisiografía de Aguascalientes es el resultado de la convergencia de tres regiones biogeográficas (Sierra Madre Occidental, Mesa Central y Eje Neovolcánico), que hacen del territorio un entramado de planicies y colinas bajas (Martínez-Calderón *et al.* 2017). En Aguascalientes se presenta un clima semiseco a templado, con una temperatura media anual entre los 16 y 18 °C, con una precipitación que oscila entre los 400 mm y 800 mm anuales (CONABIO *et al.* 2008). Para la clasificación de la vegetación del estado, se siguió el esquema de uso del suelo y vegetación propuesto por el INEGI (2017).

*Identificación taxonómica.* Se revisó la colección de líquenes del herbario de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (HUAA), incluyendo los 156 ejemplares previamente registrados por Miguel-Vázquez *et al.* (2021). Se estudiaron 849 ejemplares recolectados desde el 2018 hasta el 2021 en el estado. El proceso de identificación requirió el uso de herramientas de microscopía (Leica EZ400, Leica DM 100) para la observación de las estructuras morfológicas como esporas e himenio, así como la anatomía de los apotecios (largo y ancho del epihimenio, himenio, hipotecio), entre otras características. También se requirió de la aplicación de las pruebas químicas convencionales (K, C, P, I) y la exposición a la luz UV (Brodo *et al.* 2001). Se consultaron claves taxonómicas especializadas para géneros y especies (Nash III *et al.* 2002, 2004, Bungartz & Nash 2004, Amtoft *et al.* 2008, Mongkolsuk *et al.* 2015, Brodo *et al.* 2016, Kitaura *et al.* 2019). Para *Heterodermia* se usaron las claves de Mongkolsuk *et al.* (2015) y de Souza *et al.* (2022), en conjunto con la diferenciación de los cristales de ácido salazínico y ácido norstictico. En este caso, se efectuó la extracción de una porción de la médula del talo liquénico y se colocó en un portaobjetos; a ésta se le aplicó una gota de KOH que produce la cristalización de los ácidos, cuya forma es observada con el uso de microscopio. En el caso de los géneros y especies de Parmeliaceae se usó la revisión de la familia para México (Herrera-Campos *et al.* 2016). La nomenclatura de las especies se verificó de acuerdo con el Consorcio de Herbarios de líquenes de Norteamérica (CNALH 2022) y las bases de datos convencionales para la revisión de nomenclatura micológica, como MycoBank (Robert *et al.* 2005) e Index Fungorum (Index Fungorum 2022).

*Riqueza y descripción de la biota liquénica.* Para identificar el estado de la exploración de los municipios de Aguascalientes, se tabuló la información de la localización de cada ejemplar. Asimismo, para reconocer tendencias en la estructura de la biota liquénica del estado, se estableció la riqueza de cada sustrato y forma de crecimiento (Miguel-Vázquez *et al.* 2021). En este estudio, las especies con forma de crecimiento gelatinoso se separaron de los líquenes foliosos y se consideraron como una forma de crecimiento distinta; de igual manera, la forma de crecimiento escuamulosa se tomó en cuenta de acuerdo con la descripción de Ryan *et al.* (2002).

*Evaluación del estado de conservación.* Para conocer las especies endémicas de México, así como aquellas cuyo estado de conservación ya ha sido evaluado, se consultó la distribución de las especies identificadas y se contrastó con las bases de datos disponibles en línea (CNALH 2022, GBIF 2022, IUCN 2022a), buscando coincidencias en los registros y aquellos que presentaran datos de georreferencia confiables o registros de herbario que validaran la colección del ejemplar (se descartaron aquellos registros que corresponden a observaciones sin colección). Una vez que se detectaron las especies endémicas, se procedió a la verificación y estandarización de las georreferencias (IUCN

2022b). Se calculó la Extensión de Ocurrencia (EOO), que corresponde a el perímetro contenido dentro del límite imaginario continuo y más corto que se puede trazar para abarcar todos los sitios conocidos de la distribución de un taxón (IUCN 2022b) y está representada por el perímetro del polígono que forman los puntos más externos, y el Área de Ocupación (AOO), que corresponde al espacio óptimo del hábitat que es ocupado por un taxón (IUCN 2022b) y está representada por la suma de las cuadrículas asignadas a cada punto individual (2 km<sup>2</sup>); los cálculos se llevaron a cabo con el uso del paquete ConR (Dauby *et al.* 2017). Los puntos y polígonos obtenidos fueron sobrepuestos con capas de las áreas protegidas de México (Protected Planet 2022) y los mapas base del territorio y los hábitats de las especies fueron visualizados en el programa QGIS (QGIS Development Team 2016). La evaluación del estado de conservación se hizo considerando los criterios establecidos por la IUCN, especialmente los criterios B y D, que se basan en el rango de distribución de las especies y la calidad de los hábitats ocupados por las subpoblaciones (Ravera *et al.* 2016). Se mencionan datos morfológicos que describieran a las especies evaluadas, de acuerdo con el formato de información de la Lista Roja de especies (IUCN 2022a).

## Resultados

*Diversidad de hongos liquenizados del estado de Aguascalientes.* Se identificaron 218 especies pertenecientes a 82 géneros y 31 familias. La familia con mayor número de especies fue Parmeliaceae (54), seguida por Physciaceae (37), Collemataceae (16), Teloschistaceae (12) y Verrucariaceae (12) ([Material suplementario, Tabla S1](#)). Del mismo modo, *Parmotrema* (15), *Xanthoparmelia* (12), *Heterodermia* (12), *Leptogium* (9) y *Physcia* (9) fueron los géneros con mayor cantidad de especies. Por otro lado, *Phaeophyscia nashii* fue la especie encontrada con mayor frecuencia (43 registros), seguida por *Flavopunctelia soledica* (32).

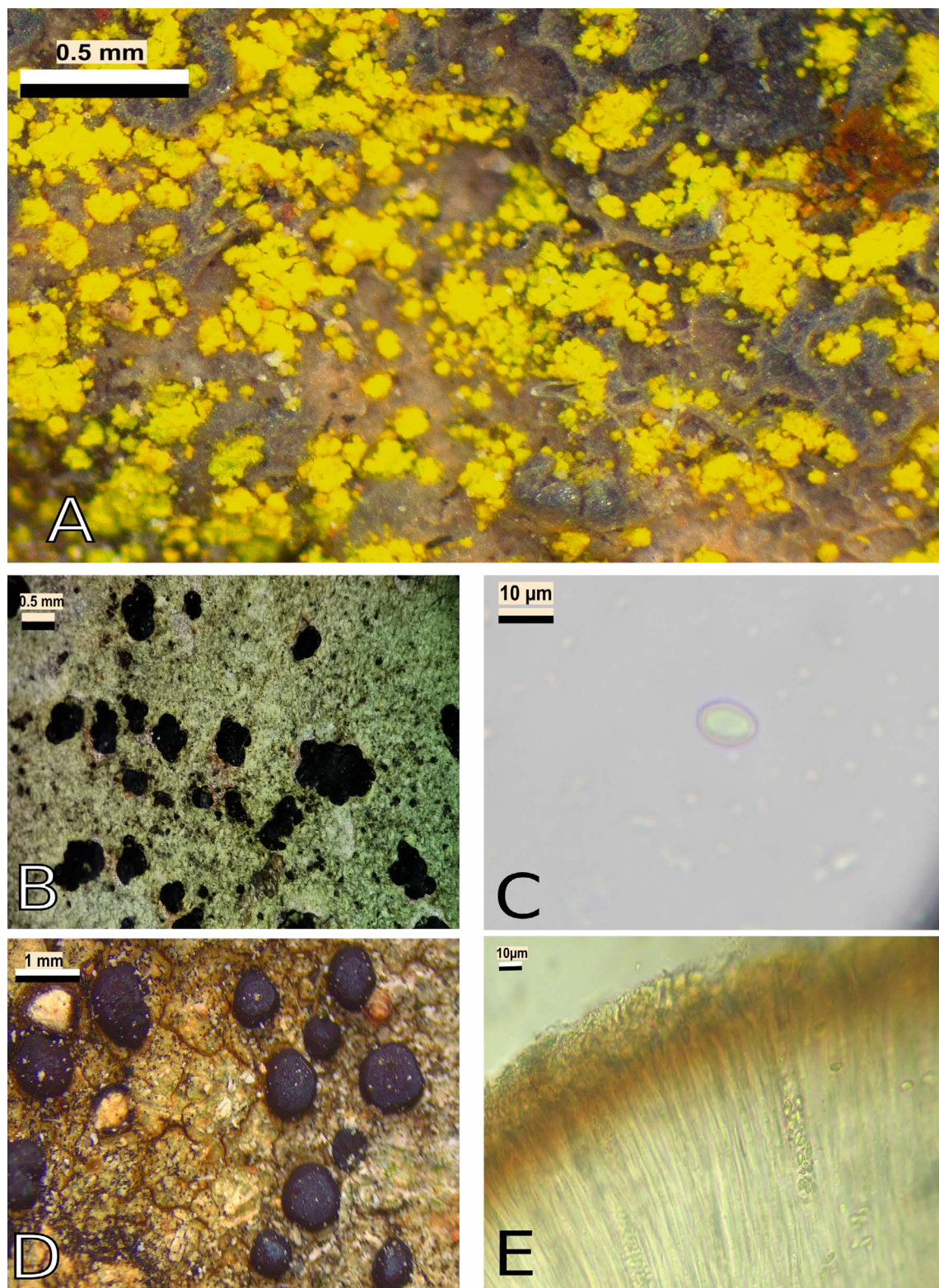
En este trabajo se reconocen 162 registros nuevos para el estado de Aguascalientes, de los cuales tres son además registros nuevos para México. Estos últimos corresponden a *Chrysothrix insulizans* (Chrysothricaceae), *Hertelidea botryosa* (Stereocaulaceae) y *Sarcogyne novomexicana* (Acarosporaceae) ([Figura 1](#); [Material suplementario, Tabla S2](#)). Después de revisar la distribución de las especies registradas para Aguascalientes, se identificaron *Parmotrema acutatum* y *Phaeophyscia sonora* como especies endémicas del país, presentes en los ecosistemas de Aguascalientes (Tabla S1).

La distribución de las especies en diferentes sustratos mostró un mayor número de taxones epífitos (106 especies), seguido por los líquenes saxícolas (105) y terrícolas (27) (Tabla S1). *Coccocarpia palmicola* se identificó para los tres sustratos registrados, mientras que otras 16 especies compartieron los sustratos corteza y roca (*Candelaria concolor*, *Leptogium joergensenii*, *Phaeophyscia hirsuta*; Tabla S1). La familia Cladoniaceae dominó los sustratos de suelo, agrupando el 35.7 % de las especies, seguida por Lichinaceae, Psoraceae y Verrucariaceae, cada una con 10.7 %. Parmeliaceae y Physciaceae dominaron los demás sustratos ([Figura 2](#)).

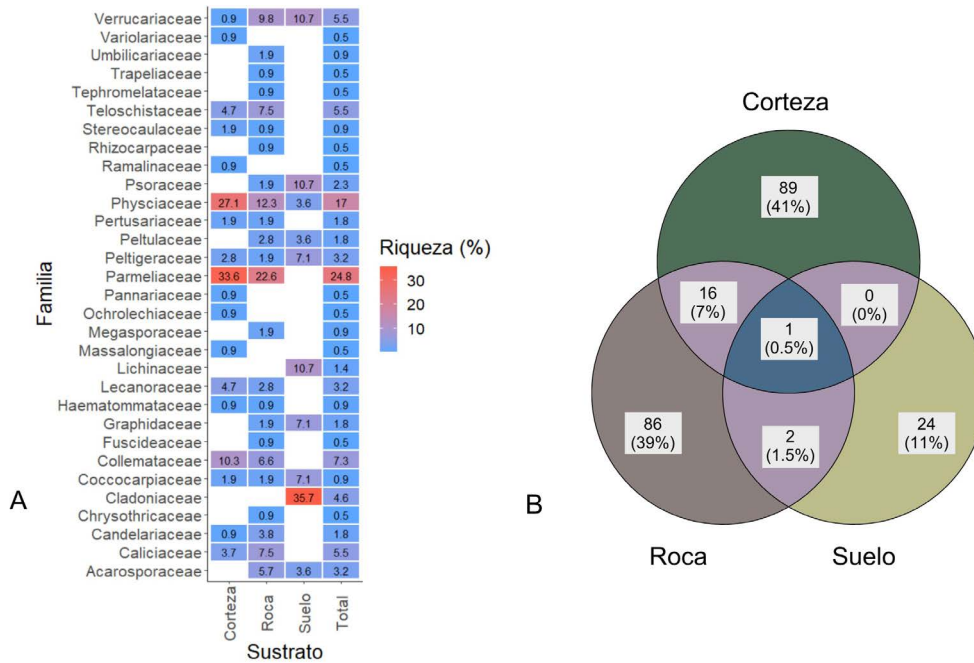
Por otro lado, 105 especies presentaron crecimiento folioso y se observó la dominancia de esta forma de crecimiento en los líquenes epífitos, agrupando el 63 % de las especies, pero presentándose también en los demás sustratos ([Figura 3](#)). Las especies con forma de crecimiento gelatinoso (19) representaron menos del 12 % de cada sustrato, en tanto que las especies escumulosas (17) fueron registradas en su totalidad sobre suelo. Los líquenes costrosos presentaron 58 especies y pese a que se encontraron en los tres sustratos evaluados, estuvieron mejor representados en el sustrato rocoso, con el 36.2 % de las especies. Por su parte, las especies dimórficas (10) se registraron exclusivamente sobre suelo y representaron 37 % de las especies de este sustrato. Finalmente, las especies fruticasas (9) estuvieron representadas por líquenes epífitos y saxícolas.

La revisión de los ejemplares de herbario reveló la existencia de 25 sitios dentro del estado en donde se han colectado hongos liquenizados ([Figura 4](#)). Nueve municipios cuentan con recolectas de líquenes, en donde Calvillo resultó ser el mejor explorado y el más diverso con 113 especies (396 registros), seguido por San José de Gracia con 93 especies (210 registros) y Jesús María con 52 especies (90 ejemplares). Los demás municipios, en conjunto, acumulan el 52 % de las especies restantes, pero cada uno agrupa menos de 37 especies ([Figura 5](#)). En los municipios de Pabellón de Arteaga y San Francisco de los Romo, hasta el momento, no se ha hecho ningún muestreo de la comunidad liquénica (Tabla S2).

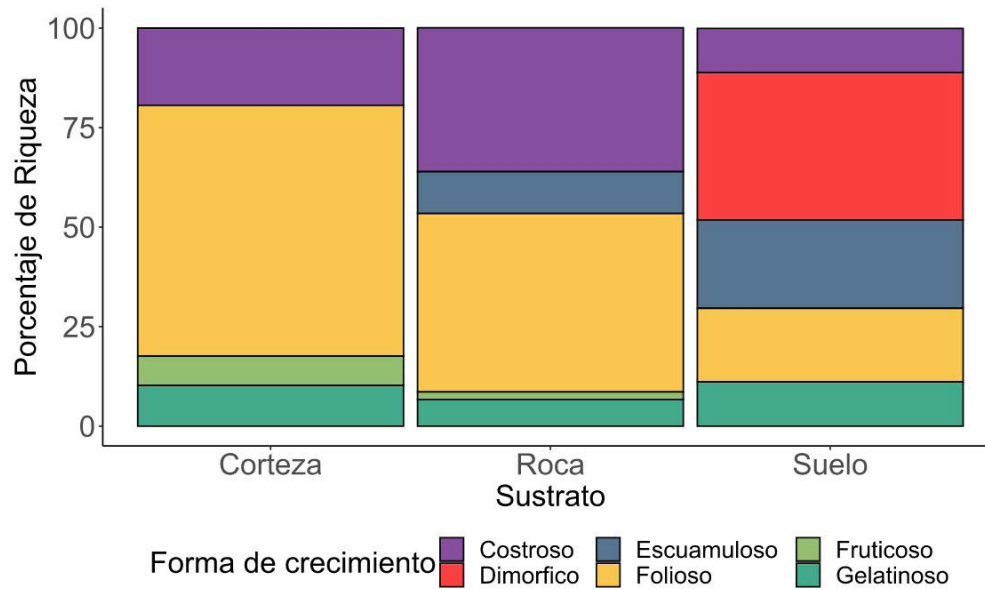




**Figura 1.** Características morfológicas de las especies que son registros nuevos para México. A) *Chrysothrix insulizans*, talo costroso amarillo sobre sustratos rocoso; B) *Herthelidea botryosa*, talo costroso con apotecios; C) *Herthelidea botryosa*, espora hialina y elipsoide; D) *Sarcogyne novomexicana*, talo costroso con apotecios; E) *Sarcogyne novomexicana*, himenio con esporas hialinas y elipsoides.

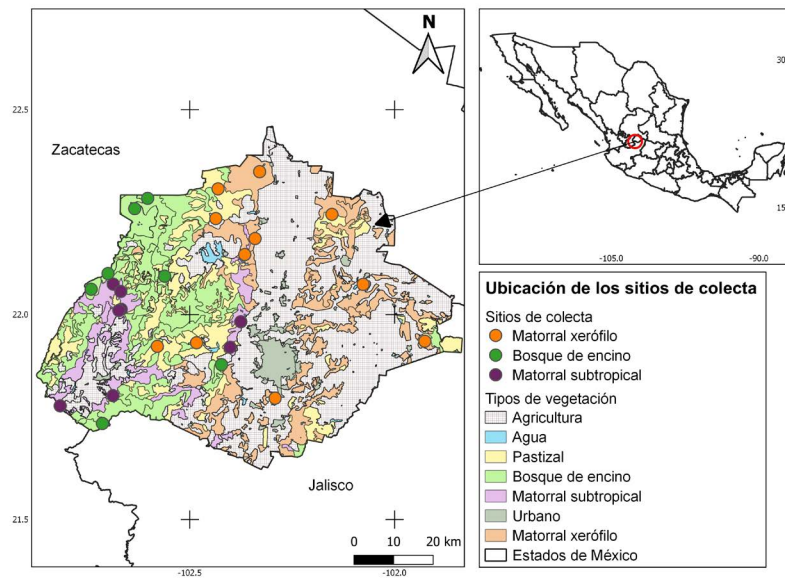


**Figura 2.** Riqueza de especies por sustrato. A) Riqueza relativa de cada familia agrupada por sustrato; B) Especies exclusivas y compartidas por los sustratos.

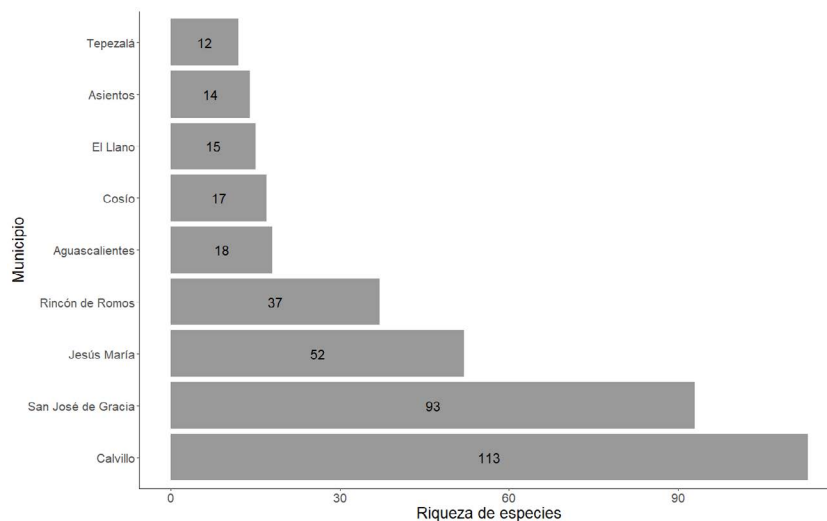


**Figura 3.** Riqueza relativa de especies por forma de crecimiento y sustrato.

## Líquenes de Aguascalientes



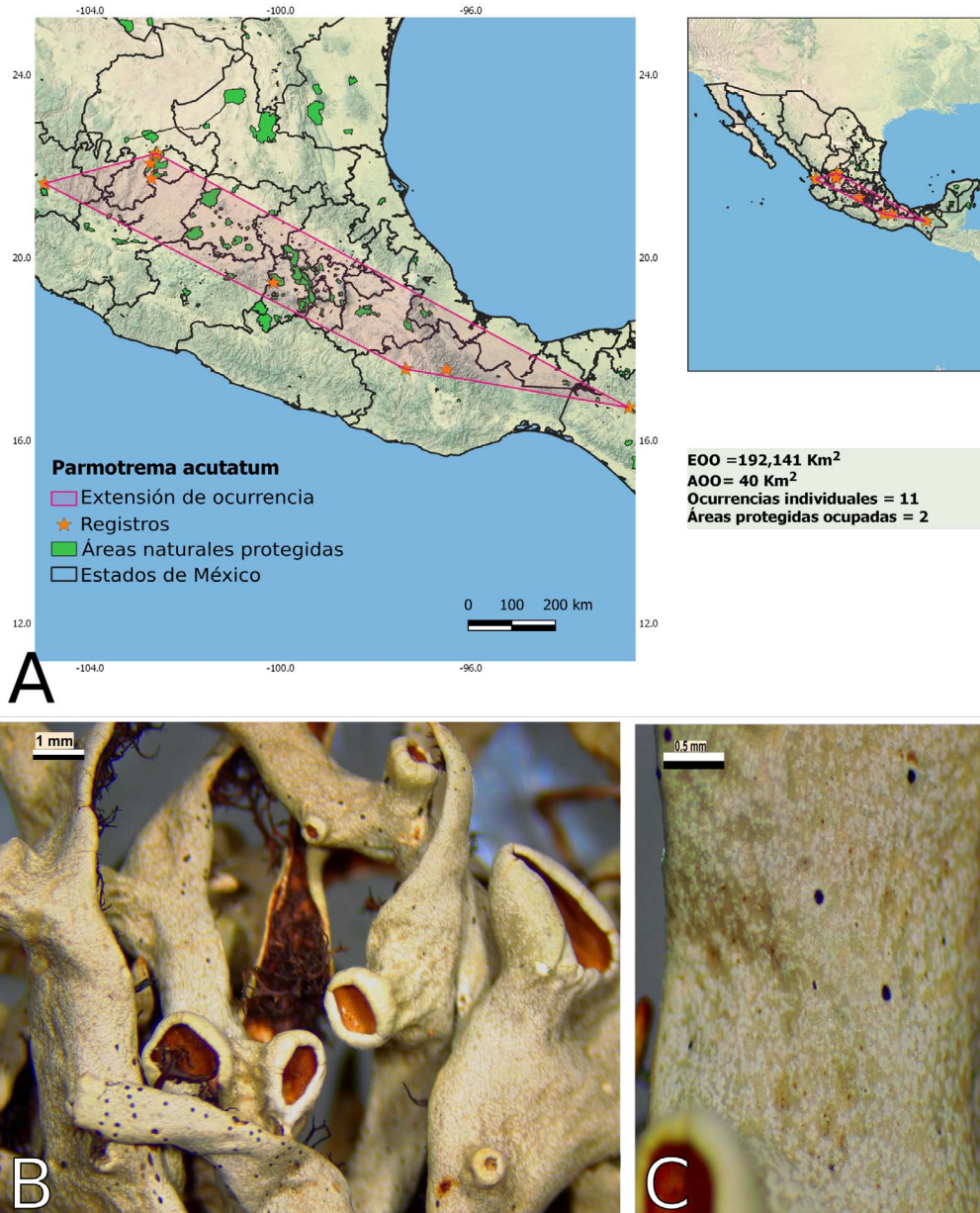
**Figura 4.** Localización de sitios de colecta en el estado de Aguascalientes y los tipos de vegetación registrados.



**Figura 5.** Riqueza de especies de hongos liquenizados por municipio del estado de Aguascalientes.

*Estado de conservación para las especies endémicas de México registradas en Aguascalientes. Parmotrema acutatatum* Kurok.- Talo caracteriza por estar levemente adherido al sustrato y presentar lóbulos irregularmente divididos; generalmente presenta una superficie superior lustrosa, maculada y de color grisáceo, usualmente con apotecios. Apotecios sésiles a subestipitados, margen del mismo color que el talo y disco de color marrón a anaranjado; no presenta estructuras de reproducción asexual; superficie inferior negra con ricinas abundantes. La corteza superior contiene atranorina y chloratranirina (K+ amarillo), mientras la médula presenta ácido salazínico y consalazínico (K+ rojo (cristales en forma de X); P+ anaranjado). Esta especie se encontró frecuentemente en los bosques de encino (*Quercus* spp.) de Aguascalientes y presentó algunos registros en áreas naturales protegidas (ANPs) como la Sierra Fría y la Sierra del





**Figura 6.** Evaluación del estado de conservación para *Parmotrema acutatum*. A) extensión de ocurrencia y área de ocupación para la especie; B) superficie superior e inferior de *P. acutatum*; C) detalle de la superficie superior con abundantes máculas.

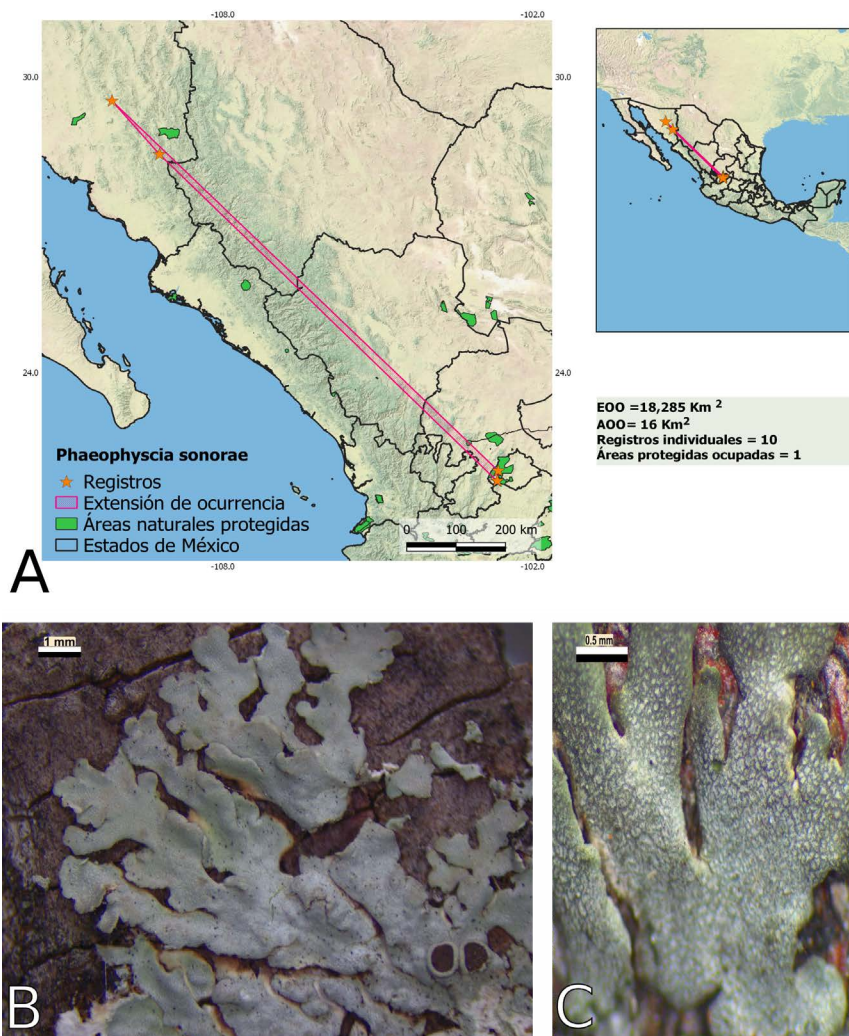
Laurel. Fuera del estado, la especie se conoce de Jalisco, Nayarit, Oaxaca y Estado de México, en donde se presenta en bosques de pino y encino (Herrera-Campos *et al.* 2016), sobre los cuales las principales amenazas son la construcción de vías de transporte y los cambios en el uso del suelo. El EOO = 192,141 km<sup>2</sup> y AOO = 40 km<sup>2</sup> (Figura 6) permiten proponer a esta especie dentro de la categoría de Preocupación Menor (LC), teniendo en cuenta su distribución amplia en el territorio mexicano y su presencia en áreas naturales protegidas.

*Phaeophyscia sonora* Essl.- Talo caracterizado por estar postrado y fuertemente adherido al sustrato. Lóbulos irregularmente divididos arreglados en una disposición orbicular. Superficie superior opaca, grisácea y cubierta por una capa epinecral semejante a pruina. Apotecios generalmente abundantes, con márgenes del mismo color del talo, disco oscuro, estructuras de reproducción asexual ausentes. Superficie inferior de color blanco y con ricinas del



mismo color. Las reacciones químicas fueron negativas tanto en la corteza superior como en la médula. Esta especie solo se había registrado para el estado de Sonora en matorral espinoso (Nash III *et al.* 2004); en Aguascalientes, se registró en los remanentes de selva baja caducifolia y matorral subtropical al suroeste del estado. El EOO = 18,285 km<sup>2</sup> y AOO = 16 km<sup>2</sup> (Figura 7) permiten proponer a la especie dentro de la categoría de Vulnerable (VU) de acuerdo con los criterios B1+2ab (iii), los cuales se relacionan con la disminución en la calidad del hábitat y el número de localidades o subpoblaciones reportadas. En Aguascalientes, sus principales amenazas se relacionan con la reducción de la calidad de hábitat debido a la ampliación de la frontera agrícola y de las áreas de recreación y turismo; para el estado de Sonora, sus amenazas están asociadas a la incidencia de vías de transporte terrestre. Esta categorización se justifica teniendo en cuenta su número reducido de localidades (registros con AOO muy distantes) y su área de ocupación. Sin embargo, si se tiene en cuenta el registro reciente de esta especie en Corea del Sur, se modificaría el EOO (153,887.1 km<sup>2</sup>) y AOO (20 km<sup>2</sup>) de la especie, lo cual refuerza la propuesta de considerarla dentro de la categoría de vulnerable. Esta categoría se mantendría teniendo en cuenta el número bajo de localidades y el valor de AOO.

Adicionalmente, entre las especies identificadas para el estado de Aguascalientes, se registró a *Punctelia caseana* Lendemer & Hodk. que ha sido previamente publicada en la Lista Roja de la UICN en la categoría de Preocupación Menor (LC). Esta categoría deriva de su distribución amplia en México y Estados Unidos.



**Figura 7.** Evaluación estado de conservación para *Phaeophyscia sonorae*. A) extensión de ocurrencia y área de ocupación para la especie; B) superficie superior de *P. sonorae*; C) detalle de la superficie superior con abundante capa epinecral.

## Discusión

Este trabajo establece una perspectiva actualizada del conocimiento de la biota líquénica para el estado de Aguascalientes y sus diferentes tipos de vegetación, al adicionar 162 registros nuevos para el estado. Además, la revisión de ejemplares ya reportados por Miguel-Vázquez *et al.* (2021), permitió identificar a nivel de especie material que se encontraba determinado solamente a nivel de género: *Acarospora strigata* (Martínez-Durón A. 246), *Candelina mexicana* (Ocampo G. 2384), *Heterodermia albicans* (Miguel-Vázquez M. 785), *Leptogium austroamericanum* (Miguel-Vázquez M. 814), *Parmotrema cetratum* (Miguel-Vázquez M. 886), *Parmotrema hypoleucinum* (Miguel-Vázquez M. 807), *Polycauliona impolita* (Martínez-Durón A. 135), *Psorula rufonigra* (Miguel-Vázquez M. 889) y *Xanthoparmelia moctezumensis* (Miguel-Vázquez M. 807). Asimismo, se corrige la determinación y se cambian los nombres a *Flavopunctelia sore dica* (Ocampo G. 2385, 2394), *Leptogium joregensenii* (Simijaca D. 2095) y *Phaeophyscia nashii* (Martínez-Durón A. 219a) a las muestras identificadas previamente como *Leptogium denticulatum*, *Parmotrema austrosinense* y *Physciella chloanta* por Miguel-Vázquez *et al.* (2021), con lo cual se descarta la presencia de dichas especies en el estado de Aguascalientes.

Parmeliaceae y Physciaceae destacan como las familias de mayor riqueza a nivel nacional (Herrera-Campos *et al.* 2014, Córdova-Chávez *et al.* 2016, León-González & Pérez-Pérez 2020). Los líquenes de Aguascalientes siguen la misma tendencia, ya que estas dos familias en conjunto acumulan el 42 % de las especies del listado. Este número aumentó con respecto al reportado por Miguel-Vázquez *et al.* (2021), como resultado de la inclusión de los dos tipos de vegetación adicionales que ofrecen sustratos como *Bursera fagaroides* (Kunth) Engl. (Burseraceae), *Ipomoea murucoides* Roem. & Schult. (Convolvulaceae) y *Manihot caudata* Greenm. (Euphorbiaceae) en el matorral subtropical, además de *Quercus* spp. y algunas coníferas en los bosques de encino.

La inclusión de dos tipos de vegetación adicionales provocó un aumento sustancial en el conocimiento de la riqueza de los sustratos y las formas de crecimiento. En general, las especies epífitas y la forma de crecimiento foliosa mostraron la mayor riqueza. Sin embargo, al discriminar las formas de crecimiento por tipo de sustrato, se observa la dominancia de los talos dimórficos en el suelo y una mejor representación de los talos costrosos sobre las rocas. Estas diferencias en la riqueza pueden relacionarse con la respuesta de los líquenes ante los cambios en las características del sustrato (Giordani *et al.* 2014), pues se reconoce la presencia de estrategias adaptativas de los líquenes costrosos ante los cambios de humedad y escorrentía en diversos ecosistemas (Lakatos *et al.* 2006). Las variaciones en la riqueza de las formas fruticosas y dimórficas pueden asociarse no solo con el sustrato, sino con los estados de sucesión o perturbación de los sitios de muestreo; autores como Koch *et al.* (2013) y Benítez *et al.* (2018) encuentran una fuerte relación entre las formas de crecimiento presentes y eventos de disturbio. Aunque en Aguascalientes no se ha estudiado puntualmente el efecto de la perturbación y sucesión en las comunidades líquénicas, este trabajo representa un marco de referencia para el desarrollo de estudios ecológicos que exploren la afinidad de las comunidades líquénicas por determinados tipos de vegetación, así como la influencia de las variables ambientales en la composición líquénica de cada tipo de vegetación (Simijaca *et al.* datos inéditos).

De acuerdo con Herrera-Campos *et al.* (2014), la región centro-norte de México es la menos conocida en cuanto al estudio de la diversidad líquénica; no obstante, algunos estudios han permitido el enriquecimiento de los listados estatales en esta región e incluso aportaron registros de líquenes nuevos a nivel nacional (Puy-Alquiza *et al.* 2018, Miguel-Vázquez *et al.* 2021). Con la actualización del listado para Aguascalientes, se reportan ahora 218 especies, lo cual disminuye la brecha en cuanto a la exploración de la región centro-norte y de Aguascalientes. También, se brinda información a investigadores y tomadores de decisiones para el establecimiento de políticas públicas que fortalezcan las áreas prioritarias para la conservación del estado que alberguen diversas especies de líquenes.

México cuenta con más de 180 ANPs (CONANP 2022) y se reconocen categorías de amenaza para cerca de 11,620 especies de plantas, animales y hongos (IUCN 2022a). Adicionalmente, existen programas e investigaciones que hacen seguimiento de algunas especies amenazadas (García-Morales *et al.* 2014, Meza-Parral & Pineda 2015), lo que permite una vigilancia y regulación constantes. Sin embargo, los líquenes son elementos escasamente considerados dentro de las estrategias de protección (Allen *et al.* 2019); estos cuentan solo con 12 especies con un estado

de conservación reportado, por lo que su desconocimiento los hace propensos a impactos negativos, como el uso no regulado de las especies de hongos liquenizados (Guzmán-Guillermo *et al.* 2019). En este trabajo, se presenta la evaluación de *Parmotrema acutatum* (Preocupación menor-LC) y *Phaeophyscia sonora* (Vulnerable-VU) mediante el uso del criterio B para la categorización de especies amenazadas (IUCN), la cual se relaciona con la distribución geográfica y el estado de las poblaciones de cada especie. Además, se alienta a que se efectúen ejercicios de evaluación posteriores y basados en monitoreo, que permitan visibilizar a los líquenes y reconocerlos como elementos susceptibles de inclusión en la formulación de políticas públicas.

Con respecto a la categoría sugerida para *Phaeophyscia sonora*, es pertinente evaluar el registro existente para el municipio de Hamyang, provincia de Gyeongsangnam, en Corea del Sur (Wang *et al.* 100376; 35.605 N, 127.660 E; espécimen depositado en el herbario del Korean Lichen Research Institute, Sunchon National University) y la información asociada al mismo. Liu & Hur (2019) ofrecen una descripción morfológica que coincide con la especie, pero no se ofrece material adicional (fotografías, secuencias de ADN) que permita una comparación más precisa. Adicionalmente, se observa disparidad en el tipo de ecosistema en el que se presenta la especie, pues mientras en Corea del Sur está asociada a bosques de *Quercus*, en México está registrada en matorrales espinosos y subtropicales (Nash III *et al.* 2004 y este estudio), sobre árboles de *Acacia* y *Manihot*. Una posibilidad es que el registro de Corea del Sur sea una especie críptica, para cuya diferenciación se requiere un análisis más detallado y el uso de herramientas de biología molecular (Lücking *et al.* 2021). De hecho, el género *Strigula s.l.* es un ejemplo de especies crípticas presentes en el trópico asiático y el neotrópico (Jiang *et al.* 2022). Aún con la posibilidad de que se trate de especies distintas, los registros de *Phaeophyscia sonora* (incluyendo el registro de Corea del Sur) pueden considerarse dentro de la categoría Vulnerable (VU) a nivel global. Lo anterior está apoyado por la separación de sus subpoblaciones y el número bajo de localidades (Criterio D), así como el AOO de 20 km<sup>2</sup> (Criterio B2a). No obstante, en un sentido más estricto y teniendo en cuenta la ausencia de información del tamaño de las poblaciones y su variación en el tiempo (Criterios A y C), también puede considerarse la categoría de Información deficiente (DD), a través de la cual se puede promover la búsqueda de información y el monitoreo de las poblaciones conocidas.

Finalmente, teniendo en cuenta las dificultades para reconocer “individuos” en los talos liquénicos, se concuerda con lo sugerido por Ravera *et al.* (2016), quienes reconocen que se debe ser flexible al superponer la información disponible en la aplicación de los diferentes criterios (A, C y D) para adaptarlos al contexto de las especies liquénicas. Por ejemplo, se pueden utilizar los sustratos (árboles, rocas) como unidades para contar los individuos en cada población.

A través de los listados y de ejemplares herborizados, es posible establecer un marco histórico de la distribución de las especies y detectar impactos persistentes en las poblaciones (Allen *et al.* 2019). Publicar inventarios hace disponible la información de la distribución de las especies en repositorios y bases de datos (Miguel-Vázquez *et al.* 2021). Esto facilita la estandarización e inclusión de dicha información para su uso en los ejercicios de categorización, como el mostrado con *Parmotrema acutatum* y *Phaeophyscia sonora* o algunos otros con impacto nacional y global, como *Punctelia caseana* (Ravera *et al.* 2016, Dietrich *et al.* 2000, IUCN 2022b).

La actualización de la taxonomía de las especies es un aspecto crítico para la evaluación del estado de conservación. Por ejemplo, las investigaciones para desentramar algunos complejos de especies en los géneros *Cora* (Lücking *et al.* 2016) y *Lobariella* (Moncada *et al.* 2013), han contribuido al desarrollo de listas rojas locales (Gaya *et al.* 2021, IAVH 2019) y al reconocimiento de la amenaza crítica sobre *Cora timucua* (Lücking *et al.* 2020). En México, además de *Parmotrema acutatum* y *Phaeophyscia sonora*, se cuenta con más de 100 especies endémicas de líquenes, entre de las cuales *Cora benitoana* y *Cora buapana* carecen de evaluaciones del estado de conservación debido a su hallazgo reciente (Moncada *et al.* 2019). Lo anterior realza la importancia de continuar con estudios taxonómicos para elaborar listas locales, estatales y nacionales de especies que permitan completar registros, verificar vacíos y deficiencias en la identificación de colecciones científicas. Con ello, se podrán promover los ejercicios de categorización que tengan un impacto positivo en la formulación de estrategias y políticas públicas de protección de los hongos liquenizados.



## Agradecimientos

A Julio Martínez por el apoyo logístico en las actividades desarrolladas en el Herbario HUAA. A Rocío González por facilitar el espacio del Laboratorio de Docencia de Biología de la Universidad Autónoma de Aguascalientes para la aplicación de las pruebas químicas. A Fernanda Chávez Samayo por el apoyo en las colecciones de campo durante 2020 y 2021. Al Dr. Frank Bungartz por la corroboración de la identidad de *Phaeophyscia sonora*. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el otorgamiento de la Beca Nacional 762521 para el primer autor y al Centro de Ciencias Básicas y Doctorado en Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Aguascalientes por facilitar los espacios logísticos y académicos para el desarrollo de esta investigación. A tres revisores anónimos por sus comentarios acertados, los cuales mejoraron de manera sustancial el manuscrito.

## Material suplementario

El material suplementario puede consultarse aquí: <https://doi.org/10.17129/botsci.3179>

## Literatura citada

- Aguirre-Acosta E, Ulloa M, Aguilar S, Cifuentes J, Valenzuela R. 2014. Biodiversity of fungi in Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **85**: 76-81. <https://doi.org/10.7550/rmb.33649>
- Allen JL, McMullin RT, Tripp EA, Lendemer JC. 2019. Lichen conservation in North America: a review of current practices and research in Canada and the United States. *Biodiversity and Conservation* **28**: 3103-3138. <https://doi.org/10.1007/s10531-019-01827-3>
- Álvarez I, Guzmán-Dávalos L. 1988 Nuevos registros de líquenes de Jalisco. *Revista Mexicana de Micología* **4**: 89-96.
- Álvarez I, Guzmán-Dávalos L. 2009. *Flavopunctelia* y *Punctelia* (Ascomycetes liquenizados) de Nueva Galicia, México. *Revista Mexicana de Micología* **29**: 15-29.
- Amtoft A, Lutzoni F, Miadlikowska J. 2008. *Dermatocarpon* (Verrucariaceae) in the Ozark Highlands, North America. *The Bryologist* **111**: 1-40. [https://doi.org/10.1639/0007-2745\(2008\)111\[1:DVITOH\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1639/0007-2745(2008)111[1:DVITOH]2.0.CO;2)
- Bárcenas-Peña A, Lücking R, Miranda-Gonzalez R, Herrera-Campos MA. 2014. Three new species of *Graphis* (Ascomycota: Ostropales: Graphidaceae) from Mexico, with updates to taxonomic key entries for 41 species described between 2009 and 2013. *The Lichenologist* **46**: 69-82. <https://doi.org/10.1017/S0024282913000637>
- Benítez A, Aragón G, González Y, Prieto M. 2018. Functional traits of epiphytic lichens in response to forest disturbance and as predictors of total richness and diversity. *Ecological Indicators* **86**: 18-26. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.12.021>
- Brizuela F, Guzmán G. 1971. Estudios sobre los líquenes de México, II. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* **5**: 79-103.
- Brodo IM, Sharnoff SD, Sharnoff S. 2001. *Lichens of North America*. New Haven-Connecticut, United States: Yale University Press. ISBN: 978-0-300-08249-4
- Brodo I, Sharnoff SD, Sharnoff S. 2016. *Keys to lichens of North America: revised and expanded*. New Haven and London: Yale University Press. ISBN: 978-0-300-19573-6
- Bungartz F, Nash TH. 2004. The *Buellia aethalea*-group in the Greater Sonoran Desert Region with reference to similar species in North America. *The Bryologist* **107**: 441-458.
- Carbajal-Márquez R, Quintero-Díaz G. 2016. The Herpetofauna of Aguascalientes, Mexico. *Revista Mexicana de Herpetología* **2**: 1-30.
- Clerc P, Herrera-Campos MA. 1997. Saxicolous Species of *Usnea* Subgenus *Usnea* (Lichenized Ascomycetes) in North America. *The Bryologist* **100**: 281-301. <https://doi.org/10.2307/3244499>
- CNALH. 2022. Consortium of North American Lichen Herbaria. <https://lichenportal.org/cnalh/index.php> (accesed February 22, 2022)

- CONABIO [Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad]. 2008. *Capital natural de México, Vol. I : Conocimiento actual de la biodiversidad*. DF, México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- CONABIO, IMAE [Instituto del Medio Ambiente del Estado, Aguascalientes], UAA [Universidad Autónoma de Aguascalientes]. 2008. *La Biodiversidad en Aguascalientes: Estudio de Estado*. Aguascalientes, México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- CONANP [Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas]. 2022. *Buscador de Datos por Área Natural Protegida*. <http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/> (accessed February 22, 2022)
- Córdova-Chávez O, Castillo-Campos G, Pérez-Pérez RE, García-Franco JG, Cáceres M. 2016. Alpha diversity of lichens associated with *Quercus laurina* in a Mountain Cloud Forest at Cofre de Perote eastern slope (La Cortadura), Veracruz, Mexico. *Cryptogamie, Mycologie* **37**: 193-204. <https://doi.org/10.7872/crym/v37.iss2.2016.193>
- Dauby G, Stévant T, Droissart V, Cosiaux A, Deblauwe V, Simo-Droissart M, Sosef MSM, Lowry PP, Schatz GE, Gereau RE. 2017. ConR: An R package to assist large-scale multispecies preliminary conservation assessments using distribution data. *Ecology and Evolution* **7**: 11292-11303. <https://doi.org/10.1002/ece3.3704>
- Dávalos de Guzmán L, Brizuela F, Guzmán G. 1972. Estudios sobre los líquenes de México. I. Notas sobre algunas especies. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* **19**: 9-30.
- de Souza MF, Aptroot A, Spielmann AA. 2022. Key to *Heterodermia* (Physciaceae, Teloschistales) in Brazil, with 15 new species. *The Lichenologist* **54**: 25-44. <https://doi.org/10.1017/S0024282921000499>
- Dietrich M, Stofer S, Scheidegger C, Frei M, Groner U, Keller C, Roth I, Steinmeier C. 2000. Data sampling of rare and common species for compiling a Red List of epiphytic lichens. *Forest Snow and Landscape Research* **75**: 369-380.
- Ertz D, Huereca A, Salcedo-Martínez SM, Tehler A. 2020. Remarkable cases of parallel evolution of the placodioid thallus growth form in the Lecanographaceae (Arthoniales) with the description of a new species of *Alyxoria* from Mexico. *The Lichenologist* **52**: 415-424. <https://doi.org/10.1017/S0024282920000444>
- García-Morales R, Gordillo-Chávez EJ, Valdez-Leal JD, Pacheco-Figueroa CJ. 2014. Las áreas naturales protegidas y su papel en la conservación de los murciélagos del estado de Tabasco, México. *Therya* **5**: 725-736. <https://doi.org/10.12933/therya-14-217>
- Gaya E, Vasco-Palacios AM, Vargas-Estupiñán N, Lücking R, Carretero J, Sanjuan T, Moncada B, Allkin B, Bolaños-Rojas AC, Castellanos-Castro C, Coca LF, Corrales A, Cossu T, Davis L, dSouza J, Dufat A, Franco-Molano AE, García F, Gómez-Montoya N, González-Cuellar FE, Hammond D, Herrera A, Jaramillo-Ciro MM, Lasso Benavides C, Mira MP, Morley J, Motato-Vásquez V, Niño-Fernández Y, Ortiz-Moreno ML, Peña-Cañón ER, Ramírez-Castrillón M, Rojas T, Ruff J, Simijaca D, Sipman HJM, Soto-Medina E, Torres G, Torres-Andrade PA, Ulian T, White K, Diazgranados M. 2021. *ColFungi: Colombian resources for Fungi Made Accessible*. Royal Botanic Gardens Kew. <https://doi.org/10.34885/8yvp-z538>
- GBIF. 2022. Global Biodiversity Information Facility. [https://www.gbif.org/occurrence/search?occurrence\\_status=present&q=](https://www.gbif.org/occurrence/search?occurrence_status=present&q=) (accessed February 22, 2022)
- Giordani P, Incerti G, Rizzi G, Rellini I, Nimis PL, Modenesi P. 2014. Functional traits of cryptogams in Mediterranean ecosystems are driven by water, light and substrate interactions. *Journal of Vegetation Science* **25**: 778-792. <https://doi.org/10.1111/jvs.12119>
- Guzmán G. 1998. Inventorying the fungi of Mexico. *Biodiversity and Conservation* **7**: 369-384. <https://doi.org/10.1023/A:1008833829473>
- Guzmán-Guillermo J, Barrera-Bernal C, Cárdenas-Mendoza K. 2019. Utilización de líquenes como adornos navideños en la región de Xalapa, Veracruz, México. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan* **7**: 106-112. <https://doi.org/10.47808/revistabioagro.v7i1.166>
- Hawksworth D. 2001. The magnitude of fungal diversity: The 1.5 million species estimate revisited. *Mycological Research* **105**: 1422-1432. <https://doi.org/10.1017/S0953756201004725>
- Herrera-Campos MA, Clerc P, Nash TH. 1998. Pendulous Species of *Usnea* from the Temperate Forests in Mexico. *The Bryologist* **101**: 303-329. <https://doi.org/10.2307/3244208>

- Herrera-Campos MA, Colín P, Bárcenas-Peña A, Lücking R. 2004. Foliicolous lichen flora of Mexico. III. New species from Volcan San Martin Tuxtla (Sierra de Los Tuxtlas), Veracruz, with notes on *Fellhanera santessonii*. *Phyton* **44**: 167-183.
- Herrera-Campos MA, Huhndorf S, Lücking R. 2005. The foliicolous lichen flora of Mexico IV: a new, foliicolous species of *Pyrenothrix* (Chaetothyriales: Pyrenothrichaceae). *Mycologia* **97**: 356-361. <https://doi.org/10.1080/15572536.2006.11832812>
- Herrera-Campos MA, Lücking R. 2002. The foliicolous lichen flora of Mexico. I. New species from Los Tuxtlas Tropical Biology Station, Veracruz. *The Lichenologist* **34**: 211-222. <https://doi.org/10.1006/lich.2002.0397>
- Herrera-Campos MA, Lücking R. 2003. The foliicolous lichen flora of Mexico II. New species from the montane forest in Oaxaca and Puebla. *The Bryologist* **106**: 1-8. [https://doi.org/10.1639/0007-2745\(2003\)106\[0001:TFLFOM\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1639/0007-2745(2003)106[0001:TFLFOM]2.0.CO;2)
- Herrera-Campos MA, Lücking R, Pérez-Pérez RE, Miranda-González R, Sánchez N, Barcenas-Peña A, Carrizosa A, Zambrano A, Ryan B, Nash T. 2014. Biodiversidad de líquenes en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **85**: 82-99. <https://doi.org/10.7550/rmb.37003>
- Herrera-Campos MA, Pérez-Pérez RE, Nash III TH. 2016. *Lichens of Mexico: The Parmeliaceae: Keys, Distribution and Specimen Descriptions*. Stuttgart, Germany: J. Cramer in Borntaege Science Publishers. ISBN: 978-3-443-58089-6
- IAVH [Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt]. 2019. Información Biológica, Ecológica, de uso y conservación de especies de líquenes priorizadas en Colombia. [http://i2d.humboldt.org.co/ceiba/resource.do?r=fichas\\_liquenes\\_2019](http://i2d.humboldt.org.co/ceiba/resource.do?r=fichas_liquenes_2019) (accessed February 24, 2022)
- Index Fungorum. 2022. <http://www.indexfungorum.org/names/names.asp> (accessed June 13, 2022)
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía]. 2017. Uso del suelo y vegetación, escala 1:250000, serie VI. 14 de diciembre de 2017. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> (accessed October 12, 2020)
- IUCN [International Union for Conservation]. 2022a. *IUCN Red list of threatened species*. <https://www.iucnredlist.org/> (accessed February 22, 2022)
- IUCN [Standards and Petitions Committee]. 2022b. *Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria*. IUCN, International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. <https://www.iucnredlist.org/resources/redlistguidelines> (accessed February 22, 2022)
- Jiang SH, Lücking R, Liu HJ, Wei XL, Xavier-Leite AB, Portilla CV, Ren Q, Wei JC. 2022. Twelve New Species Reveal Cryptic Diversification in Foliicolous Lichens of *Strigula* s.lat. (Strigulales, Ascomycota). *Journal of Fungi* **8**:2-30. <https://doi.org/10.3390/jof8010002>
- Kitaura MJ, Koch NM, Lucheta F, Käffer MI, Schmitt JL, Pedroso J, Martins SA, Rodrigues AS, Canêz LS. 2019. A new species and new records of *Leptogium* (Ach.) Gray (Collemales, Peltigerales) from Rio Grande do Sul State with an identification key for the genus. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* **91**(1): 1-26. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201920180313>
- Koch NM, Martins S, Lucheta F, Müller SC, de Azevedo Martins SM, Lucheta F, Müller SC. 2013. Functional diversity and traits assembly patterns of lichens as indicators of successional stages in a tropical rainforest. *Ecological Indicators* **34**: 22-30. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.04.012>
- Lakatos M, Rascher U, Büdel B. 2006. Functional characteristics of corticolous lichens in the understory of a tropical lowland rain forest. *New Phytologist* **172**: 679-695. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01871.x>
- León-González D, Pérez-Pérez RE. 2020. Líquenes epífitos en *Juniperus flaccida* Schtdl. (Cupressaceae)- Componente importante de los bosques templados de Oaxaca, México. *Acta Biologica Colombiana* **25**: 235-245. <https://doi.org/10.15446/abc.v25n2.77238>
- Liu D, Hur JS. 2019. Revision of the lichen genus *Phaeophyscia* and allied atranorin absent taxa (Physciaceae) in South Korea. *Microorganisms* **7**: 242-265. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7080242>
- Löhmus A, Suija A, Löhmus P. 2013. Intensive local surveys can complement rapid survey techniques to provide insights into the population size and ecology of lichenised fungi. *Fungal Ecology* **6**: 449-452. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2013.05.002>



- Lücking R. 2020. Three challenges to contemporaneous taxonomy from a lichen-mycological perspective. *Megataxa* **1**: 78-103. <https://doi.org/10.11646/megataxa.1.1.16>
- Lücking R, Dal Forno M, Moncada B, Coca LF, Vargas-Mendoza LY, Aptroot A, Arias L, Besal B, Bungartz F, Cabrera-Amaya D, Cáceres M, Chavez J, Eliasaro S, Gutiérrez M, Hernández J, Herrera-Campos MA, Holgado-Rojas M, Jonitz H, Kukwa M, Lucheta F, Madriñan S, Marcelli M, Martins S, Mercado-Díaz J, Molina J, Morales E, Nelson P, Nugra F, Ortega F, Paredes T, Patiño A, Peláez-Pulido RN, Pérez-Pérez RE, Perlmutter G, Rivas-Plata E, Robayo J, Rodríguez C, Simijaca D, Soto E, Spielmann A, Suárez-Corredor A, Torres J, Vargas C, Yáñez-Ayabaca A, Weerakoon G, Wilk K, Celis M, Diazgranados M, Brokamp G, Borsch T, Gillevet P, Sikaroodi M, Lawrey J. 2016 Turbo-taxonomy to assemble a megadiverse lichen genus: seventy new species of *Cora* (Basidiomycota: Agaricales: Hygrophoraceae), honouring David Leslie Hawksworth's seventieth birthday. *Fungal Diversity* **84**: 139-207. <https://doi.org/10.1007/s13225-016-0374-9>
- Lücking R, Kaminsky L, Perlmutter GB, Lawrey JD, Dal Forno M. 2020. *Cora timucua* (Hygrophoraceae), a new and potentially extinct, previously misidentified basidiolichen of Florida inland scrub documented from historical collections. *Bryologist* **123**: 657-673. <https://doi.org/10.1639/0007-2745-123.4.657>
- Lücking R, Leavitt SD, Hawksworth DL. 2021. Species in lichen-forming fungi: Balancing between conceptual and practical considerations, and between phenotype and phylogenomics. *Fungal Diversity* **109**: 99-154. <https://doi.org/10.1007/s13225-021-00477-7>
- Lumbsch HT, Ahti T, Altermann S, De Paz GA, Aptroot A, Arup U, Peña AB, Bawingan PA, Benatti MN, Betancourt L. 2011. One hundred new species of lichenized fungi: a signature of undiscovered global diversity. *Phytotaxa* **18**: 1-127. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.18.1.1>
- Martínez-Calderón V, Siqueiros-Delgado M, Martínez-Ramírez J. 2017. Checklist of the genus *Quercus* (Fagaceae) of Aguascalientes, México. *Check List* **13**: 1-22. <https://doi.org/10.15560/13.1.2045>
- Meza-Parral Y, Pineda E. 2015. Amphibian diversity and threatened species in a severely transformed neotropical region in Mexico. *Plos one* **10**: 1-14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121652>
- Miguel-Vázquez M, Simijaca D, Pérez-Pérez RE, Ocampo G. 2021. Lichenized fungi of the arid zones of central Mexico: new records for the country and the state of Aguascalientes. *Sydowia* **74**: 15-31. <https://doi.org/10.12905/0380.sydowia74-2021-0015>
- Miranda-González R, Lücking R, Barcenás-Peña A, Herrera-Campos MA. 2020. The new genus *Jocatoa* (Lecanoromycetes: Graphidaceae) and new insights into subfamily Redonographoideae. *The Bryologist* **123**: 127-143. <https://doi.org/10.1639/0007-2745-123.2.127>
- Mittermeier RA, Goetsch-Mittermeier C, Robles Gil P. 1997. *Megadiversidad: los países biológicamente más ricos del mundo*. DF, México: Cemex-Agrupación Sierra Madre. ISBN: 978-968-6397-49-9
- Moncada B, Lücking R, Betancourt-Macuase L. 2013. Phylogeny of the Lobariaceae (lichenized Ascomycota: Peltigerales), with a reappraisal of the genus *Lobariella*. *The Lichenologist* **45**: 203-263. <https://doi.org/10.1017/S0024282912000825>
- Moncada B, Pérez-Pérez RE, Lücking R. 2019. The lichenized genus *Cora* (Basidiomycota: Hygrophoraceae) in Mexico: high species richness, multiple colonization events, and high endemism. *Plant and Fungal Systematics* **64**: 393-411. <https://doi.org/10.2478/pfs-2019-0026>
- Mongkolsuk P, Meesim S, Poengsungnoen V, Buaruang K, Schumm F, Kalb K. 2015. The lichen family Physciaceae in Thailand-II. Contributions to the genus *Heterodermia* sensu lato. *Phytotaxa* **235**: 1-66. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.235.1.1>
- Nash III TH, Ryan B, Diederich P, Gries C, Bungartz F. 2004. *Lichen flora of the greater Sonoran desert region, Vol II*. Tempe, United States: Lichens Unlimited, Department of Plant Biology, Arizona State University. ISBN: 978-0-97167591-9
- Nash III TH, Ryan B, Diederich P, Gries C, Bungartz F. 2007. *Lichen flora of the greater Sonoran desert region, Vol III*. Tempe, United States: Lichens Unlimited, Department of Plant Biology, Arizona State University. ISBN: 978-0-97-167590-2

- Nash III TH, Ryan B, Gries C, Bungartz F. 2002. *Lichen flora of the greater Sonoran desert region, Vol I*. Tempe, United States. Lichens Unlimited, Department of Plant Biology, Arizona State University. ISBN: 9780971675902
- Pardavé-Díaz L, Robledo-Cortés M, Ruiz-Esparza V, Flores-Pardavé L. 2007. Contribución al conocimiento de los hongos (macromicetos) de la Sierra Fría, Aguascalientes. *Investigación y Ciencia* **15**: 4-12.
- Protected Planet 2022. The World Database on Protected Areas (WDPA). <https://www.protectedplanet.net/en/thematic-areas/wdpa?tab=WDPA> (accessed February 9, 2022).
- Puy-Alquiza MJ, Gómez-Peralta M, Reyes-Zamudio V, Gregorio-Cipriano MDR, Miranda-Avilés R, Ríos-Ureña DN, Cortés-Hernández V. 2018. Diversidad de macrolíquenes saxícolas en México: caso de estudio del distrito minero de Guanajuato. *Acta Botanica Mexicana*: **123**: 37-50. <https://doi.org/10.21829/abm123.2018.1246>
- QGIS Development Team. 2016. *QGIS geographic information system*. Open Source Geospatial Foundation Project.
- Ramamoorthy TP, Bye R, Lot A, Fa J. 1993. *Biological Diversity of Mexico. Origins and Distribution*. Nueva York, United States: Oxford University Press. ISBN: 9780195066746
- Ravera S, Isocrono D, Nascimbene J, Giordani P, Benesperi R, Tretiach M, Montagnani C. 2016. Assessment of the conservation status of the mat-forming lichens *Cladonia* subgenus *Cladina* in Italy. *Plant Biosystems* **150**: 1010-1022. <https://doi.org/10.1080/11263504.2014.1000422>
- Robert V, Stegehuis G, Stalpers J. 2005. The MycoBank engine and related databases. <https://www.MycoBank.org/> (accessed June 9, 2022)
- Ryan B, Nash III TH, Herrera-Campos MA. 1996. Catalog of the Lichens and Lichenicolous Fungi of Mexico. <http://lichen.la.asu.edu> (accessed February 22, 2022).
- Ryan B, Nash III TH, Herrera-Campos MA, Hafellner J, Lumbsch HT, Moberg R, Tibell L, Ahti T, Sipman HJM, Breuss O. 2000. New records of lichens from Mexico. *Nova Hedwigia* **70**: 79-106. <http://dx.doi.org/10.1127/nova.hedwigia/70/2000/79>
- Ryan B, Bungartz F, Nash III TH. 2002. Introduction- Morphology and anatomy of the lichen thallus, *In*: Nash III TH, Ryan B, Gries C, Bungartz F. eds., *Lichen flora of the Greater Sonoran Desert*. Tempe, United States: Lichens Unlimited, Department of Plant Biology, Arizona State University. p. 8-24. ISBN: 9780971675902
- Sarukhán J, Koleff P, Carabias J, Soberón J, Dirzo R, Llorente-Bousquets J, Halffter G, González R, March I, Mohar A, Anta S, de la Maza J. 2009. *Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad*. DF, México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. ISBN: 978-607-8570-02-7
- Sipman HJM. 1998. Provisional checklist for the lichens of Chiapas. *Acta Botanica Mexicana*: **45**: 1-29. <https://doi.org/10.21829/abm45.1998.808>
- Siqueiros-Delgado ME, Rodríguez-Avalos JA, Martínez-Ramírez J, Sierra-Muñoz JC. 2016. Situación actual de la vegetación del estado de Aguascalientes, México. *Botanical Sciences* **94**: 455-470. <https://doi.org/10.17129/botsci.466>
- Valenzuela R. 2014. Estado del conocimiento y conservación de los hongos en México. *In*: CONABIO. ed. *Quinto Informe Nacional de México ante el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB)*. DF, México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad pp. 175-177. ISBN: 978-607-8328-13-0

---

**Editor de sección:** Monserrat Vázquez Sánchez

**Contribuciones de los autores:** DS revisó las colecciones de herbario, realizó el análisis de datos y el primer borrador del artículo. REPP corroboró la identidad taxonómica de los ejemplares. JEM revisó el análisis de datos. GO realizó recolección de material líquénico para la colección de líquenes del Herbario HUAA. Todos los autores revisaron el borrador, contribuyeron con modificaciones y aprobaron la versión final.