



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

DIVERSIDAD DE LÍQUENES CORTÍCOLAS DE UN
REMANENTE DE BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA EN
LA RESERVA ECOLÓGICA LA CORTADURA, COATEPEC,
VERACRUZ.

Tesis que para obtener el título de
LICENCIADA EN BIOLOGÍA

PRESENTA:

MARÍA JOSÉ ZÁRATE GUTIÉRREZ

DIRECTORA: DRA. ROSA EMILIA PÉREZ PÉREZ

CO-DIRECTOR: DR. GONZALO CASTILLO CAMPOS

DICIEMBRE 2020



DEDICATORIA

*A **mamá** y **papá**, por ser el aire que ha impulsado a mis alas a volar todos los cielos que he recorrido, por tener siempre palabras de aliento y motivación en mis fracasos y por ser los primeros en gritar de emoción cuando logro mis metas. No me alcanzará mi vida para agradecerlo. A ustedes todo mi amor, respeto y admiración siempre.*

*A **Dul**, **Ana** y **Pau**, por ser mis compañeras de vida y mis más grandes ejemplos de fuerza y valentía, las amo.*

*A los **Gutiérrez**, por todo el apoyo brindado para que pudiera llegar hasta aquí.*

Todos mis logros, son suyos también.

Gracias por creer en mí.

AGRADECIMIENTOS

A la **Dra. Rosa Emilia**, por abrirme las puertas de su laboratorio y compartir conmigo su conocimiento y pasión sobre el maravilloso mundo de los líquenes, pero sobre todo, por ser maestra, consejera, amiga y mamá de las pollitas cuando lo necesitamos. G R A C I A S por todo el apoyo brindado estos años.

Al **Dr. Gonzálo Castillo**, por el apoyo y financiamiento para que este proyecto pudiera llevarse a cabo.

A los **Doctores Bibiana Moncada, Robert Lücking y Harrie J. M. Sipman**, por el apoyo brindado en la identificación del material y por compartir conmigo su espacio y valioso tiempo.

A mis compañeras y amigas de laboratorio las chicas Liquenizadas **Gaby, Dany, Xitla y Becko**, por engordar juntas, por las películas y todos los buenos momentos llenos de risas, pero sobre todo por acogerme en el equipo desde el primer día y compartir los conocimientos que juntas aprendimos sobre la marcha. “Los líquenes me dieron algo más que una meta, una amistad increíble”.

A mis amigos In-vertebrados **Jany, Ana, Fridita, Sarita y Osmi**, por todos estos años (sí, lo digo por ti Jany) llenos de risas y buenos ratos, por sus consejos y por seguir haciendo que la vida sea más amena a su lado. Quiero aplaudir sus éxitos y animar sus derrotas muchos años más, los quiero siempre.

A **Dey, Mon y Charly** por siempre estar ahí echándome porras, por ser compañeros de toda clase de aventuras y por todo lo que me han enseñado. No hay palabras que no les haya dicho antes que describan lo agradecida que estoy por tenerlos en mi vida. Que sus alas sean tan grandes como su corazón y su vuelo tan alto como su ser.

Índice	
Resumen	9
Introducción	10
Antecedentes	15
<i>Líquenes de los BMM en México</i>	15
<i>Líquenes del BBM de Veracruz</i>	16
Hipótesis	18
Objetivo General	18
Objetivos Específicos	18
Meterial y Métodos	19
<i>Área de estudio</i>	19
<i>Trabajo de campo</i>	20
<i>Trabajo de laboratorio</i>	20
<i>Análisis estadísticos</i>	24
Resultados	25
Forofitos	25
Comunidad liquénica.....	28
<i>Riqueza liquénica presente en forofitos</i>	28
<i>Riqueza liquénica presente en cuadros</i>	32
<i>Composición de la comunidad liquénica presente en el remanente de BMM en La Reserva Ecológica La Cortadura, Coatepec</i>	35
Discusión	50
Conclusión	53
Referencias bibliográficas	54

Índice de Figuras

- Figura 1.** Formas de crecimiento de los líquenes y algunos géneros que las representan: Foliosos: A) *Sticta*, B) *Parmotrema*. Fruticosos: C) *Teloschistes*, D) *Ramalina*. Costrosos: E) *Lecanora*, F) *Tephromela*. Compuesto: G-H) *Cladonia* (Fotos: R. E. Pérez-Pérez) 12
- Figura 2.** Ubicación geográfica de los cuadrantes en donde se llevó a cabo la recolecta (puntos amarillos) en el remanente de bosque mesófilo de montaña de la Reserva Ecológica La Cortadura, Coatepec, Veracruz. 19
- Figura 3.** Algunos de los caracteres químicos y anatómicos que se consideran en la identificación de líquenes foliosos. Pruebas de tinción con K: A) Médula negativo y corteza positivo amarillo, B) Médula positivo rojo. Respuesta a la luz ultravioleta: C) Reacción negativa, D) Reacción positiva. Caracteres morfológicos y anatómicos: E) Lóbulo rotundo, F) Lóbulo crenado, G) Ricinas simples, H) Ricinas bifurcadas, I) Ricinas escurrasas. 22
- Figura 4.** Cortes de los ascomas que revelan algunos de los caracteres importantes para la identificación de los líquenes costrosos. A) Apotecio lecideino, B) Apotecio lecanorino, C) Himenio claro, D) Himenio insperso, E) Espora simple, F) Espora uniseptada, G) Espora fusiforme, H) Espora muriforme (Dibujos de los apotecios tomadas de Bungartz *et al.*, 2000). 23
- Figura 5.** Gráfico de caja y bigotes donde se muestra la distribución de las variables A) altura y B) DAP de los forofitos presentes en cada cuadro muestreado en el remanente de BMM de La Cortadura, Coatepec, Veracruz. 26
- Figura 6.** Gráfico de caja y bigotes donde se presenta la distribución de las variables A) altura y B) DAP entre las especies de forofitos muestreadas en el remanente de BMM de La Cortadura, Coatepec, Veracruz..... 27
- Figura 7.** Gráfico de barras donde se muestra la riqueza de especies por familia recolectadas durante el muestreo. 28
- Figura 8.** Curva de acumulación de especies de hongos liquenizados en las diferentes especies de forofitos muestreados. 29

Figura 9. Dendrograma obtenido a partir del análisis de conglomerados de dos vías correspondiente a las especies de líquenes vs forofitos; en color amarillo se señalan los líquenes que fueron únicos en un forofito y de color azul se muestran las que se compartieron en más forofitos a la vez.....	29
Figura 10. Curva de acumulación de especies de hongos liquenizados en los diferentes cuadros muestreados	32
Figura 11. Dendrograma obtenido a partir del análisis de conglomerados de doble vía, correspondiente a especies de líquenes vs cuadros; de color amarillo se señalan las especies únicas y de color azul las especies que estuvieron en 6 cuadros a la vez.....	33
Figura 12. Riqueza de especies de acuerdo a las formas de crecimiento que presentaron los líquenes recolectados en el remanente de BMM de La Reserva Ecológica, la Cortadura, Coatepec, Veracruz.....	42
Figura 13. Líquenes foliosos y fruticosos encontrados en la zona de muestreo. A) <i>Parmeliopsis cf. hyperopta</i> , B) <i>Heterodermia linearis</i> , C) <i>Punctelia hypoleucites</i> , D) <i>Hypotrachyna vexans</i> , E) <i>Parmotrema mellisii</i> , F) <i>Leptogium azureum</i> , G) <i>Peltigera cf. austroamericana</i> , H) <i>Ramalina</i> grupo apoteciado.	43
Figura 14. Líquenes costrosos. Las fotografías del lado izquierdo muestran los talos y en el lado derecho sus esporas: A) <i>Lecanora argentata</i> , B) <i>Malmidea hypomela</i> , C) <i>Fellhanera subtilis</i> , D) <i>Megalaria versicolor</i>	44
Figura 15. Líquenes costrosos. Las fotografías del lado izquierdo muestran los talos y en el lado derecho sus esporas: A) <i>Anisomeridium leptospermum</i> , B) <i>Coenogonium luteum</i> , C) <i>Phlyctis psoromica</i> , D) <i>Porina heterospora</i>	45
Figura 16. Líquenes costrosos. Las fotografías del lado izquierdo muestran los talos y en el lado derecho sus esporas: A) <i>Thelotrema suecicum</i> , B) <i>Platygramme caesiopruinosa</i> , C) <i>Fissurina triticea</i> , D) <i>Chapsa leprocarpa</i>	46
Figura 17. Líquenes costrosos. Las fotografías del lado izquierdo muestran los talos y en el lado derecho sus esporas: A) <i>Graphis elegans</i> , B) <i>Graphis anfractuosa</i> , C) <i>Allographa mexicana</i> , D) <i>Allographa striatula</i>	47

Figura 18. Líquenes costrosos. Las fotografías del lado izquierdo muestran los talos y en el lado derecho sus esporas: A) *Graphis subtenella*, B) *Graphis opegraphoides*, C) *Graphis dupaxana*, D) *Graphis tsunodae*..... 48

Figura 19. Líquenes costrosos. Las fotografías del lado izquierdo muestran los talos y en el lado derecho sus esporas: A) *Graphis vitata*, B) *Phaeographis atromaculata*, C) *Phaeographis dendritica*, D) *Pyrenula complanata* 49

Índice de Tablas

Tabla 1. Valores promedio de las variables altura y DAP de los géneros de forofitos muestreados en los cuadrantes.....	25
Tabla 2. Resultados de los análisis de similitud entre las especies de forofitos muestreados en la Reserva Ecológica, La Cortadura, Coatepec, Veracruz. En el parte superior de la diagonal se muestra el valor de similitud de Sørensen, mientras que en el inferior se registra el número de especies compartidas entre forofitos.....	30
Tabla 3. Resultados de los análisis de similitud entre cuadros muestreados en la Reserva Ecológica, La Cortadura, Coatepec, Veracruz. En el parte superior de la diagonal se muestra el valor de similitud de Sørensen, mientras que en el inferior se registra el número de especies compartidas entre cuadros.	33
Tabla 4. Lista de especies presentes en el área muestreada del bosque mesófilo de montaña de la Reserva Ecológica La Cortadura, Coatepec, Veracruz.....	35

Resumen

El bosque mesófilo de montaña (BMM) resguarda cerca del 10-12% del total de la flora del país. Se estima que en México, menos del 1% del territorio está ocupado por BMM y solo el 5% de esas áreas se encuentra bajo algún tipo de protección. Entre los organismos con más abundancia y riqueza de especies en los BMM, están las epífitas donde destacan los líquenes cortícolas. Su dispersión, establecimiento y colonización se ve influenciada por los distintos árboles en los que se desarrollan; debido a que, en los BMM existe una gran variedad de forofitos se espera encontrar diferencias en la composición de la liquenobiota entre los forofitos muestreados. Se trazaron 10 cuadrantes de $10 \times 10 \text{ m}^2$, donde se seleccionaron todos los forofitos que tuvieran un DAP $> 20 \text{ cm}$ y se les midió la altura; se hicieron dos tipos de muestreo, en el primero se muestreó sobre los forofitos seleccionados y, en el segundo se hizo una recolecta general en todos los sustratos disponibles, esto último para tener un listado lo más completo de la flora líquénica del sitio. Se analizó la distribución de las variables de DAP y altura de los forofitos con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, la similitud líquénica entre forofitos y entre cuadrantes se estudió con el índice de similitud de Sørensen, asimismo, se aplicó un Análisis de Conglomerados de dos vías. Los análisis se realizaron en los paquetes estadísticos STATISTICA 6.0®, PC-ORD 7.0® y Excel 2013. Los resultados de la prueba Kruskal Wallis entre cuadros, mostraron diferencias significativas en la variable altura; mientras que, entre forofitos tanto altura como DAP fueron significativas. Con respecto a la similitud líquénica entre forofitos; ésta fue mayor entre *A. acuminata* subsp. *arguta* y *C. mexicana*; mientras que los cuadros que presentaron mayor similitud fueron el 5 y 6 con *Parmotrema mellisii* como las especie de hongo liquenizado más abundante en el cuadro 5 y 6. La comunidad líquénica esta compuesta por 133 especies, 46 géneros, 26 familias y 12 órdenes donde se encuentran seis probables nuevas especies y un género nuevo. Estos resultados permiten reconocer que a pesar de los diversos estudios que se han llevado en el BMM de La Reserva Ecológica de La Cortadura, Coatepec, Veracruz, aún falta mucho recolectar e identificar.

Palabras clave: Liquenobiota, Riqueza, Bosque mesófilo.

Introducción

El bosque mesófilo de montaña (BMM), se caracteriza por ser una mezcla entre elementos tropicales de montaña y elementos típicamente boreales, cuenta con un clima húmedo y a la vez fresco que hace que ningún otro tipo de vegetación en México tenga una diversidad de especies vegetales tan alta como este al resguardar cerca del 10-12% del total de la flora del país, ya que, gracias a la heterogeneidad del medio físico en el cual se encuentran, tienen una alta tasa de endemismos (Rzedowski, 1996; Villaseñor, 2010). Se estima que en México, menos del 1% del territorio está ocupado por BMM y solo el 5% de esas áreas se encuentra bajo algún tipo de protección (CONABIO, 2010; López-Arce *et al.*, 2019).

Entre los géneros de árboles cuantitativamente más importantes se encuentran *Hedyosmum*, *Miconia*, *Liquidambar*, *Clethra*, *Styrax*, *Pinus* y *Quercus*, dentro de los cuales se encuentran especies que son nativas del centro de México (Willim-Linera *et al.*, 2013; Gual-Díaz y Rendón-Corona, 2014); así mismo, entre los organismos con más abundancia y riqueza de especies, están las epífitas donde destacan las briófitas, pteridofitas y líquenes (Ingram y Nadkarn, 1993; Gehrig-Downie *et al.*, 2011).

Los líquenes están clasificados dentro del Reino Fungi en los phyla Ascomycota y Basidioycota (Lücking *et a.*, 2016); son considerados organismos resultado de una simbiosis mutualista ecológicamente obligada y estable entre un micobionte (hongo) y uno o más fotobiontes (ya sea un alga y/o cianobacteria), donde los participantes se benefician mutuamente, lo que hace que la relación que guardan entre ellos sea tan íntima que se comporten y reproduzcan como un organismo distinto a sus componentes en vida libre (Nash III, 1996; Hawksworth, 2002; Herrera-Campos *et al.*, 2014).

De acuerdo al fotobionte que participa en la simbiosis, los líquenes se pueden clasificar en cianolíquenes, es decir, que tienen como fotobionte a cianobacterias (p. ej. *Nostoc* y *Scytonema*) o clorolíquenes, cuando tienen un fotobionte algal (principalmente del género *Trebouxia* y *Trentepohlia*) (Lücking *et al.*, 2009). En el

crecimiento y diferenciación del líquen, el fotobionte va a estimular al micobionte a formar un talo diferenciado; sin embargo, la apariencia del talo líquénico va a estar determinada por el micobionte; por lo tanto, los líquenes también se pueden clasificar considerando sus formas de crecimiento en foliosos, fruticosos, costrosos y compuestos (Nash III *et al.*, 2002; Lücking *et al.*, 2009; Herrera-Campos *et al.*, 2014) (Figura 1). Con respecto a la reproducción, esta puede ser asexual, por medio de conidiomas (picnidios, campilidios e hifóforos) y/o propágulos vegetativos (isidios, soledios y/o soralios), o bien sexual, esta es por la producción de cuerpos fructíferos (apotecio, lirelas, peritecio o basidiomas), en los cuales se encuentran las esporas (Purvis, 2000; Nash III *et al.*, 2002).

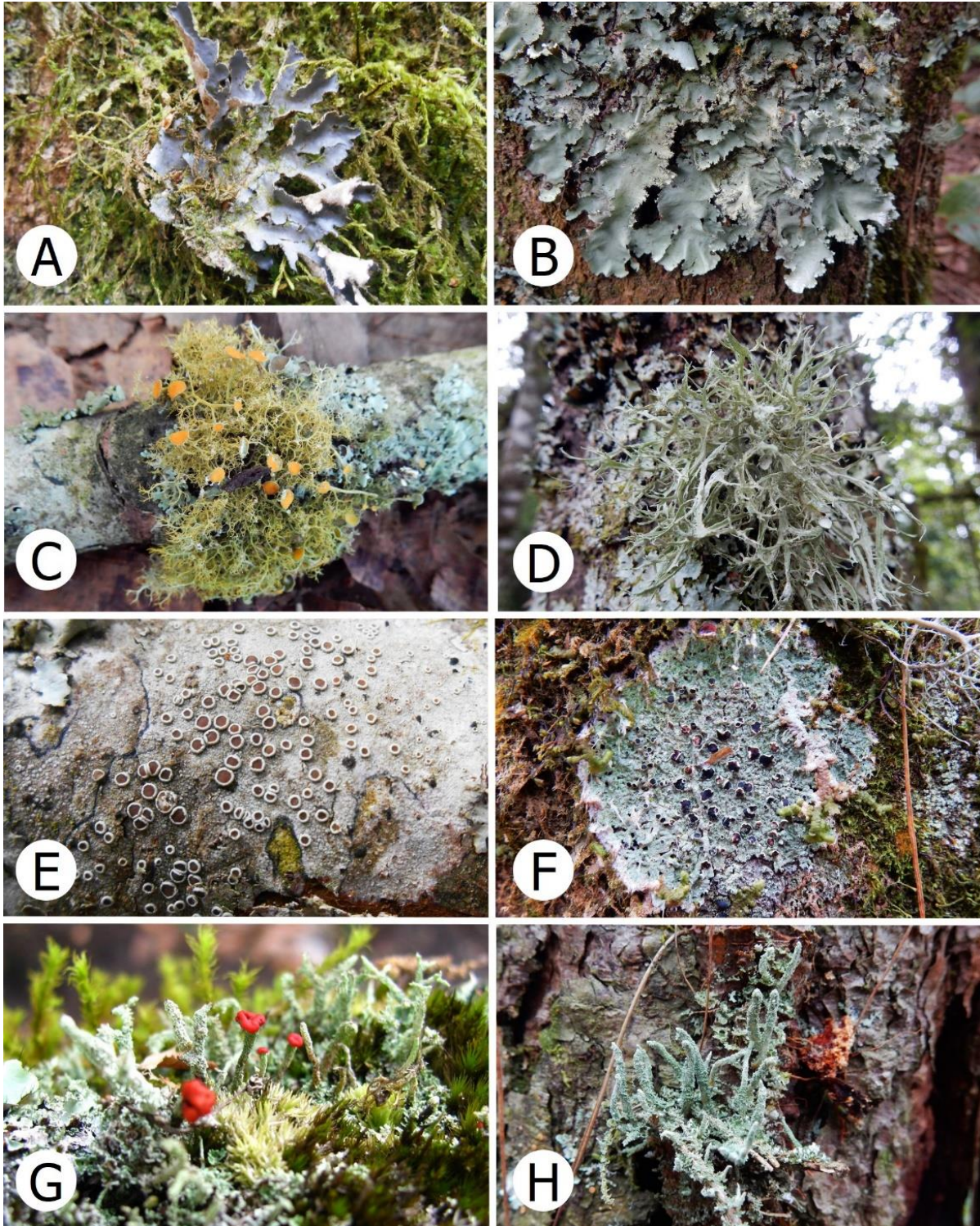


Figura 1. Formas de crecimiento de los líquenes y algunos géneros que las representan: Foliosos: **A)** *Sticta*, **B)** *Parmotrema*. Fruticosos: **C)** *Teloschistes*, **D)** *Ramalina*. Costrosos: **E)** *Lecanora*, **F)** *Tephromela*. Compuesto: **G-H)** *Cladonia* (Fotos: R. E. Pérez-Pérez)

La dispersión, establecimiento y colonización de los hongos liquenizados, se ve influenciada por el tipo de sustrato en el que se desarrollan, por lo que se pueden clasificar como saxícolas (crecen sobre rocas), foliícolas (hojas), edafícolas (suelo) y cortícolas (corteza de los árboles) (Brodo *et al.*, 2001); en el caso de los líquenes cortícolas, su presencia o ausencia va a estar relacionada con la edad, las tallas y las características de la corteza de los árboles que colonizan (pH, morfología y retención de humedad) (Pérez-Pérez *et al.*, 2008; Nacimbene *et al.*, 2009; Martínez *et al.*, 2011). Se ha demostrado que el tiempo es importante para que se lleve a cabo la colonización; ya que se considera que los árboles más grandes y maduros tienen mayor área disponible para colonizar lo que hace suponer que también en ellos se encontrarán un mayor número de líquenes (Fritz *et al.*, 2008; McDonald *et al.*, 2017); de igual manera, la morfología de la corteza de los árboles puede influir en la composición de la comunidad liquénica, puesto que hay especies que prefieren árboles con cortezas agrietadas y otros que prefieren cortezas lisas (Soto *et al.*, 2012; Nunes *et al.*, 2018).

Los hongos liquenizados desempeñan papeles ecológicos importantes e indispensables en los sistemas boscosos, ya que participan en los ciclos biogeoquímicos como el del carbono, nitrógeno, potasio y azufre; son considerados importantes captadores de agua gracias a su naturaleza poiquilohídrica que les permite absorber hasta 3,000% su peso en seco (Knops *et al.*, 1991; Will-Wolf *et al.*, 2004), algunos son utilizados como material de anidación por algunas aves (Price & Hochachka, 2001; Hawksworth, 2002); además, son refugio, alimento y camuflaje de algunos invertebrados (Stubbs, 1989; Miller *et al.*, 2008).

Por su parte, el hombre los ha utilizado como indicadores de áreas bien conservadas (Pérez-Pérez *et al.*, 2008), como bioindicadores de la calidad del aire y presencia de metales pesados en la atmósfera (Conti y Ceccheti, 2001; Hawksworth, 2005; NG *et al.*, 2005; Martínez *et al.*, 2011; Puy-Alquiza *et al.*, 2017). También los ha empleado como alimento, en la medicina tradicional

(González-Tejero *et al.*, 1995; Wang *et al.*, 2001; Upreti *et al.*, 2005), en la elaboración de perfumes, cosméticos, decoración (Hawksworth, 2002), combustible y actividades lúdicas (Bautista, 2017).

Se calcula que a nivel mundial existen 19,387 especies de hongos liquenizados (Lücking *et al.*, 2016); mientras que para México se estima que el número total de estos organismos asciende a 5,000 (Lücking *et al.*, 2009), de las cuales hasta 2014 se habían descrito 2,722 especies y 111 categorías intraespecíficas; en este último conteo se reconoció a los estados de Baja California y Veracruz como los mejores inventariados con 710 y 700 especies respectivamente (Herrera-Campos *et al.*, 2014). Para el estado de Veracruz, esta cifra ha ido incrementando como resultado de los diversos estudios ecológicos y taxonómicos que se están llevando a cabo en el estado (Herrera-Campos *et al.*, 2004; Córdova-Chávez *et al.*, 2014; Pérez-Pérez *et al.*, 2015; Pérez-Pérez y Guzmán, 2015; Córdova-Chávez *et al.*, 2016; Ruíz-Cázares, 2019, Ramírez-Peña, 2019; Castillo-Campos *et al.*, 2019). Una de las localidades en las que más se ha trabajado es en La Cortadura, donde se encuentra una Reserva que está conformada por una reserva municipal y por propiedades privadas, lo que ha permitido que se encuentre relativamente bien conservado, ya que solo el 20% de su superficie está destinado a la agroforestería, uso pecuarios y zonas urbanas, mientras que en el 80% de la superficie restante se encuentran remanentes de BMM relativamente bien conservados debido a que se localizan principalmente en zonas donde el terreno es irregular, con pendientes abruptas y de difícil acceso (García-Franco *et al.*, 2008; William-Linera, 2012), lo que ha favorecido la presencia, colonización y establecimiento de líquenes cortícolas, de aquí lo importante de continuar documentando la flora líquénica que alberga el bosque.

Antecedentes

Alrededor del mundo, los BMM son reconocidos como uno de los ecosistemas con menor extensión territorial, más amenazados y menos estudiados (Mulligan y Burke, 2005); entre los estudios con líquenes que se han llevado a cabo en diversos BMM se encuentran estudios de bioindicación, ecológicos y taxonómicos por mencionar algunos; por ejemplo, Smith (1995), estudió un BMM de Hawaii haciendo una correlación entre la abundancia de líquenes y la cantidad de agua y nubes que hay a diferentes altitudes; encontró que en una altitud de 1300 m., dominan los líquenes fruticosos; mientras que, en altitudes mayores (2000 m.) son los foliosos los que tienen mayor abundancia y riqueza; se registró una nueva especie del género *Stereocaulon*. Purvis *et al.* (1995), estudiaron los relictos de BMM de dos islas de Portugal, reportaron que existen diferencias en la composición de especies a diferentes altitudes, en este estudio registraron 5 especies de líquenes endémicos.

En 2008, Flakus *et al.*, llevaron a cabo un estudio en el BMM andino de Bolivia, reportaron 18 especies del género *Cladonia*, de los cuales 8 fueron nuevos registros. Normann *et al.* (2010) compararon la flora liquénica entre un BMM y una selva baja de la Guiana Francesa; reportaron que la riqueza de cianolíquenes es más alta en el BMM que en la selva.

Líquenes de los BMM en México

Entre los estudios que se han desarrollado en los BMM de México, se encuentra el de Eligio (2014), este trabajo se llevó a cabo en Cuetzalan, Puebla, reportó 19 familias, 32 géneros y 84 especies de líquenes; siendo *Parmeliaceae* la familia mejor representada con 6 géneros. Por su parte, Águila (2017), llevó a cabo un estudio en la Sierra Nororiental de Puebla, donde analizó la composición liquénica presente en dos fragmentos de BMM en Hueyapan y Hueytamalco. En Hueyapan registró 81 especies; la familia mejor representada fue la *Parmeliaceae* seguida de *Graphidaceae* y *Physciaceae*; mientras que en Hueytamalco encontró 61 especies; al igual que Hueyapan, la familia mejor representada fue la *Parmeliaceae*, seguida por *Lobariaceae* y *Physciaceae*.

Líquenes del BBM de Veracruz

En el Estado de Veracruz se han llevado a cabo estudios taxonómicos y ecológicos; tal es el caso del desarrollado por Pérez-Pérez y Guzmán (2015) quienes registraron ocho especies del género *Parmotrema* (*Parmotrema austrosinense* (Zahlbr.) Hale, *P. hababianum* (Gyelnik) Hale, *P. praesorediosum* (Nyl.) Hale, *P. reticulatum* (Taylor) M. Choisy, *P. sancti-angelii* (Lyngé) Hale, *P. subsidiosum* (Müll. Arg.) Hale, *P. subtinctorium* (Zahlbr.) Hale, *P. tinctorum* (Delise ex Nyl.) Hale) que lograron sobrevivir en forofitos remanentes de un BMM que fue convertido en zona urbana.

Los estudios más recientes se han desarrollado en el bosque de La Cortadura, siendo estos el de Córdova-Chávez *et al.* (2014) quienes llevaron a cabo la descripción de tres nuevas especies para la ciencia: *Astrothelium coccineum* Córdova-Chávez, Aptroot & M. Cáceres, *Micarea viridicapitata* Córdova-Chávez, Aptroot & R.-E. Pérez y *Protoparmelia microspora* Córdova-Chávez, Aptroot & M. Cáceres. Pérez-Pérez *et al.* (2015) hicieron el inventario de líquenes cortícolas con relación a los forofitos y la fragmentación del hábitat; reportan 108 especies, de las cuales 69 fueron recolectadas sobre forofitos y las restantes durante un muestreo oportunista. De 13 especies de forofitos muestreados, el más frecuente fue *Quercus laurina* Humb. Bonpl.; y el que presentó mayor riqueza de líquenes.

En 2016, Córdova-Chávez *et al.*, analizaron la diversidad alfa de líquenes a lo largo del tronco de *Quercus laurina*, identificaron un total de 126 especies en 60 géneros, 24 familias y 10 órdenes. El género más abundante fue *Graphis*, seguido de *Parmotrema*, *Hypotrachyna*, *Pertusaria* y *Usnea*. Dominaron los líquenes costrosos, seguido de los foliosos y fruticosos. De las 126 especies que encontraron, 21 fueron nuevos registros para el estado y 21 fueron reportadas por primera vez para el país.

Ruíz-Cáceres (2019), evaluó el efecto que tiene el diámetro del tronco de *Quercus laurina* en la riqueza de líquenes epífitos, los resultados mostraron que no hubo

diferencia significativa entre las diferentes categorías de DAP y la riqueza líquénica. Reportó 112 especies en 50 géneros, 24 familias y 10 órdenes; las familias mejor representadas fueron Graphidaceae con 10 géneros y Parmeliaceae con 7 géneros. Los géneros más frecuentes fueron *Graphis* e *Hypotrachyna* con 15 y 11 especies respectivamente.

Ramírez-Peña (2019) por su parte, estudió la diversidad y distribución de los líquenes cortícolas a lo largo del tronco de *Alnus acuminata* subsp. *arguta*, para lo cual dividió el tronco en 5 zonas; registró una riqueza total de 89 especies, 33 géneros, 19 familias y 10 órdenes. Las familias con mayor riqueza de especies fueron Parmeliaceae (33) y Graphidaceae (17). Las zonas en donde se encontró mayor riqueza líquénica fueron la 4 y 5; mientras que, las formas de crecimiento que se encontraron en todas las zonas correspondieron a líquenes costrosos y foliosos. Finalmente, Castillo-Campos *et al.* (2019), analizaron la distribución vertical de líquenes epífitos en *Quercus laurina*. Identificaron 92 especies, 43 géneros, 20 familias y 7 órdenes, siendo Parmeliaceae y Graphidaceae las familias con mayor riqueza. Seleccionaron 15 forofitos que tuvieran un DAP > 40 cm, dividieron el tronco en 5 zonas (zonas de Johansson) y en cada zona midieron la riqueza y cobertura de líquenes. Los resultados indicaron diferencias significativa tanto en la riqueza y cobertura entre zonas; encontrando que la riqueza de líquenes fue mayor en las zonas más altas.

Hipótesis

Debido a que en el BMM de la Reserva Ecológica La Cortadura, existe una gran diversidad de forofitos y a que los líquenes cortícolas presentan preferencias en cuanto al establecimiento y colonización en un sustrato, se espera encontrar diferencias en la composición de la comunidad liquénica entre las especies de forofitos muestreados.

Objetivo General

Comparar la composición de líquenes cortícolas entre diferentes forofitos en un remanente de bosque mesófilo de montaña de la Reserva Ecológica La Cortadura, Coatepec, Veracruz.

Objetivos Específicos

- Analizar el recambio de especies liquénicas entre los diferentes forofitos y cuadrantes muestreados.
- Identificar la posible preferencia de los hongos liquenizados por algún forofito.
- Elaborar un listado de la flora liquénica que se encuentra en la Reserva Ecológica de La Cortadura, Coatepec, Veracruz.

Material y Métodos

Área de estudio.

La Cortadura, se localiza a 12.5 km del municipio de Coatepec, Veracruz, en las coordenadas 19° 29' 17.6" N y 97° 02' 25.0" E (Figura 2), se encuentra ubicado en la ladera oriental del Cofre de Perote a una altitud que va de los 1,800 a los 2,000 m (García-Franco *et al.*, 2008), forma parte de la Sierra Madre Oriental (De la Rosa y Negrete-Yankelevich, 2012). Tiene una temperatura promedio anual de 18°C, con temperaturas máximas de 20 a 23°C (de julio a septiembre) y mínimas de 10 a 14°C (de noviembre a marzo) (William-Linera, 2012). La precipitación media anual varía entre los 1,500 y 2,000 mm; además, se inician escurrimientos de agua que forman la parte alta de la Cuenca del Río La Antigua, considerada por la CONABIO como área de alta biodiversidad, Área Prioritaria Terrestre (Pico de Orizaba-Cofre de Perote) y región Hidrológica Prioritaria (Golfo de México: Río La Antigua) (García-Franco *et al.*, 2008; Muñoz-Villers y López-Blanco, 2015).

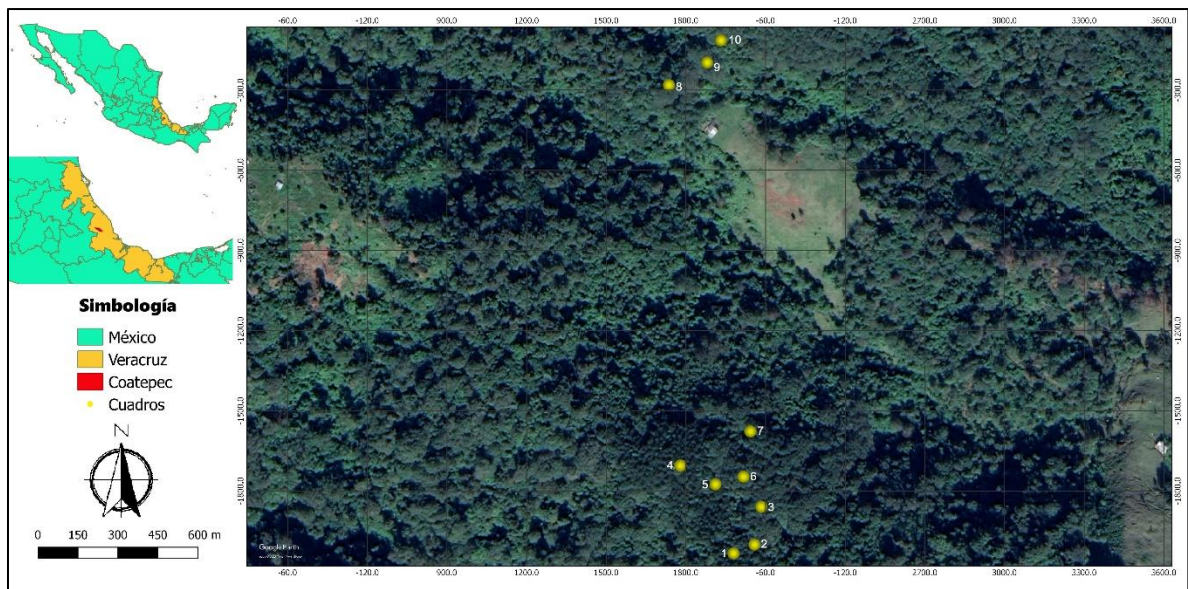


Figura 2. Ubicación geográfica de los cuadrantes en donde se llevó a cabo la recolecta (puntos amarillos) en el remanente de bosque mesófilo de montaña de la Reserva Ecológica La Cortadura, Coatepec, Veracruz.

Trabajo de campo

Para llevar a cabo el muestreo, se trazaron 10 cuadrantes de 10x10 m², en cada uno de los cuadrantes se seleccionaron todos los forofitos que tuvieran un diámetro a la altura del pecho (DAP) > 20 cm, se midió su altura y fueron identificados en campo por el Dr. Castillo-Campos. Con respecto a la comunidad líquénica, se hicieron dos tipos de muestreo, uno se llevó a cabo en cada uno de los forofitos seleccionados; mientras que en el segundo se hizo una recolecta general (CG), ésta consistió en recolectar a los líquenes que se encontraban en ramas caídas y suelo (Sipman, 1996; Cáceres *et al.*, 2008; Pérez-Pérez *et al.*, 2015). El material se guardó en bolsas de papel de estraza en las cuales se anotaron los datos de campo correspondientes (número de cuadro, nombre del forofito, DAP y altura).

Trabajo de laboratorio

Los ejemplares recolectados fueron herborizados; este procedimiento consiste en remojar los especímenes en agua destilada para retirar la materia orgánica que no forma parte del líquen; posteriormente, se colocaron en la prensa botánica para su secado. Una vez secos, se pasaron a sobres de papel con la información de campo correspondiente.

Al inicio los ejemplares se clasificaron por formas de crecimiento y estructuras de reproducción (ya sea asexual o sexual); posteriormente se identificaron a nivel de género para lo cual se utilizó la clave taxonómica de líquenes neotropicales de Sipman (2005); finalmente se identificaron a nivel de especie siguiendo las claves taxonómicas correspondientes (Hodgetts, 1992, Brodo *et al.*, 2001; Nash III *et al.*, 2002; Jorgensen y Nash III, 2004; Rincón-Espitia, 2013; Barcenás-Peña, 2016; Brodo 2016; Egan y Lendemer, 2016; Egan *et al.*, 2016; Nash III *et al.*, 2016). Para todos aquellos ejemplares que no presentaron estructuras de reproducción, pero se logró identificar el género, se catalogaron en un solo grupo (p. ej. *Parmotrema* sp.); mientras que géneros como *Usnea* y *Ramalina*, se agruparon considerando sus estructuras de reproducción debido a lo complejo que es su identificación.

En el caso de los líquenes foliosos, fruticosos y compuestos, fue necesario revisar sus caracteres morfológicos (ricinas, cilios, forma y color del talo), anatómicos (estructuras de reproducción) y químicos; para esto último se aplica hipoclorito de sodio (C), hidróxido de potasio al 10% (KOH) y parefenilendiamina (P) tanto en corteza como en médula, estas pruebas de tinción revelan la presencia de ciertos metabolitos secundarios que permiten su identificación a nivel de especie (Figura 3) (Purvis, 2000; Brodo *et al.*, 2001; Nash III *et al.*, 2002).

En el caso de los líquenes costrosos, además de las pruebas de tinción (incluyendo al yodo), se hace una serie de cortes en los ascomas (apotecios, lirelas o peritecios), para identificar los tipos de ascas, las formas que exhiben las paráfisis, y sobre todo identificar las características de las esporas (forma, tamaño, pared celular, color) ya que estos son caracteres importantes para su identificación (Figura 4).

Todo el material liquénico se observó en el microcopio estereoscópico Stmi 5 y el microscopio compuesto modelo 12VDC30W; ambos de la marca Carl Zeiss; también se observaron bajo la lámpara de luz ultravioleta. Durante el proceso de la identificación, se contó con el asesoramiento de los especialistas, los doctores Robert Lücking, Harrie J.M. Sipman, Bibiana Moncada y Rosa Emilia Pérez-Pérez. Los especímenes se encuentran resguardados en los herbarios XAL (Laboratorio de Micología, Instituto de Ecología, A.C.) y en el Laboratorio de Liquenología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

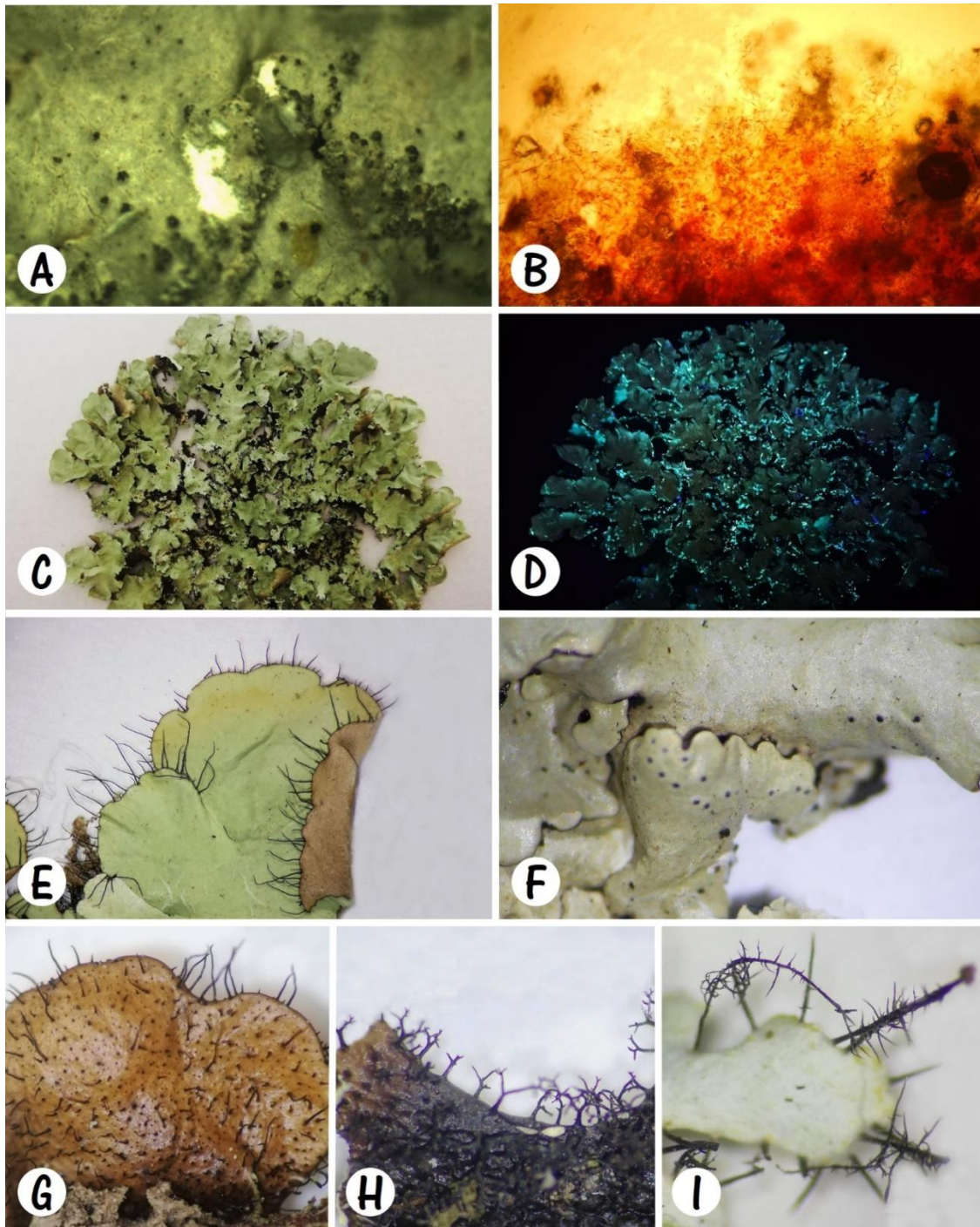


Figura 3. Algunos de los caracteres químicos y anatómicos que se consideran en la identificación de líquenes foliosos. Pruebas de tinción con K: **A)** Médula negativo y corteza positivo amarillo, **B)** Médula positivo rojo. Respuesta a la luz ultravioleta: **C)** Reacción negativa, **D)** Reacción positiva. Caracteres morfológicos y anatómicos: **E)** Lóbulo rotundo, **F)** Lóbulo crenado, **G)** Ricinas simples, **H)** Ricinas bifurcadas, **I)** Ricinas escuarrosas.

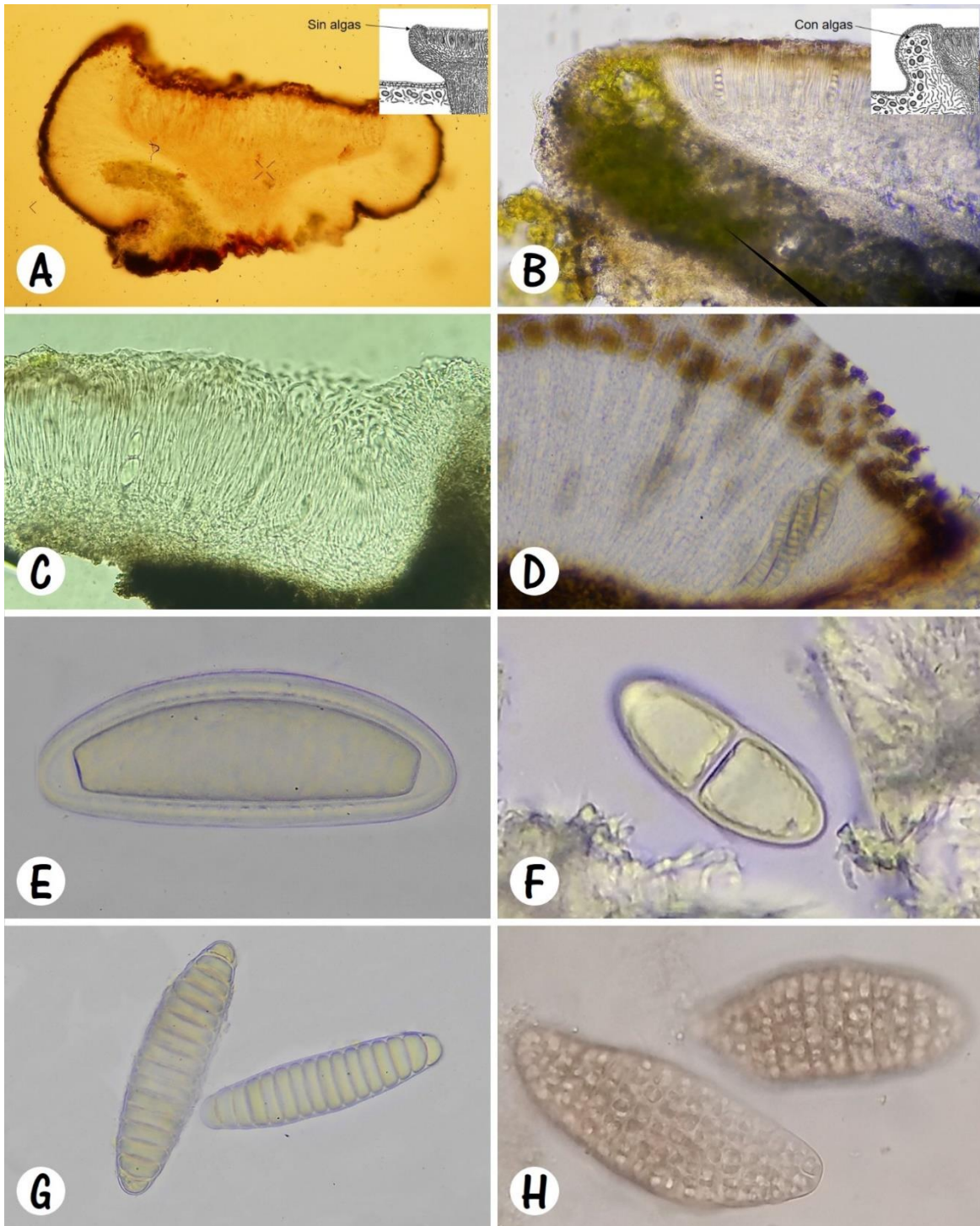


Figura 4. Cortes de los ascomas que revelan algunos de los caracteres importantes para la identificación de los líquenes costrosos. **A)** Apotecio lecideino, **B)** Apotecio lecanorino, **C)** Himenio claro, **D)** Himenio insperso, **E)** Espora simple, **F)** Espora uniseptada, **G)** Espora fusiforme, **H)** Espora muriforme (Dibujos de los apotecios tomadas de Bungartz *et al.*, 2000).

Análisis estadísticos.

Para analizar la distribución de las variables de DAP y altura de los forofitos muestreados, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (KW), la cual compara las medianas de cada variable para conocer si existen diferencias significativas o no entre estos datos (Cáceres *et al.*, 2007; Rosabal *et al.*, 2012; Soto, *et al.*, 2012; Estrabou *et al.*, 2014; Filippini *et al.*, 2014).

Para conocer la similitud de la comunidad liquénica entre especies de forofitos y entre cuadrantes, se utilizó el índice de similitud de Sørensen, cuyos valores de similitud van de 0 a 1, donde 1 representa el total de las especies compartidas y 0 indica que no hay especies en común.

$$C_s = \frac{2a}{(2a + b + c)}$$

Donde:

a= Número de especies comunes ambos sitios.

b= Número de especies en el sitio B, pero no en el A.

c= Número de especies en el sitio A, pero no en el B.

Con el fin de reforzar los datos obtenidos con el índice de similitud de Sørensen, se aplicó un Análisis de Conglomerados de dos vías, que relaciona y agrupa en un mismo dendrograma a las especies de líquenes considerando el cuadrante o los forofitos donde se recolectaron (Peck, *et al.*, 2002; Stiling, 2002; Cáceres *et al.*, 2007; Fritz *et al.*, 2008; Soto *et al.*, 2012; Ruíz-Cázares, 2019). Los análisis se realizaron en los paquetes estadísticos STATISTICA 6.0 ®, PC-ORD 7.0 ® y Excel 2013.

Resultados

Forofitos

Entre los 10 cuadros muestreados, se registró un total de 105 forofitos, se clasificaron en 10 familias, 10 géneros y 10 especies. La especie con más frecuencia de aparición fue *Clethra mexicana* con 54 individuos, seguido de *Alnus acuminata* subsp. *arguta* con 17; este último registró los promedios más altos de altura y DAP con 21 m y 40.57 cm respectivamente (Tabla 1). Es importante mencionar que, del total de forofitos muestreados, solo 80 presentaron líquenes.

Tabla 1. Valores promedio de las variables altura y DAP de los géneros de forofitos muestreados en los cuadrantes.

Familia	Especies de forofitos	No. de árboles	\bar{x}	\bar{x}
			DAP (cm)	Altura (m)
Altingiaceae	<i>Liquidambar</i> sp.	2	9.7	10
Asteraceae	--	2	19.09	4
Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> subsp. <i>arguta</i> (Schlecht.)	17	40.57	21
Chloranthaceae	<i>Hedyosmum mexicanum</i> Cordemoy.	3	18.03	7.6
Clethraceae	<i>Clethra mexicana</i> DC.	54	19.52	9.68
Euphorbiaceae	<i>Alchornea</i> sp.	1	66.84	12
Melastomataceae	<i>Miconia</i> sp.	8	21.24	5.12
Pinaceae	<i>Pinus patula</i> Schl. et Cham	8	16.27	9.5
Solanaceae	<i>Solanum</i> sp.	6	18.56	8
Styracaceae	<i>Stirax</i> sp.	4	11.77	5.25

-- Especie de forofito no identificada

La comparación de la distribución de las variables se hizo entre cuadros y entre las diferentes especies de forofitos. Los resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis entre cuadros, mostraron diferencias significativas en la variable altura de los forofitos ($p < 0.05$), mientras que, la variable DAP no mostró diferencias significativas ($p > 0.05$), tal y como se muestra en la Figura 5A y 5B.

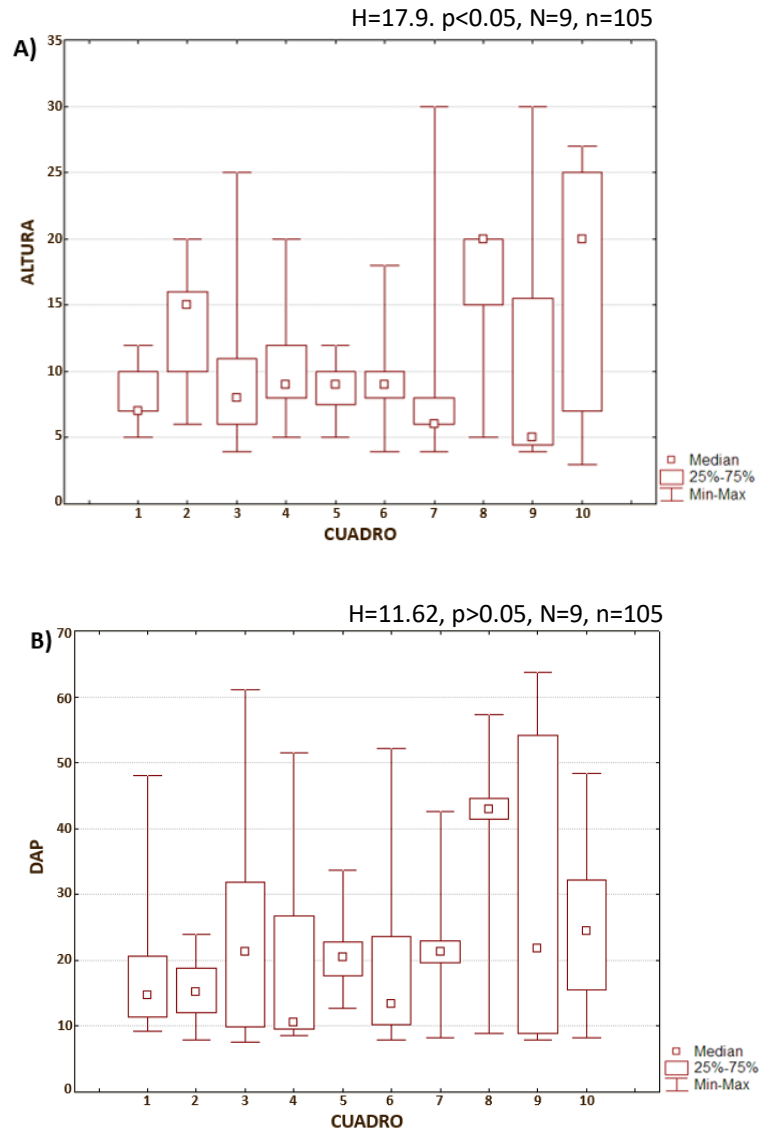


Figura 5. Gráfico de caja y bigotes donde se muestra la distribución de las variables **A)** altura y **B)** DAP de los forofitos presentes en cada cuadro muestreado en el remanente de BMM de La Cortadura, Coatepec, Veracruz.

Mientras que cuando se aplica la prueba KW entre las especies de forofitos, los resultados mostraron que tanto la variable altura como la variable DAP tuvieron diferencias significativas ($p < 0.05$) (Figura 6A, 6B).

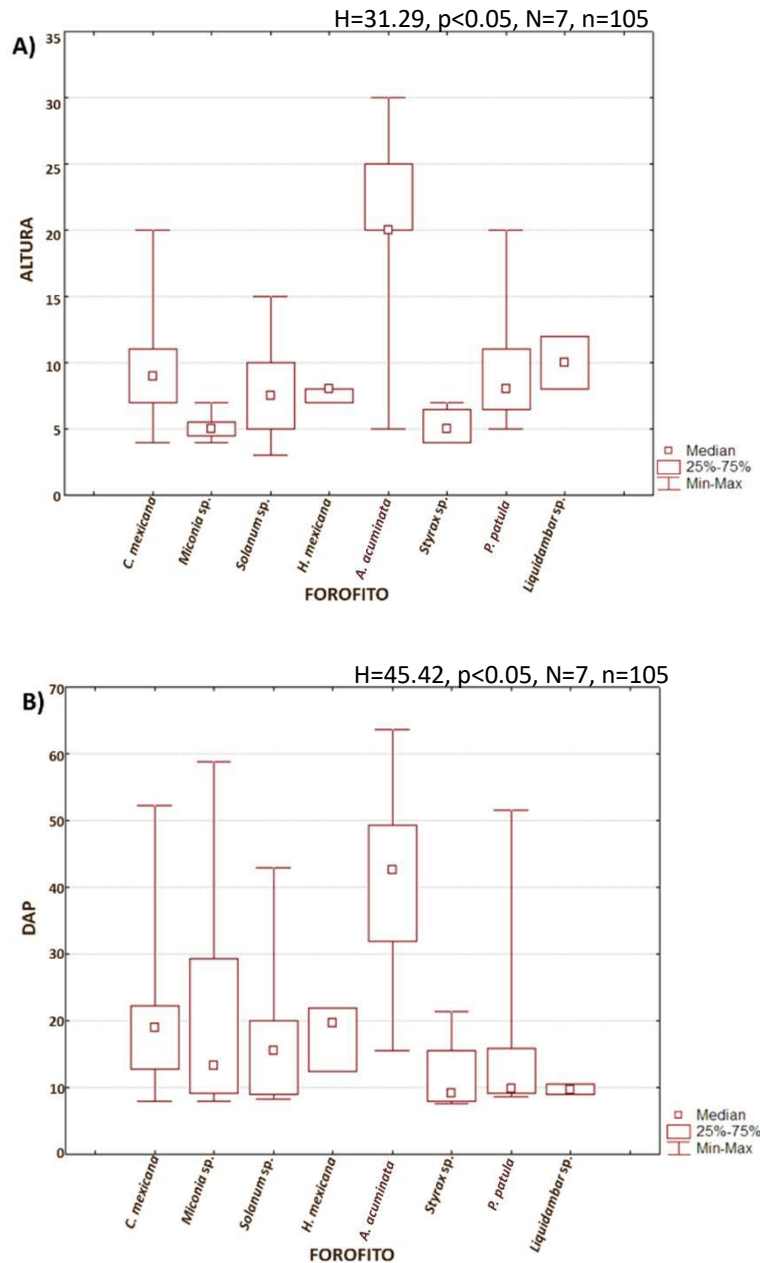


Figura 6. Gráfico de caja y bigotes donde se presenta la distribución de las variables **A)** altura y **B)** DAP entre las especies de forofitos muestreadas en el remanente de BMM de La Cortadura, Coatepec, Veracruz.

Comunidad liquénica

Riqueza liquénica presente en forofitos

Del total de líquenes recolectados, 502 ejemplares se encontraron sobre los forofitos seleccionados. Se tienen 106 especies que pertenecen a 41 géneros, 23 familias y 11 órdenes. Las familias que tuvieron mayor riqueza de especies fueron Parmeliaceae (34 especies) y Graphidaceae (21); siendo los géneros más diversos *Parmotrema* con 11 especies y *Graphis* con 10 especies (Figura 7).

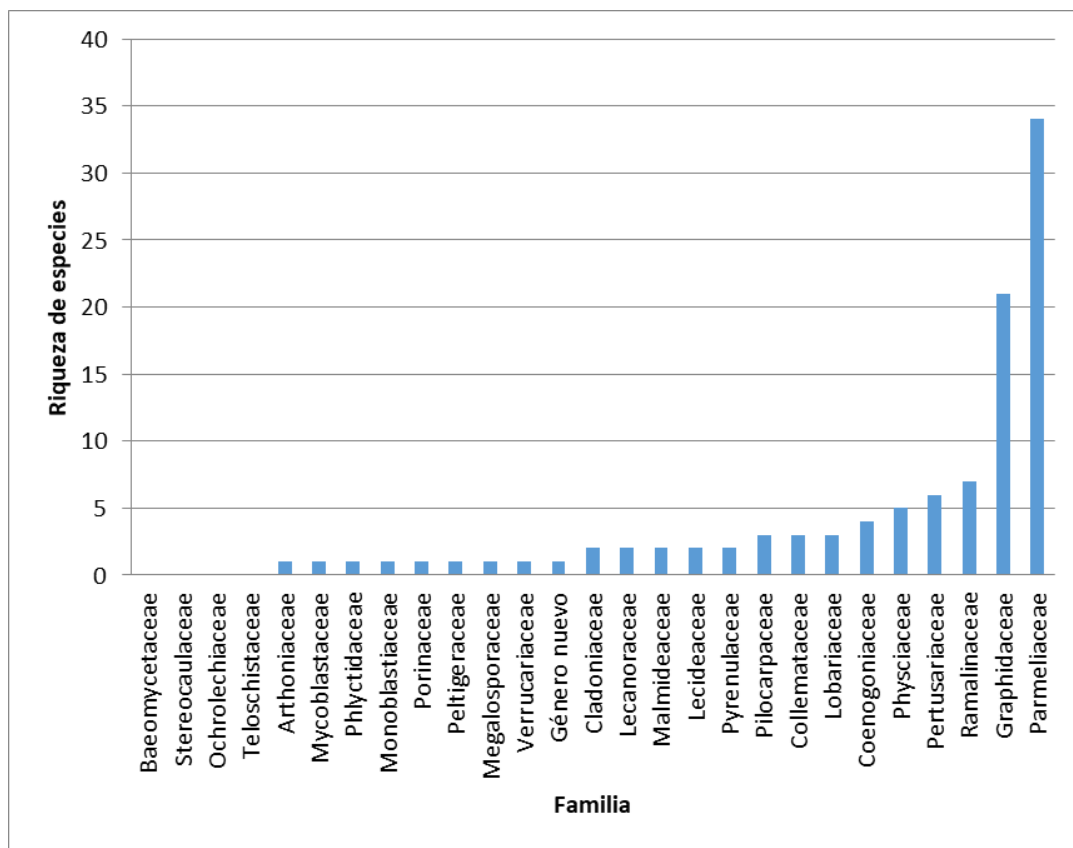


Figura 7. Gráfico de barras donde se muestra la riqueza de especies por familia recolectadas durante el muestreo.

Se realizó una curva de acumulación de especies de líquenes en las diferentes especies de forofitos; en la figura 8 se muestra que *C. mexicana* fue el forofito que presentó mayor riqueza liquénica con 80 especies, seguido por *A. acuminata* subsp. *arguta* con 48, mientras que el que registró un menor número de especies fue *H. mexicanum* (3). Entre las especies que fueron más frecuentes en los forofitos se encuentra a *Parmotrema mellissii*, *Graphis tsunodae* y *Coenogonium geralense*, halladas sobre *C. mexicana*, *A. acuminata* subsp. *arguta* y *P. patula* respectivamente.

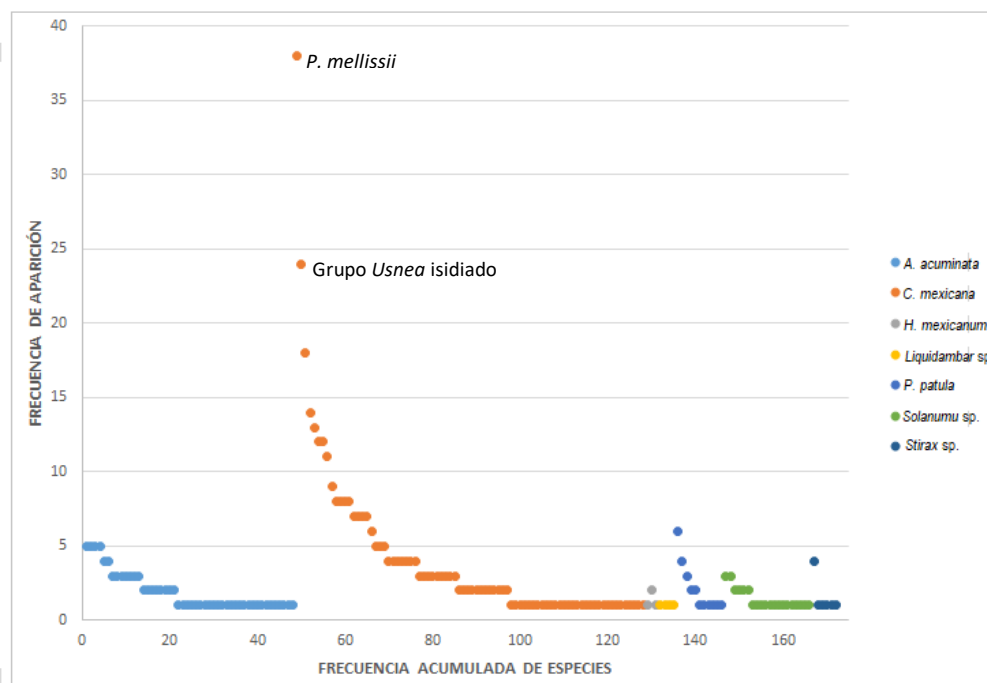


Figura 8. Curva de acumulación de especies de hongos liquenizados en las diferentes especies de forofitos muestreados.

En el análisis de similitud liquénica se excluyeron tres especies de forofitos (*Miconia* sp., Asteraceae y *Alchornea* sp.) ya que no presentaron líquenes; por lo cual, el análisis se hizo con siete especies. Los forofitos con mayor similitud liquénica fueron *A. acuminata* subsp. *arguta* y *C. mexicana*, al compartir 29 especies (45%), seguidos por *C. mexicana* y *Solanum* sp. con 15 especies (30%); mientras que, los forofitos que no presentaron especies compartidas entre sí

fueron *Liquidambar* sp. y *H. mexicanum*, así como *Liquidambar* sp. y *Solanum* sp. tal y como se puede observar en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados de los análisis de similitud entre las especies de forofitos muestreados en la Reserva Ecológica, La Cortadura, Coatepec, Veracruz. En el parte superior de la diagonal se muestra el valor de similitud de Sørensen, mientras que en el inferior se registra el número de especies compartidas entre forofitos.

	<i>A. acuminata</i>	<i>C. mexicana</i>	<i>H. mexicanum</i>	<i>Liquidambar</i> sp.	<i>P. patula</i>	<i>Solanum</i> sp.	<i>Styrax</i> sp.
<i>A. acuminata</i>	-----	0.45	0.12	0.04	0.17	0.29	0.19
<i>C. mexicana</i>	29	-----	0.07	0.02	0.24	0.30	0.14
<i>H. mexicanum</i>	3	3	-----	0.00	0.14	0	0.22
<i>Liquidambar</i> sp.	1	1	0	-----	0.13	0.00	0.20
<i>P. patula</i>	5	11	1	1	-----	0.19	0.12
<i>Solanum</i> sp.	10	15	1	0	3	-----	0.08
<i>Styrax</i> sp.	5	6	1	1	1	1	-----

Los resultados anteriores se pueden observar a más detalle en el dendrograma obtenido después de aplicar el análisis de conglomerados de dos vías (Figura 9), se muestra la distribución de las 106 especies de líquenes en las siete especies de forofitos; se tiene que 63 especies de hongos liquenizados (59.43%) fueron exclusivos de algún forofito, mientras que 43 especies (40.57%) se compartieron al menos por dos forofitos. Destaca *C. mexicana*, quien fue el forofito que tuvo mayor riqueza líquénica al presentar 39 especies únicas y 41 compartidas. Los líquenes que se registraron en al menos cuatro forofitos fueron *Coenogonium geralense*, *Leptogium* cf. *wilsonii*, *Parmotrema* sp. y *Punctelia graminicola*.

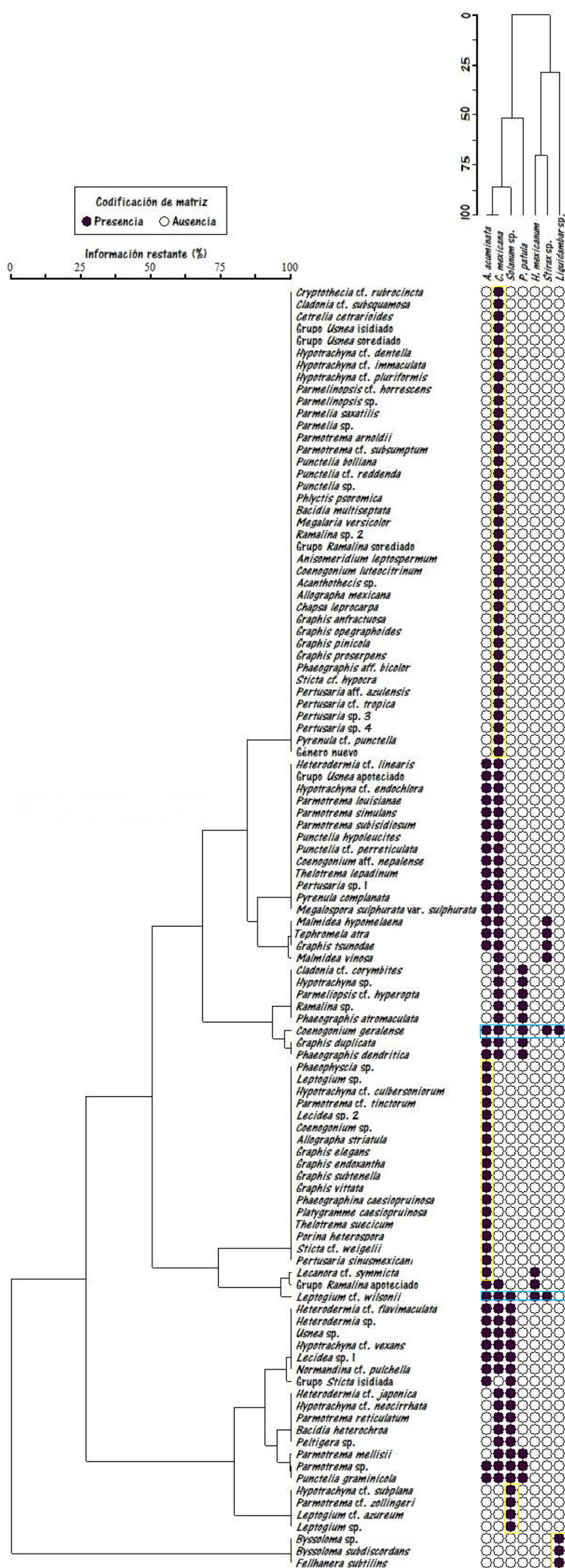


Figura 9. Dendrograma obtenido a partir del análisis de conglomerados de dos vías correspondiente a las especies de líquenes vs forofitos; en color amarillo se señalan los líquenes que fueron únicos en un forofito y de color azul se muestran las que se compartieron en más forofitos a la vez.

Riqueza líquénica presente en cuadros

Al igual que entre forofitos, se hizo una curva de acumulación de especies de líquenes en los diferentes cuadros; en la figura 10, se observa que los cuadros con mayor riqueza líquénica fueron el cinco y el seis con 52 y 51 especies respectivamente. Entre las especies más frecuentes en los cuadros, se encuentra *Parmotrema mellisii* (cuadro cinco y seis), *Malmidea hypomeleana* (cuadro dos) y *Graphis tsunodae* (cuadro tres); por el contrario, el cuadro que tuvo menor riqueza fue el nueve ya que únicamente presentó tres especies con un ejemplar cada una.

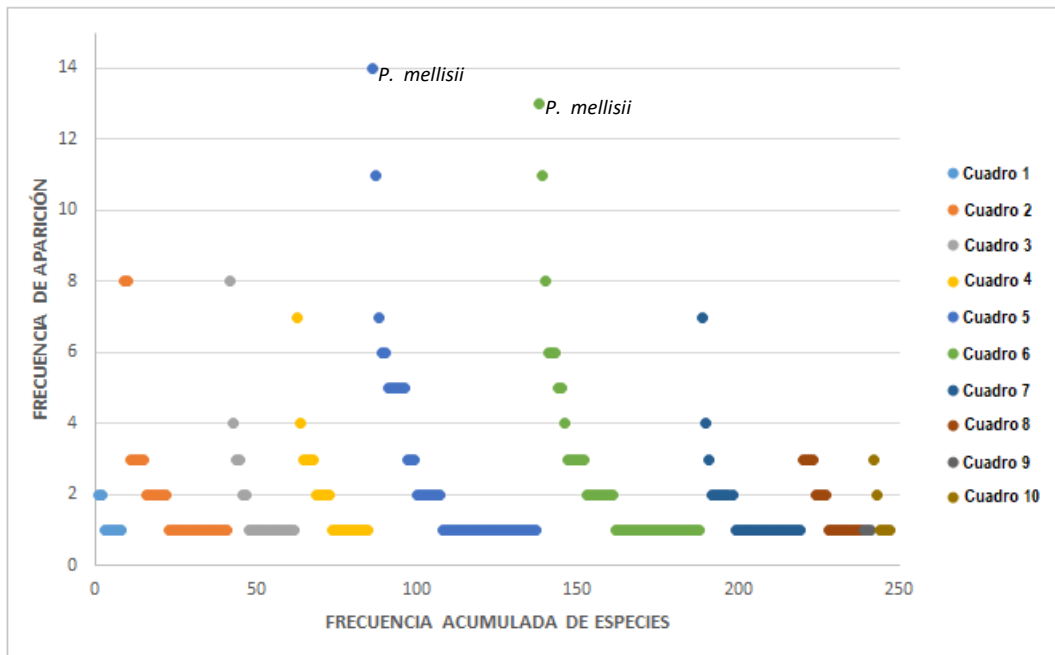


Figura 10. Curva de acumulación de especies de hongos liquenizados en los diferentes cuadros muestreados

El análisis de similitud reveló, tal como se muestra en la tabla 3 se que los cuadros que tuvieron mayor similitud líquénica fueron el cinco y el seis, ya que comparten 26 especies (50%); por el contrario, se registraron cinco pares de cuadros, donde la similitud líquénica fue nula, al no compartir ninguna especie.

Tabla 3. Resultados de los análisis de similitud entre cuadros muestreados en la Reserva Ecológica, La Cortadura, Coatepec, Veracruz. En el parte superior de la diagonal se muestra el valor de similitud de Sørensen, mientras que en el inferior se registra el número de especies compartidas entre cuadros.

	Cuadro 1	Cuadro 2	Cuadro 3	Cuadro 4	Cuadro 5	Cuadro 6	Cuadro 7	Cuadro 8	Cuadro 9	Cuadro 10
Cuadro 1		0.34	0.34	0.00	0.13	0.17	0.31	0.00	0.00	0.14
Cuadro 2	7		0.33	0.36	0.40	0.43	0.47	0.12	0.18	0.10
Cuadro 3	5	9		0.23	0.33	0.31	0.27	0.20	0.08	0.22
Cuadro 4	0	10	5		0.43	0.38	0.33	0.33	0.08	0.00
Cuadro 5	4	17	12	16		0.50	0.48	0.31	0.07	0.14
Cuadro 6	5	18	11	14	26		0.49	0.31	0.04	0.04
Cuadro 7	6	15	7	9	20	20		0.28	0.00	0.16
Cuadro 8	0	3	4	7	11	11	7		0.09	0.08
Cuadro 9	0	1	1	1	2	1	0	1		0.22
Cuadro 10	1	2	3	0	4	1	3	1	1	

Los resultados obtenidos a partir del análisis de similitud liquénica entre cuadros, se pueden observar de manera gráfica en el dendrograma obtenido a partir del análisis de conglomerados de dos vías (figura 11), donde se muestra que 50 especies (47.17%) fueron exclusivas de un cuadro, mientras que 56 (52.83%) son compartidas por al menos dos cuadros. El cuadro que presentó mayor riqueza fue el 5 con 52 especies, doce de las cuales fueron únicas y 40 compartidas, mientras que el cuadro que menos especies presentó fue el 9. Se encontraron 6 especies liquénicas que aparecieron en al menos 6 cuadros (*Phaeographis dendritica*, *Parmotrema mellisii*, *Normandina cf. pulchella*, *Parmotrema sp.*, *Tephromela atra* y *Heterodermia cf. flavimaculata*).

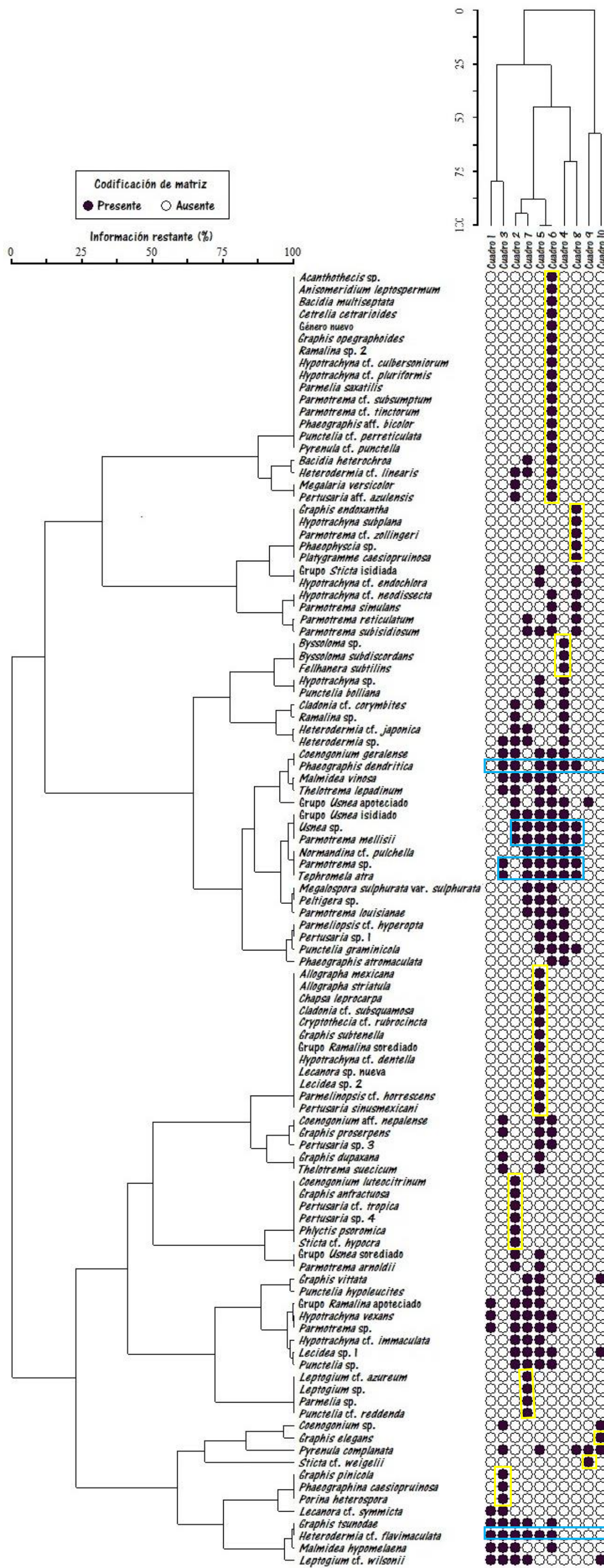


Figura 11. Dendrograma obtenido a partir del análisis de conglomerados de doble vía, correspondiente a especies de líquenes vs cuadros; de color amarillo se señalan las especies únicas y de color azul las especies que estuvieron en 6 cuadros a la vez.

Composición de la comunidad liquénica presente en el remanente de BMM en La Reserva Ecológica La Cortadura, Coatepec

Considerando tanto la recolecta sobre los forofitos seleccionados y en todos los demás sustratos disponibles (colecta general), se recolectaron un total de 1019 ejemplares, los cuales están incluidos en 133 especies, 46 géneros, 26 familias y 12 órdenes. El orden que presentó el mayor número de familias fue Lecanorales (10); destacan las familias Graphidaceae con 9 géneros y Parmeliaceae con 8. Los géneros que tuvieron mayor riqueza fueron *Graphis* con 11 especies y *Parmotrema* con 15. Otros resultados importantes de este estudio, es el reporte de 73 nuevos registros para la zona y seis probables nuevas especies y un género nuevo, éste último aún no se sabe a qué familia pertenece.

En la Tabla 4 se presenta la lista de especies de hongos liquenizados identificados durante este estudio, se muestra el orden y familia a la que pertenecen; las especies resultado de la colecta general (CG), los nuevos registros para la Reserva (NR) y las probables nuevas especies (NSP) se marcan con un asterisco (*).

Tabla 4. Lista de especies presentes en el área muestreada del bosque mesófilo de montaña de la Reserva Ecológica La Cortadura, Coatepec, Veracruz.

Orden / Familia	Especie	CG	NR	NSP
Arthoniales				
Arthoniaceae	<i>Cryptothecia cf. rubrocincta</i> (Ehrenb.) G. Thor		*	
Baeomycetales				
Baeomycetaceae	<i>Phyllobaeis cf. imbricata</i> (Hook.) Kalb & Gierl	*	*	
Caliciales				
Physciaceae	<i>Heterodermia cf. flavimaculata</i>		*	
	<i>Heterodermia cf. japonica</i> (M. Satô) Swinscow & Krog			
	<i>Heterodermia cf. linearis</i> Moberg & T.H. Nash		*	
	<i>Heterodermia</i> sp.			
	<i>Phaeophyscia</i> sp.		*	
	<i>Physcia cf. erumpens</i> Moberg	*	*	
Lecanorales				
Cladoniaceae	<i>Cladonia cf. corymbites</i> Nyl.		*	
	<i>Cladonia cf. subsquamosa</i> Kremp.		*	
Lecanoraceae	<i>Lecanora argentata</i> (Ach.)	*		
	<i>Lecanora cf. symmicta</i> (Ach.) Ach.		*	
	<i>Lecanora</i> sp. nueva		*	*
Malmideaceae	<i>Malmidea hypomelaena</i> (Nyl.) Kalb & Lücking			
	<i>Malmidea vinosa</i> (Eschw.) Kalb			
Mycoblastaceae	<i>Tephromela atra</i> (Huds.) Hafellner			
Parmeliaceae	<i>Cetrelia cetrarioides</i> (Delise) W.L. Culb. & C.F. Culb.		*	
	<i>Cetrelia olivetorum</i> (Nyl.) W.L. Culb. & C.F. Culb.	*	*	

Continuación tabla 4.

Orden / Familia	Especie	CG	NR	NSP
Lecanorales				
Parmeliaceae	Grupo <i>Usnea</i> apoteciado			
	Grupo <i>Usnea</i> isidiado			
	Grupo <i>Usnea</i> sorediado			
	<i>Usnea</i> sp.			
	<i>Hypotrachyna</i> cf. <i>culbersoniorum</i> Elix & T.H. Nash		*	
	<i>Hypotrachyna</i> cf. <i>dentella</i> (Hale & Kurok.)		*	
	<i>Hypotrachyna</i> cf. <i>endochlora</i> (Leight.) Hale		*	
	<i>Hypotrachyna</i> cf. <i>immaculata</i> (Kurok.) Hale		*	
	<i>Hypotrachyna</i> cf. <i>neocirrhata</i> (Hale & M. Wirth) Divakar		*	
	<i>Hypotrachyna</i> cf. <i>neodissecta</i> (Hale) Hale		*	
	<i>Hypotrachyna</i> cf. <i>pluriformis</i> (Nyl.) Hale		*	
	<i>Hypotrachyna</i> cf. <i>subplana</i> (Sipman) Divakar		*	
	<i>Hypotrachyna</i> cf. <i>damaziana</i> (Zahlbr.) Krog & Swinscow	*	*	
	<i>Hypotrachyna</i> cf. <i>vexans</i> (Zahlbruckner ex W.L. Culberson & C.F. Culberson)			
	<i>Hypotrachyna</i> sp.			
	<i>Parmelinopsis</i> cf. <i>horrescens</i> (Taylor) Elix & Hale			
	<i>Parmelinopsis</i> sp.			
	<i>Parmeliopsis</i> cf. <i>hyperopta</i> (Ach.) Vain., Meddn		*	
	<i>Parmelia</i> <i>saxatilis</i> (L.) Ach.		*	
	<i>Parmelia</i> sp.	*		
	<i>Parmotrema</i> <i>arnoldii</i> (Du Rietz) Hale			
	<i>Parmotrema</i> <i>crinitum</i> (Ach.) M. Choisy	*	*	
	<i>Parmotrema</i> <i>louisianae</i> (Hale) Hale		*	
	<i>Parmotrema</i> <i>mellisii</i> (C.W. Dodge) Hale			
	<i>Parmotrema</i> <i>perlatum</i> (Huds.) M. Choisy	*	*	

Continuación tabla 4.

Orden / Familia	Especie	CG	NR	NSP
Lecanorales				
Parmeliaceae	<i>Parmotrema reticulatum</i> (Taylor) M. Choisy			
	<i>Parmotrema simulans</i> (Hale) Hale		*	
	<i>Parmotrema subisidiosum</i> (Müll. Arg.) Hale			
	<i>Parmotrema</i> cf. <i>mesogenes</i> (Nyl.) Hale	*	*	
	<i>Parmotrema</i> cf. <i>peralbidum</i> (Hale) Hale	*		
	<i>Parmotrema</i> cf. <i>praesorediosum</i> (Nyl.) Hale	*		
	<i>Parmotrema</i> cf. <i>subsumptum</i> (Nyl.) Hale			
	<i>Parmotrema</i> cf. <i>tinctorum</i> (Despr. ex Nyl.) Hale			
	<i>Parmotrema</i> cf. <i>zollingeri</i> (Hepp) Hale		*	
	<i>Parmotrema</i> sp.			
	<i>Punctelia bolliana</i> (Müll. Arg.) Krog			
	<i>Punctelia graminicola</i> (de Lesd.) Egan		*	
	<i>Punctelia hypoleucites</i> (Nyl.) Krog			
	<i>Punctelia</i> cf. <i>perreticulata</i> (Räsänen) G. Wilh. & Ladd		*	
	<i>Punctelia</i> cf. <i>reddenda</i> (Stirt.) Krog		*	
	<i>Punctelia</i> cf. <i>subpraesignis</i> (Nyl.) Krog	*		
	<i>Punctelia</i> sp.			
Phlyctidaceae	<i>Phlyctis psoromica</i> Elix & Kantvilas		*	
Pilocarpaceae	<i>Byssoloma</i> sp.			
	<i>Byssoloma subdiscordans</i> (Nyl.) P. James		*	
	<i>Fellhanera subtilins</i> (Vězda) Diederich & Sérus.		*	
Ramalinaceae	<i>Bacidia heterochroa</i> (Müll. Arg.) Zahlbr.			
	<i>Bacidia multiseptata</i> (Shirley) Zahlbr.		*	
	<i>Megalaria versicolor</i> (Flot.) Fryday & Lendemer,			
	<i>Ramalina</i> grupo apoteciado			
	<i>Ramalina</i> grupo con lóbulos rotos			

Continuación tabla 4.

Orden / Familia	Especie	CG	NR	NSP
Lecanorales				
Ramalinaceae	<i>Ramalina</i> grupo sorediado			
	<i>Ramalina</i> sp.			
Stereocaulaceae	<i>Stereocaulon</i> cf. <i>ramulosum</i> Raeusch.	*	*	
Lecideales				
Lecideaceae	<i>Lecidea</i> sp. 1		*	
	<i>Lecidea</i> sp. 2		*	
Monoblastiales				
Monoblastiaceae	<i>Anisomeridium leptospermum</i> (Zahlbr.) R.C. Harris		*	
Ostropales				
Coenogoniaceae	<i>Coenogonium</i> sp. Ehrenb			
	<i>Coenogonium geralense</i> (Henn.) Lücking		*	
	<i>Coenogonium luteocitrinum</i> Rivas Plata, Lücking & Umaña		*	
	<i>Coenogonium</i> aff. <i>nepalense</i> (G. Thor & Vězda)		*	*
Graphidaceae	<i>Acanthothecis</i> sp. nueva Clem.		*	*
	<i>Allographa mexicana</i> (Hale) Lücking & Kalb			
	<i>Allographa rimulosa</i> (Mont.) Lücking & Kalb	*		
	<i>Allographa striatula</i> (Ach.) Lücking & Kalb			
	<i>Chapsa leprocarpa</i> (Nyl.) Frisch		*	
	<i>Fissurina triticea</i> (Nyl.) Staiger	*	*	
	<i>Graphis anfractuosa</i> (Eschw.)			
	<i>Graphis dupaxana</i> Vain.	*	*	
	<i>Graphis duplicata</i> Ach.		*	
	<i>Graphis elegans</i> (Borrer ex Sm.) Ach.		*	
	<i>Graphis endoxantha</i> Nyl.		*	
	<i>Graphis opegraphoides</i> Mereschk.		*	
	<i>Graphis pinicola</i> Zahlbr.			
	<i>Graphis proserpens</i> Vain.		*	

Continuación tabla 4.

Orden / Familia	Especie	CG	NR	NSP
Ostropales				
Graphidaceae	<i>Graphis subtenella</i> Müll. Arg.		*	
	<i>Graphis tsunodae</i> Zahlbr.		*	
	<i>Graphis vittata</i> Müll. Arg.		*	
	<i>Phaeographina caesiopruinosa</i> (Fée) Müll. Arg.		*	
	<i>Phaeographis atromaculata</i> (A.W. Archer) A.W. Archer		*	
	<i>Phaeographis</i> aff. <i>bicolor</i> Müll. Arg.		*	*
	<i>Phaeographis dendritica</i> (Ach.) Müll. Arg.			
	<i>Platygramme caesiopruinosa</i> (Fée) Fée		*	
	<i>Thelotrema lepadinum</i> (Ach.) Ach.			
	<i>Thelotrema suecicum</i> (H. Magn.) P. James			*
Porinaceae	<i>Porina heterospora</i> (Fink ex J. Hedrick)		*	
	<i>Porina nucula</i> Ach.	*	*	
Peltigerales				
Collemataceae	<i>Leptogium</i> cf. <i>azureum</i> (Sw.) Mont.			
	<i>Leptogium</i> cf. <i>wilsonii</i> Zahlbr.		*	
	<i>Leptogium</i> sp. (Ach.) Gray			
Lobariaceae	<i>Sticta</i> cf. <i>guadichaldia</i> Delise	*	*	
	<i>Sticta</i> cf. <i>hypocra</i> Vain.		*	
	<i>Sticta</i> cf. <i>limbata</i> (Sm.) Ach.	*		
	<i>Sticta</i> cf. <i>sublimbata</i> (J. Steiner) Swinscow & Krog	*	*	
	<i>Sticta</i> cf. <i>weigeli</i> (Ach.) Vain.		*	
	Grupo <i>Sticta</i> isidiada			
Peltigeraceae	<i>Peltigera</i> cf. <i>austroamericana</i> Zahlbr.	*	*	
	<i>Peltigera</i> sp.			
Pertusariales				
Ochrolechiaceae	<i>Ochrolechia africana</i> Vain.	*		

Continuación tabla 4.

Orden / Familia	Especie	CG	NR	NSP
Pertusariales				
Pertusariaceae	<i>Pertusaria</i> aff. <i>azulensis</i> B. de Lesd.		*	*
	<i>Pertusaria</i> cf. <i>obruta</i> R.C. Harris	*	*	
	<i>Pertusaria</i> cf. <i>tropica</i> Vain.			
	<i>Pertusaria sinusmexicani</i> Dibben		*	
	<i>Pertusaria</i> sp. 1			
	<i>Pertusaria</i> sp. 2	*		
	<i>Pertusaria</i> sp. 3			
	<i>Pertusaria</i> sp. 4			
Pyrenulales				
Pyrenulaceae	<i>Pyrenula</i> cf. <i>punctella</i> (Nyl.) Trevis.		*	
	<i>Pyrenula complanata</i> (Mont.) Trevis.		*	
Teloschistales				
Megalosporaceae	<i>Megalospora sulphurata</i> var. <i>sulphurata</i> (?)			
	<i>Megalospora tuberculosa</i> (Fée) Sipman	*	*	
Teloschistaceae	<i>Teloschistes</i> cf. <i>flavicans</i> (Sw.) Norman	*		
	<i>Teloschistes</i> sp.	*		
Verrucariales				
Verrucariaceae	<i>Normandina</i> cf. <i>pulchella</i> (Borrer) Nyl.		*	
(?)				
(?)	Género nuevo		*	*

Con respecto a las formas de crecimiento que exhibieron los hongos liquenizados , se observa que la mayor riqueza de especies corresponde a líquenes costrosos con 62 especies (46.6%), seguido de por líquenes foliosos con 57 (42.8%), fruticosos con 11 (8.3%) y por último los líquenes compuestos con solo 3 especies (2.3%) (Figura 12). En las figuras 13 a la 19, se muestran fotografías de algunos líquenes recolectados en el remanente de BMM de la Reserva Ecológica La Cortadura.

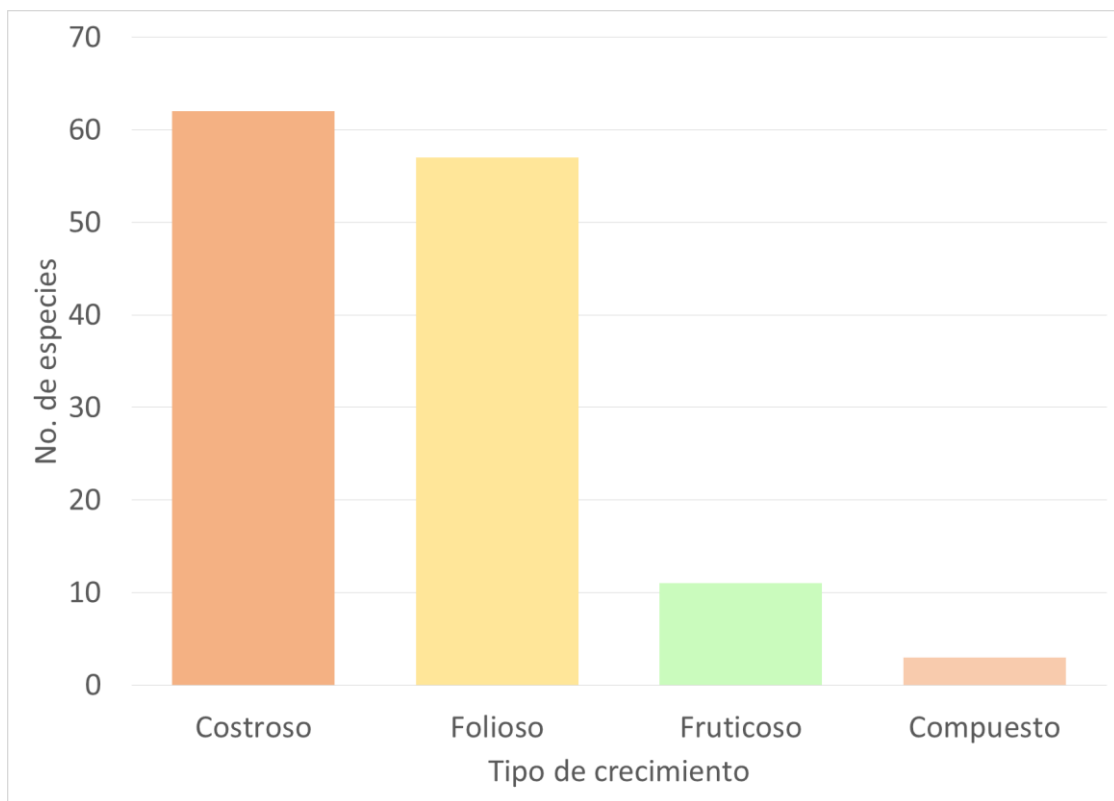


Figura 12. Riqueza de especies de acuerdo a las formas de crecimiento que presentaron los líquenes recolectados en el remanente de BMM de La Reserva Ecológica, la Cortadura, Coatepec, Veracruz.

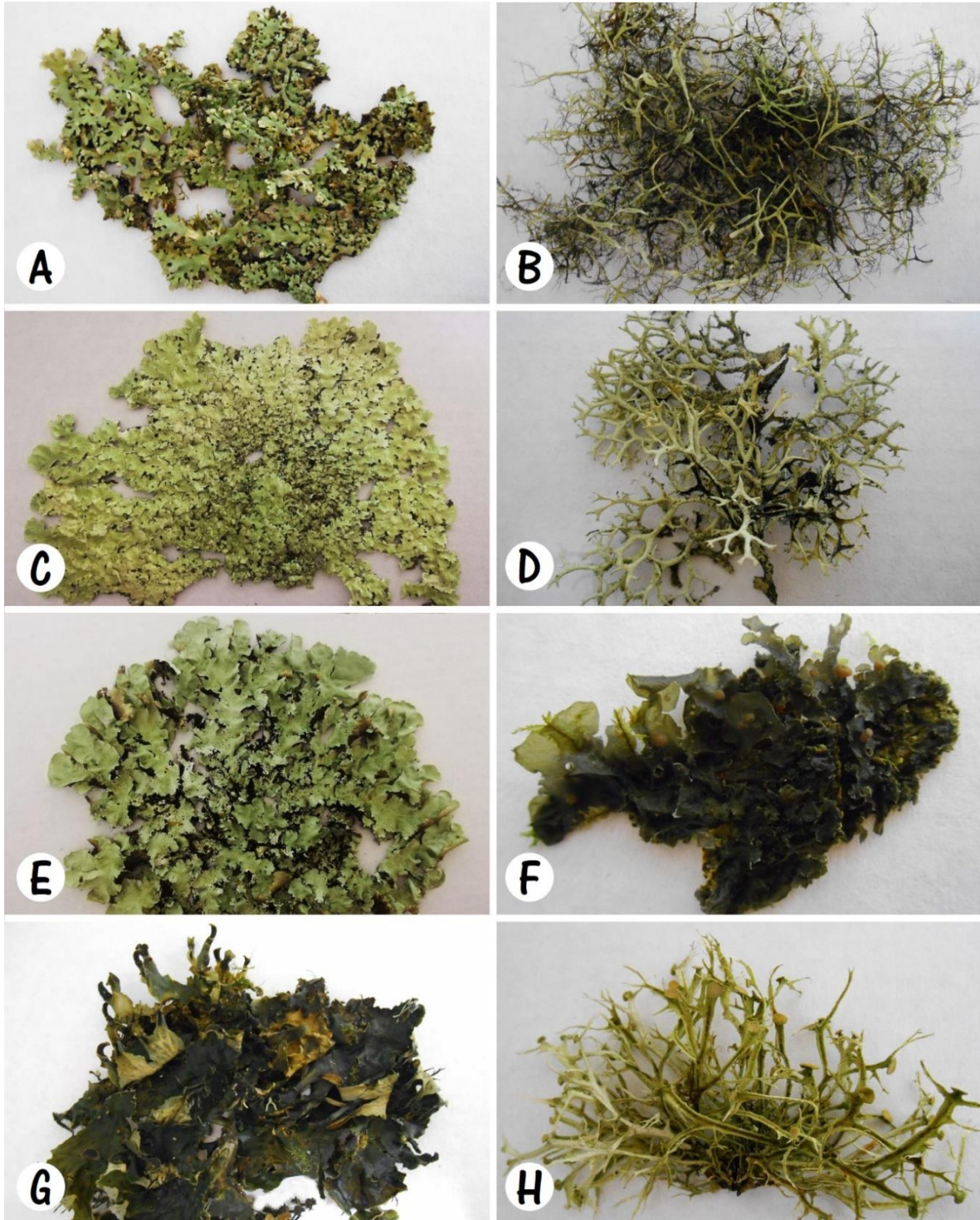


Figura 13. Líquenes foliosos y fruticosos encontrados en la zona de muestreo. **A)** *Parmeliopsis* cf. *hyperopta*, **B)** *Heterodermia linearis*, **C)** *Punctelia hypoleucites*, **D)** *Hypotrachyna vexans*, **E)** *Parmotrema mellisii*, **F)** *Leptogium azureum*, **G)** *Peltigera* cf. *austroamericana*, **H)** *Ramalina* grupo apoteciado.

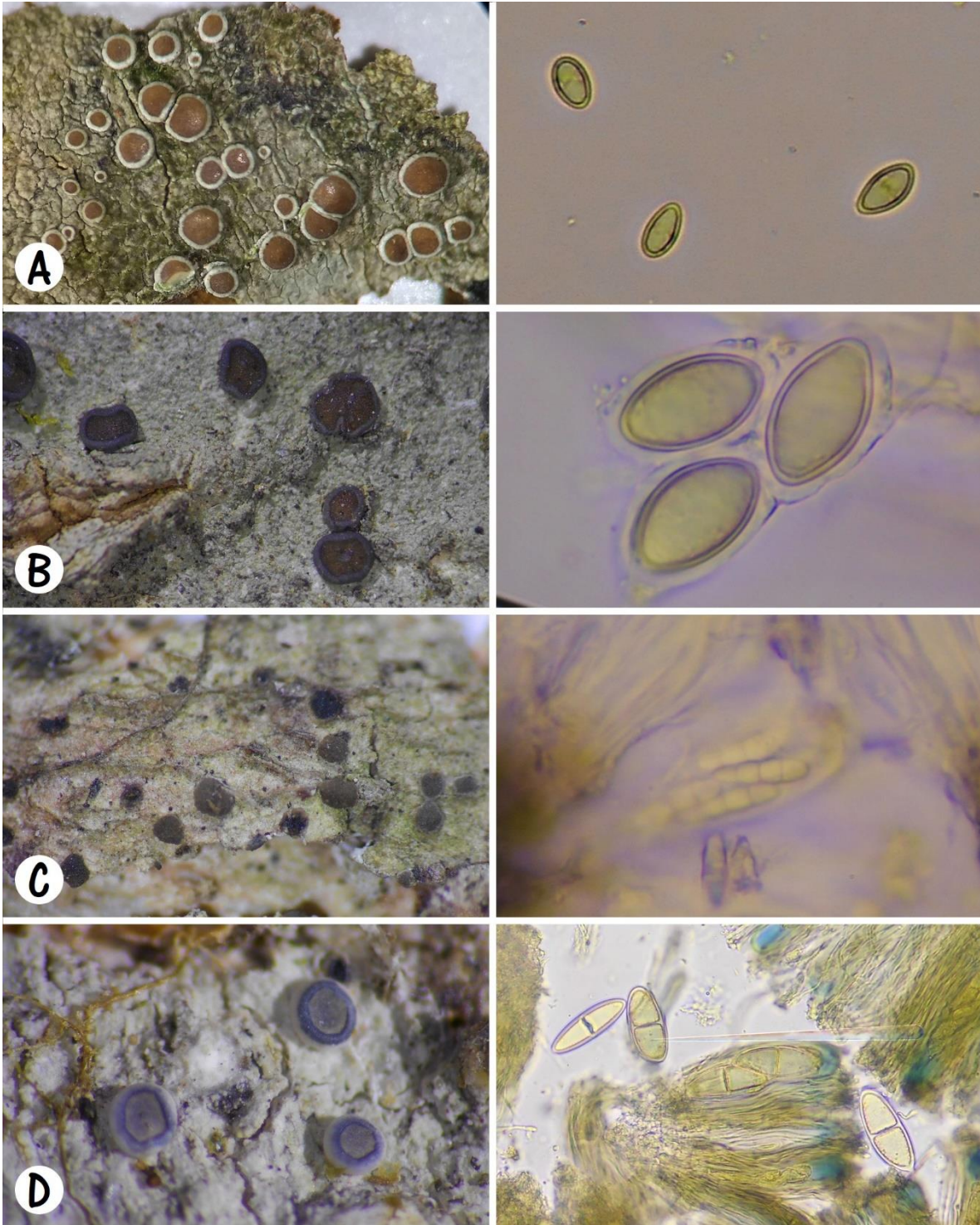


Figura 14. Líquenes costrosos. Las fotografías del lado izquierdo muestran los talos y en el lado derecho sus esporas: **A)** *Lecanora argentata*, **B)** *Malmidea hypomela*, **C)** *Fellhanera subtilis*, **D)** *Megalaria versicolor*.

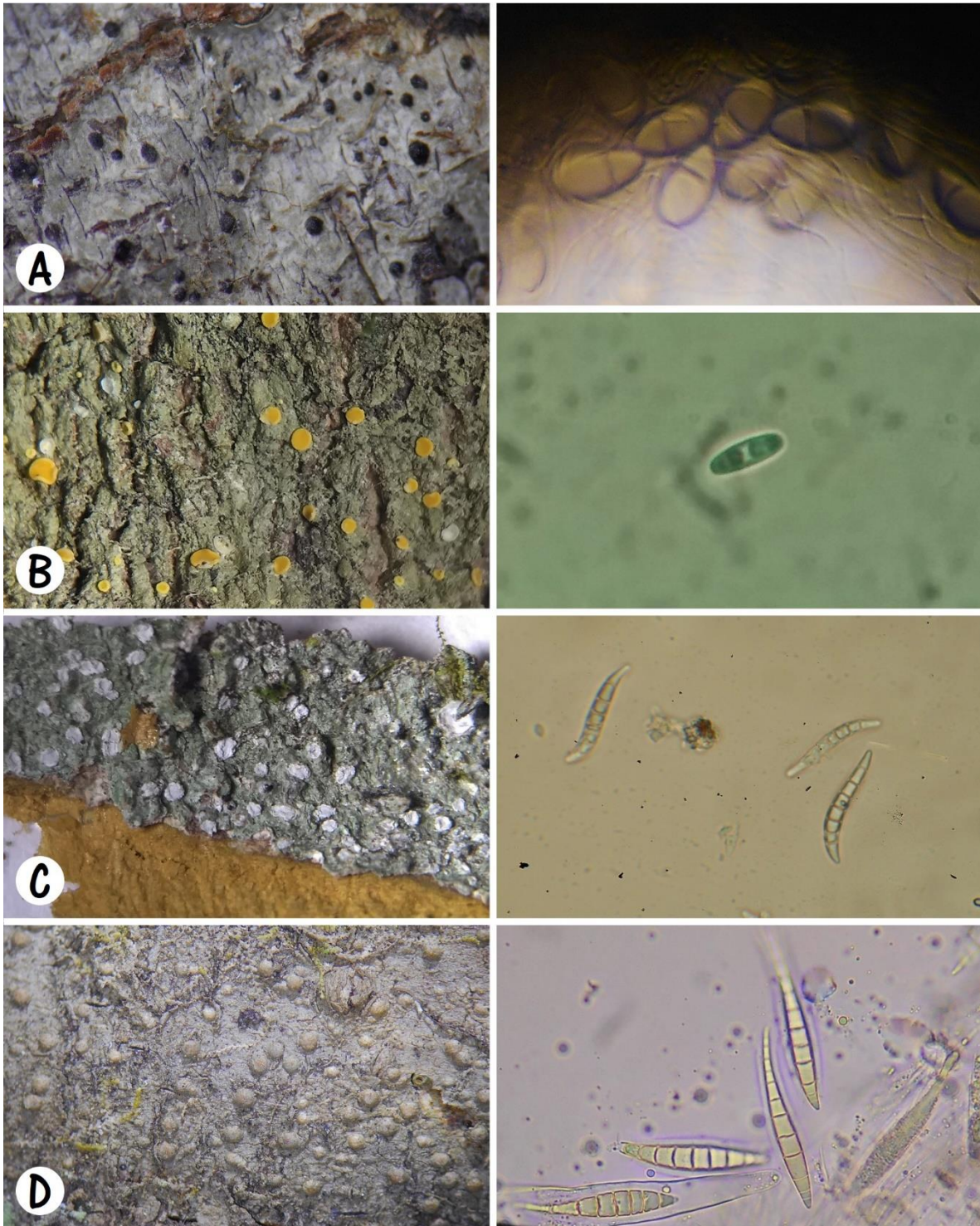


Figura 15. Líquenes costrosos. Las fotografías del lado izquierdo muestran los talos y en el lado derecho sus esporas: **A)** *Anisomeridium leptospermum*, **B)** *Coenogonium luteum*, **C)** *Phlyctis psoromica*, **D)** *Porina heterospora*.

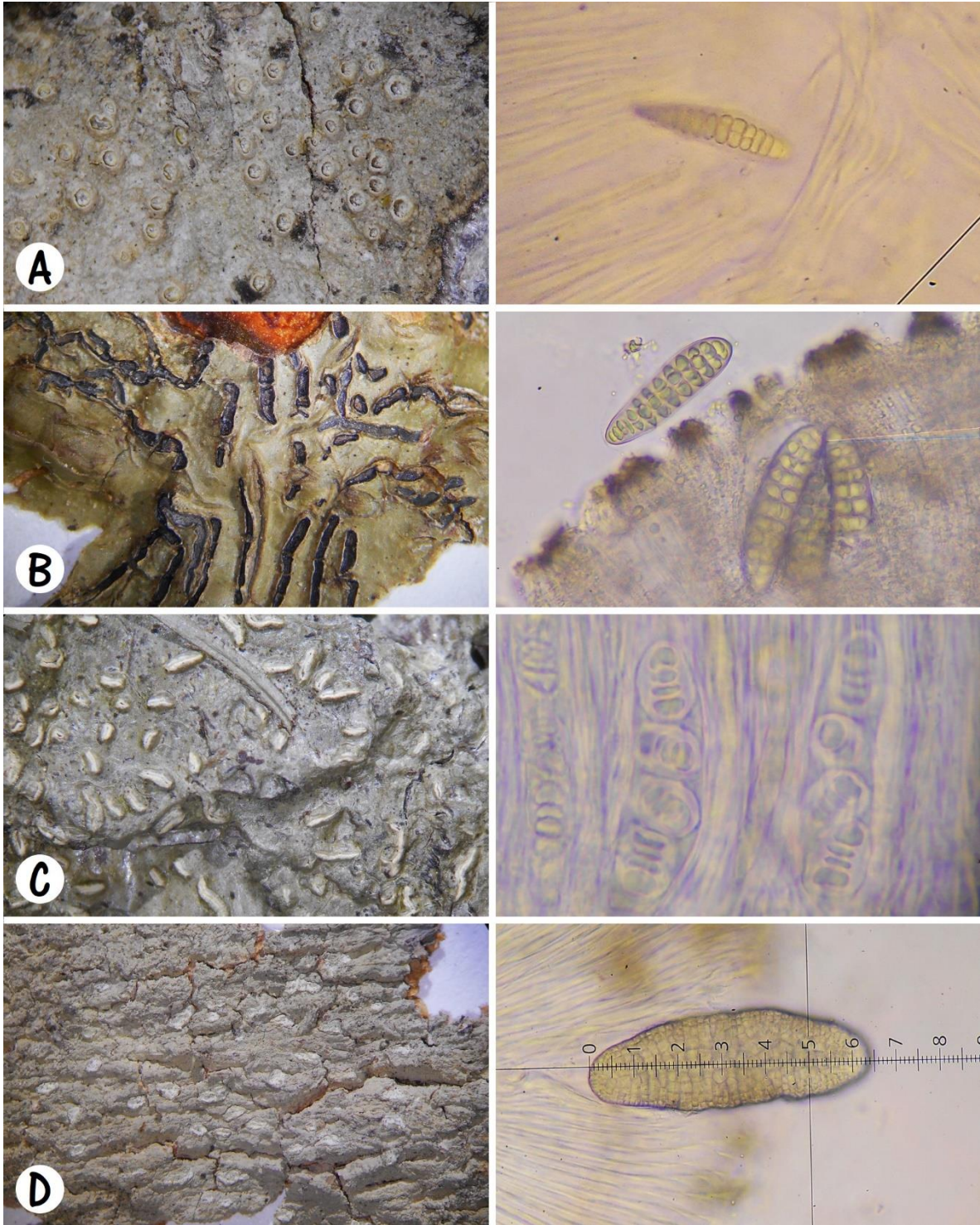


Figura 16. Líquenes costrosos. Las fotografías del lado izquierdo muestran los talos y en el lado derecho sus esporas: **A)** *Thelotrema suecicum*, **B)** *Platygramme caesiopruinosa*, **C)** *Fissurina triticea*, **D)** *Chapsa leprocarpa*.

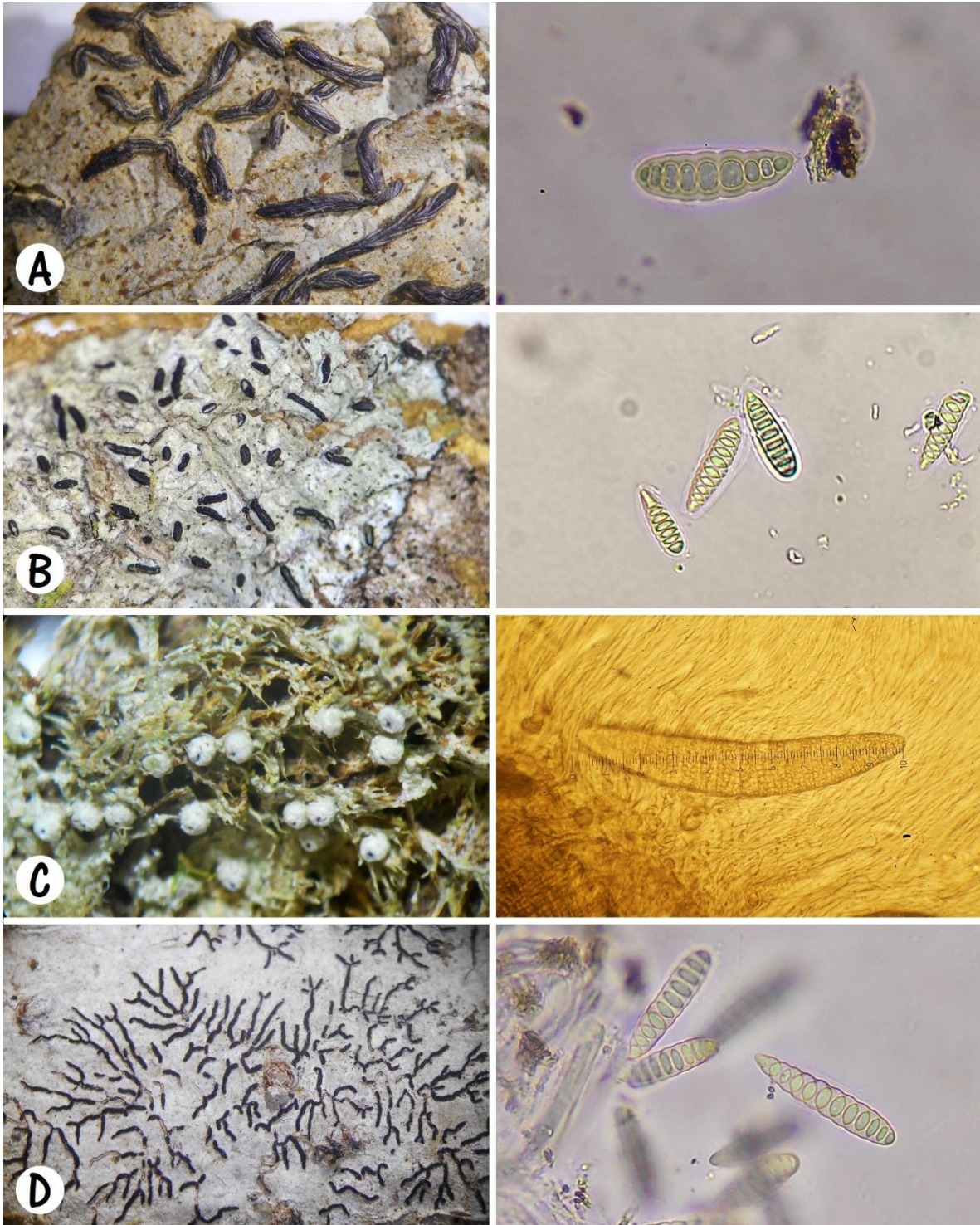


Figura 17. Líquenes costrosos. Las fotografías del lado izquierdo muestran los talos y en el lado derecho sus esporas: **A)** *Graphis elegans*, **B)** *Graphis anfractuosa*, **C)** *Allographa mexicana*, **D)** *Allographa striatula*.

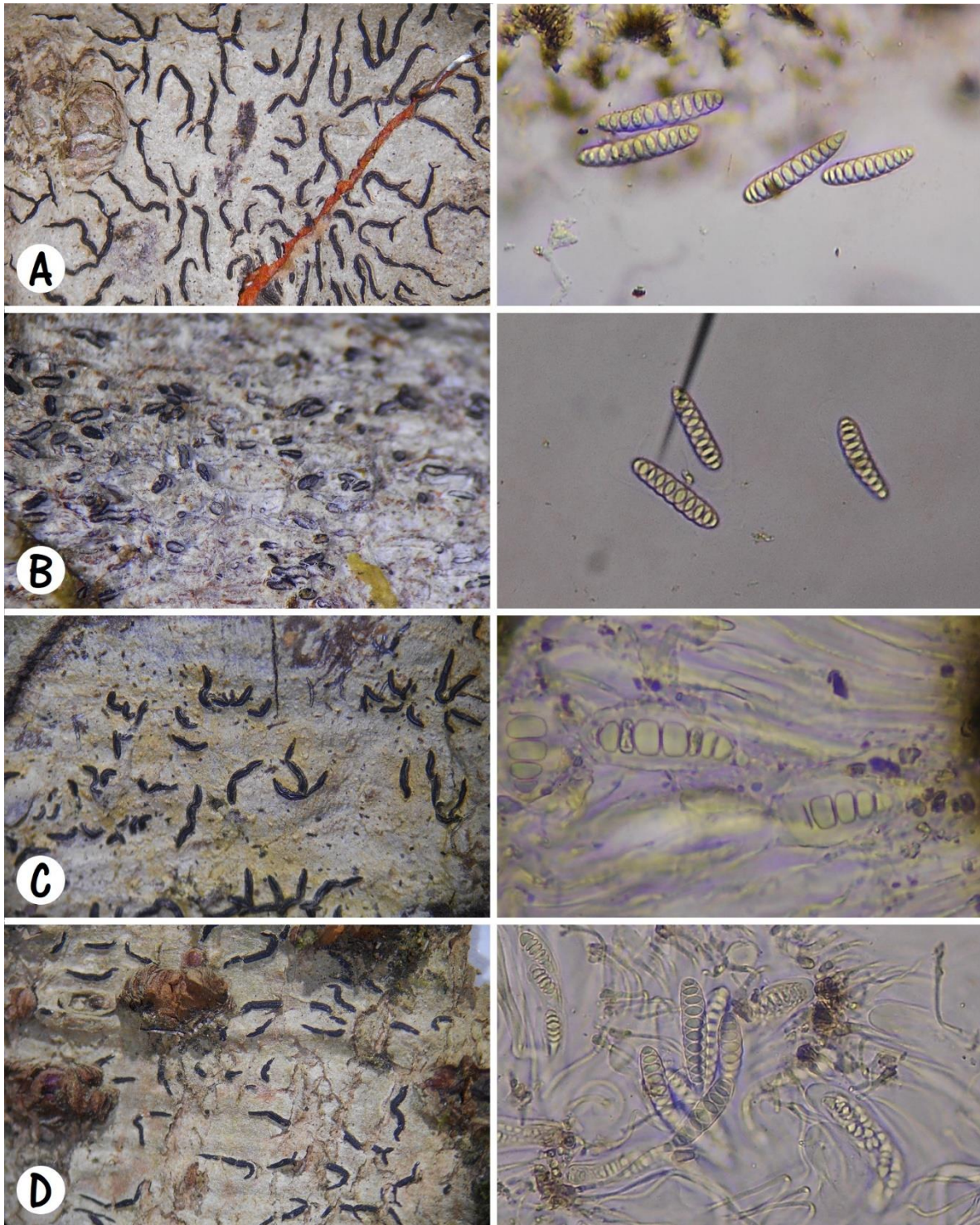


Figura 18. Líquenes costrosos. Las fotografías del lado izquierdo muestran los talos y en el lado derecho sus esporas: **A)** *Graphis subtenella*, **B)** *Graphis opegraphoides*, **C)** *Graphis dupaxana*, **D)** *Graphis tsunodae*.

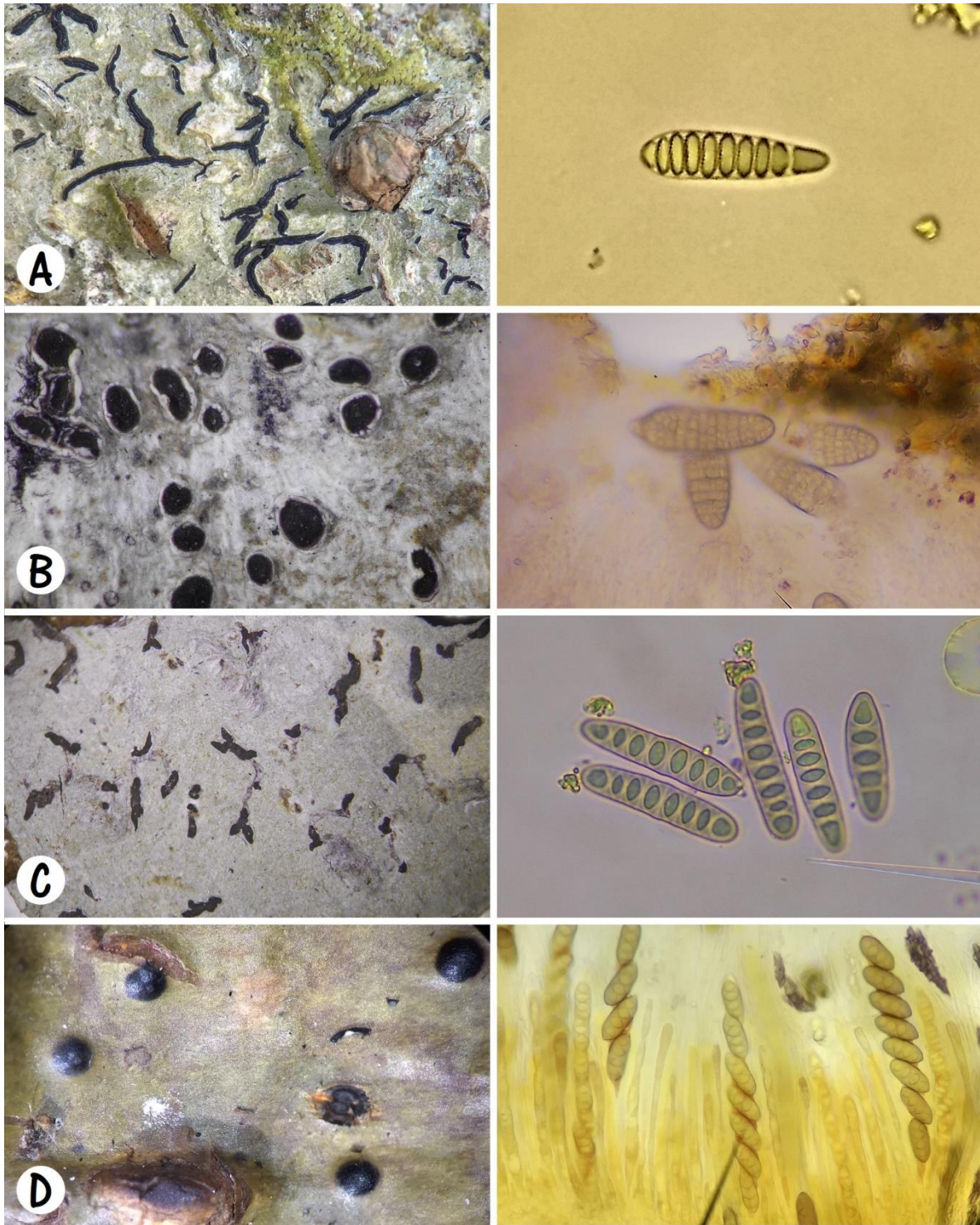


Figura 19. Líquenes costrosos. Las fotografías del lado izquierdo muestran los talos y en el lado derecho sus esporas: **A)** *Graphis vitata*, **B)** *Phaeographis atromaculata*, **C)** *Phaeographis dendritica*, **D)** *Pyrenula complanata*.

Discusión

Diversos estudios mencionan que entre las características de los forofitos que favorecen el establecimiento de los líquenes cortícolas es el tipo de corteza, su grosor así como la presencia de fisuras, ya que esto les permite tener una mayor captación y retención de agua (Loppi y Fratti 2004; Pérez-Pérez *et al.*, 2008; Soto *et al.*, 2012; Nunes *et al.*, 2019). Otro factor importante es el DAP, algunos autores consideran que a mayor DAP hay un mayor tiempo para que se dé la colonización y mayor superficie para el establecimiento de la liquenobiota (Nascimbene *et al.* 2009; Jüriado *et al.* 2015; Ruíz-Cáceres 2019; León González y Pérez-Pérez 2020). En este estudio, el forofito que presentó la mayor riqueza de líquenes fue *Clethra mexicana* no obstante a que tuvo promedios de DAP y altura menores a los reportados para la especie (González-Villarreal 1996); sin embargo, esto puede atribuirse a que fue la especie más frecuente en el sitio con 54 individuos; mientras que, a *Alchornea* sp., tuvo un DAP mayor pero solo se registró un individuo y ningún líquen. En el estudio llevado a cabo por Pérez-Pérez *et al.* (2015) reportaron tres individuos de *C. mexicana* en su zona de estudio con la presencia de apenas tres especies de hongos liquenizados.

La segunda especie de forofito que presentó más individuos que los otros forofitos muestreados fue *Alnus acuminata* subsp. *arguta* (17), esta especie tuvo valores altos de DAP y altura con respecto a lo reportado; su corteza se caracteriza por ser ligeramente arrugada, con fisuras horizontales (Carranza 1995), característica que facilita la colonización de la comunidad liquénica, al encontrarse en el 48 especies de hongos liquenizados. Esto coincide con el estudio de Ramírez-Peña (2019) quien muestreó solo en 10 individuos de *Alnus acuminata* subsp. *arguta* y reportó 89 especies de líquenes.

Por otra parte, la poca riqueza de líquenes que presentaron *H. mexicanum*, *Liquidambar* sp., y *Stirax* sp., se puede atribuir al hecho de que fueron los forofitos que tuvieron menor frecuencia de aparición en los cuadros muestreados; por ejemplo, Calderón (2006) menciona que la especie *H. mexicanum* es un elemento poco común en la zona y se considera vulnerable a la extinción.

Cuando se analizó la distribución de las especies de forofitos entre los cuadros, se observó que los cuadros 8, 9 y 10 estuvieron cercanos entre ellos y más alejados con respecto al resto; lo que se puede ver a más detalle en el dendrograma, se observó que tuvieron mayor similitud entre ellos y menor con el resto de los cuadros muestreados; algunos autores menciona que la distancia puede ser un factor importante ya que limita la dispersión y el establecimiento de la comunidad líquénica (Werth *et al.*, 2006, Pérez-Pérez *et al.* 2011; Nunes *et al.*, 2018). Por otro lado, se tiene al cuadro 4, en donde solo se encontraron forofitos de *Pinus patula*, en este cuadro dominaron las especies que pertenecen a los géneros *Parmotrema*, *Hypotrachyna* y algunas de la familia Graphidaceae, esto puede deberse a que son especies afines a sustratos con condiciones hostiles y presencia de resinas en la corteza tal y como lo menciona Simijaca *et al.* (2018).

Al analizar la riqueza de especies, los resultados obtenidos en este estudio no difieren de los previamente llevados a cabo en la zona al ser las familias Parmeliaceae y Graphidaceae las que dominaron, coincidiendo con algunos autores que mencionan que además de ser cosmopolitas, son las familias más grandes y mejor representadas en el país (Nash III *et al.* 2002; Herrera-Campos *et al.* 2014; Bárcenas-Peña 2016;; Egan *et al.* 2016; Castillo-Campos *et al.* 2019). En el caso particular de la familia Graphidaceae, puede estar relacionado tal y como describen Lücking y Rivas-Plata (2008) y Rosabal *et al.* (2012), con el tipo de fotobionte que participa en la simbiosis de esta familia (alga verde del género *Trentepohlia*), ya que es muy frecuente en las formaciones vegetales tropicales y en ambientes con altos grados de humedad como lo son los BMM.

Cáceres *et al.* (2008) mencionan que en la mayoría de los trabajos de campo, los líquenes costrosos casi no se recolectan y si se hace, no siempre se logran identificar, lo cual explica el reporte de nuevas especies y nuevos registros en cada estudio; tal y como ha ocurrido en la Reserva de La Cortadura (Córdova-Chávez *et al.*, 2014; Pérez-Pérez *et al.*, 2015; Córdova-Chávez *et al.*, 2016; Ruíz-Cázares, 2019, Ramírez-Peña, 2019; Castillo-Campos *et al.*, 2019), por lo que no es raro, que en este estudio se tengan 73 nuevos registros y que dominen los

líquenes costrosos (40 especies) sobre los líquenes foliosos (30 foliosos) y compuestos (3), entre las que destacan las seis probables nuevas especies y un género nuevo para la ciencia de líquenes costrosos. Lo anterior, sin duda puede verse favorecido al hecho de que el BMM de La Cortadura se encuentre en un área de difícil acceso tal y como lo mencionan algunos autores (García-Franco *et al.*, 2008; William-Linera, 2012; Pérez-Pérez *et al.*, 2015; Castillo-Campos *et al.*, 2019) y a pesar de que aún no se encuentre oficialmente catalogada dentro de las Áreas Naturales Protegidas del país (López-Arce *et al.* 2019); mientras el municipio continúe con su conservación será posible la conservación de todas aquellas especies que ahí habitan, como son los líquenes.

Conclusión

La riqueza y abundancia de hongos liquenizados está relacionada con la densidad de los forofitos así como de las características propias de la corteza y su altura.

A pesar de la variedad de forofitos que hubo en los diferentes cuadros, de las 10 especies de forofitos muestreadas solo 7 presentaron líquenes y al comparar la composición liquénica, se encontraron diferencias entre los forofitos, destacando *Clethra mexicana* que presentó una mayor riqueza, seguida por *Alnus acuminata* subsp. *arguta*.

Además de hacer muestreos dirigidos, es importante llevar a cabo la recolecta general, en todos los sustratos disponibles, ya que fueron 27 especies que no se encontraron en los diferentes forofitos muestreados.

Entre las especies recolectadas sobre forofitos, se tienen 133 especies, de las cuales 73 son nuevos registros para la Reserva de La Cortadura y para el estado de Veracruz, entre los registros se incluye 6 probables nuevas especies (*Coenogonium* aff. *nepalense*, *Acanthothecis* sp., *Phaeographis* aff. *bicolor*, *Pertusaria* aff. *azulensis* y *Lecanora* sp.) y un género nuevo para la ciencia. Estos resultados permiten reconocer que a pesar de los estudios que se han llevado en el BMM de La Reserva Ecológica de La Cortadura, Coatepec, Veracruz, aún falta mucho por estudiar y entender de las comunidades liquénicas.

Referencias bibliográficas

ÁGUILA RODRÍGUEZ G. 2017 – Composición de la comunidad liquénica en dos remanentes de bosque mesófilo con diferente grado de conservación en la Sierra Nororiental de Puebla. *Tesis de licenciatura, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla*. 42 pp.

BARCENAS-PEÑA A. 2016 – Taxonomía y comparación de la diversidad de *Graphis* en diferentes tipos de vegetación en México. *Tesis doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México*. 179 pp.

BAUTISTA GONZÁLEZ J. A. 2017 – Uso, conocimiento local y cosmovisión de líquenes en la región de Tehuacán-Cuicatlán. *Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México*. 152 pp.

BRODO I. M. 2016 - Keys to Lichens of North America: Revised and expoded. *Yale University Press*. 422 pp.

BRODO I. M., SHARNOFF S. D. & SHARNOFF S. 2001 - Lichens of North America. *New Haven: Yale University Press*.

CÁCERES M. E. S., LÜCKING R. & RAMBOLD G. 2008 – Efficiency of sampling methods for accurate estimation of species richness of corticolous microlichens in the Atlantic rainforest of northeastern Brazil. *Biodiversity Conservation* 17:1285-1301. DOI: 10.1007/s10531-008-9342-3.

CÁCERES M.E.S., LÜCKING R. & RAMBOLD G. 2007 — Phorophyte specificity and environmental parameters versus stochasticity as determinants for species composition of corticolous crustose lichen communities in the Atlantic rain forest of northeastern Brazil. *Mycological Progress* 6: 117-136.

CALDERÓN G., 2006 – Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Chloranthaceae. *Instituto de Ecología*. 7 pp.

CARRANZA E., 1993 – Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Styracaceae. *Instituto de Ecología*. 14 pp.

CASTILLO-CAMPOS G., PÉREZ-PÉREZ R. E., CÓRDOVA-CHÁVEZ O., GARCÍA-FRANCO J. G. & CÁCERES M. E. S. 2019 – Vertical distribution of epiphytic lichens on *Quercus laurina* Humb. & Bonpl. In a remnant of cloud forest

in the state of Veracruz, Mexico. *Nordic Journal of Botany* e02459. DOI; 10.1111/njb.02459.

CONABIO. 2010 - El Bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y oportunidades para su conservación y manejo sostenible. *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad* 197 pp. México D.F., México.

CONTI M. E. & CECCHETTI G. 2001 – Biological monitoring: lichens as bioindicators or air pollution assessment – a review. *Environmental Pollution* 144 (47): 1- 492.

CÓRDOVA-CHÁVEZ O., APTROOT A., CASTILLO-CAMPOS G., DA SILVA M. E. & PÉREZ-PÉREZ R. E. 2014 – Three new lichen species from cloud forest in Veracruz, México. *Cryptogamie Mycologie* 35 (2): 157-162.

CÓRDOVA-CHÁVEZ O., CASTILLO-CAMPOS G., PÉREZ-PÉREZ R. E., GARCÍA-FRANCO J. G. & DA SILVA M. E. 2016 – Alpha diversity of the lichens associated with *Quercus laurina* in a mountain cloud forest at Cofre de Perote Eastern slope (La Cortadura), Veracruz, México. *Cryptogamie Mycologie* 37 (2): 193-204.

DE LA ROSA I. N. & NEGRETE-YANKELEVICH S. 2012 – Distribución espacial de la macrofauna edáfica en bosque mesófilo secundario y pastizal de la reserva La cortadura, Coatepec, Veracruz. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 201-215.

EGAN R.S. & LENDEMER J.C. 2016 - *Punctelia* in Mexico. En: Herrera-Campos M.A., Pérez-Pérez R.E. & Nash III T.H. - Lichens of Mexico. The Parmeliaceae – Keys, distribution and specimen descriptions. *J. Cramer*. 453-480 pp.

EGAN R.S., PÉREZ-PÉREZ R.E. & NASH III T.H. 2016. *Parmotrema* in Mexico. HERRERA-CAMPOS M., PÉREZ-PÉREZ R. E. & NASH III T.H. (Eds.) En Lichens of Mexico The Parmeliaceae –Keys, distribution and specimen descriptions. Alemania. *Borntraeger Science Publishers*. 319-323 pp.

ELIGIO GONZÁLEZ S. 2014 – Flora líquénica en fragmentos de bosque mesófilo de montaña de Cuetzalan, Puebla, México. *Tesis licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Morelos*. 48 pp.

ESTRABOU C., QUIROGA C. & RODRÍGUEZ J. M. 2014 – Lichen community diversity on a remnant forest in south of Chaco región (Cordoba, Argentina). *BOSQUE* 35(1): 49-55.

FILIPPINI E. R., RODRÍGUEZ J. M. & ESTRABOU C. 2014 – Lichen community from an endangered forest under different practices in central Argentina. *LAZAROA* 35: 55-63.

FLAKUS A., AHTI T., KUKWA M. & WILK K. 2008 – New and interesting records of *Cladonia* and their lichenicolous fungi from the Andean cloud forest in Bolivia. *Finnish Zoological and Botanical Publishing Broad* 45: 448-454.

FRITZ, O., NIKLASSON, M. & CHURSKI, M. 2008 – Tree age is a key factor for the conservation of epiphytic lichen and bryophytes in beech forest. *Applied vegetation science* 12: 93-106.

GARCÍA-FRANCO J. G., CASTILLO-CAMPOS G., MEHLTRETER K., MARTÍNEZ M. L. & VÁZQUEZ G. 2008 – Composición florística de un bosque mesófilo del centro de Veracruz. México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 83:37-52.

GEHRIG-DOWNIE, C., OBREGON A., BENDIX J. & GRADSTEIN S. R. 2011 - Epiphyte biomass and canopy microclimate in the tropical lowland cloud forest of French Guiana. *Biotropica* 43(5): 591–596.

GONZÁLEZ-TEJERO M.R., MARTÍNEZ-LIROLA M. J., CASARES-PORCEL M. & MOLERO-MESA J. 1995 – Three lichens used in popular medicine in Eastern Andalucía (Spain). *Economic Botany* 49 (1) 96-98.

GONZÁLEZ-VILLAREAL L. M. 1996 – Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Clethraceae. *Instituto de Botánica, Universidad de Guadalajara* 18 pp.

GRADSTEIN S. R., HIETZ P., LÜCKING R., LÜCKING A., SIPMAN H. J. M., VESTER H. F. M., WOLF J. H. D. & GARDETTE E. 1996 – How to sample the epiphytic diversity of tropical rain forest. *ECOTROPICA* 2: 59-72.

GUAL-DÍAZ M. & RENDÓN-CORONA A. (Comps). 2014 – Bosques mesófilos de montaña de México: diversidad, ecología y manejo. *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. México. 352 pp.

HAWKSWORTH D. L. 2002 – Lichens. *Encyclopedia of Life Sciences*.

HAWKSWORTH L. D., ITURRIAGA T. & CRESPO A. 2005 – Líquenes como bioindicadores inmediatos de la contaminación y cambios medio-ambientales en los trópicos. *Revista Iberoamericana de Micología* 22:71-82.

HERRERA-CAMPOS M., LÜCKING R., PÉREZ-PÉREZ R. E., MIRANDA GONZÁLEZ R., SÁNCHEZ N., BARCENAS-PEÑA A., CARRIZOSA A., ZAMBRANO A., RYAN B. & NASH III T. 2014 – Biodiversidad de líquenes en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: S82-S99.

HERRERA-CAMPOS M.A., LÜCKING R., PÉREZ-PÉREZ R. E., CAMPOS A., COLÍN P. & BARCENAS-PEÑA A. 2004 – The foliicolous lichen flora of Mexico. V. Biogeographical affinities, altitudinal preferences, and an updated checklist of 293 species. *The Lichenologist* 36 (5): 309-327.

HERRERA-CAMPOS, M., PÉREZ-PÉREZ, R. E. & NASH III, T. H. 2016 – Lichens of Mexico The Parmeliaceae – keys, distribution and specimen descriptions. *J. Cramer* 723 pp.

HODGETTS N. G. 1992 – *Cladonia*: a field guide. *Joint Nature Conservation Committee Peterborough*. 42 pp.

INGRAM S. W. & NADKARNI N. M. 1993 – Composition and distribution of epiphytic organic matter in a Neotropical cloud forest, Costa Rica. *Biotropica* 25(4): 370-383.

JORGENSEN, P. M. & NASH III, T. H. 2004 – Clave *Leptogium* Nash III, T. H., RYAN P., DIEDERICH, D., & BUNGARTZ (EDS) En Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert Region. *Lichens Unlimited* Tempe, Arizona, USA. 330-350 pp.

JÜRIADO I., LEPPIK E., LÖHMUS P., RANDLANE T. & LIIRA J. 2015 – Epiphytic lichens on *Juniperus communis* – an unexplored component of biodiversity in threatened alvar grassland. *Nordic Journal of Botany* 33: 128 – 139.

KNOPS J. M., NASH III T. H., BOUCHER V. L. & SCHLESINGER W. H. 1991 – Mineral cycling and epiphytic lichens: implications at the ecosystem level. *Lichenologist* 23(3): 309-321.

LEÓN-GONZÁLEZ D. & PÉREZ-PÉREZ R. E. 2020 – Líquenes epífitos en *Juniperus fláccida* Schltl. (Cupressaceae) – Componente importante de los bosques templados de Oaxaca, México. *Acta Biológica Colombiana* 25(2): 235-245.

LÓPEZ-ARCE L., URETA-SÁNCHEZ C., GRANADOS-SÁNCHEZ D., RODRÍGUEZ-ESPARZA L. & MONTERROSO-RIVAS A. 2019 – Identifying cloud forest conservation áreas in Mexico from the potential distribution of 19 representative species. *Heliyon* 5: e01423.

LOPPI S. & FRATTI. 2004 - Influence of tree substrate on the diversity of epiphytic lichens: comparison between *Tilia platyphyllos* and *Quercus ilex* (Central Italy). *The Bryologist*. 107: 340-344.

LÜCKING R. & RIVAS PLATA E. 2008 – Clave y guía ilustrada para géneros de Graphidaceae. *Glalia* 1: 1-41.

LÜCKING R., HODKINSON B. P. & LEAVITT S. D. 2016 – The 2016 classification of the lichenized fungi in the Ascomycota and Basidiomycota – Approaching one thousand genera. *The Bryologist* 119(4):361-416.

LÜCKING R., RIVAS PLATA E., CHAVEZ J. L., UMAÑA L. & SIPMAN H. J. 2009 – How many tropical lichens are there... really? *Diversity of Lichenology* 100: 399-418.

MARTÍNEZ I., BELINCHÓN R., OTÁROLA M. G., ARAGÓN G., PRIETO M. & ESCUDERO A. 2011 – Efectos de la fragmentación de los bosques sobre los líquenes epífitos en la Región Mediterránea. *Ecosistemas* 20 (2): 54-57.

McDONALD L., WOUDEBERG M., DORIN B., ADCOBK A. M., McMULLIN R. T. & COTTENIE K. 2017 – The effects of bark quality on corticolous lichen community composition in urban parks of southern Ontario, *Botany* 25(12).

MILLER K. M., WAGNER R. G. & WOODS S. A. 2008 – Arboreal arthropod associations with epiphytes following gap harvesting in the Acadian forest of Maine. *The Bryologist* 111(3): 424-434.

MULLIGAN, M. & BURKE, S.M. 2005 - DFID FRP Project ZF0216 Global cloud forests and environmental change in a hydrological context. *Forestry Research Programme* 74 pp.

MUÑOZ-VILLERS E. M., HOLWERDA F., ALVARADO-BARRIENTOS M.S., GEISSERT D., MARÍN-CASTRO B., GÓMEZ-TAGLE A., MCDONNELL J., ASBJORNSEN H., DAWSON T. & BRUIJNZEEL L. A. 2015 – Efectos hidrológicos de la conversión del bosque de niebla en el centro de Veracruz, México. *BOSQUE* 36 (3): 395-407.

NASCIMBENE J., MARINI L., MOTTA R. & LUIGI P. 2009 – Influence of tree ages, tree size and crown structure on lichen communities in mature Alpine spruce forest. *Biodiversity Conservation* 18: 1509-1522.

NASH III T. H. 1996 – Lichen biology. *Cambridge University Press*. Capítulo 1. United Kindom 289 pp.

NASH III T. H., RYAN D., CORINNA G. & BUNGARTZ F. 2002 – Lichen flora of the Greater Sonoran Desert Region. *Lichen unlimited ASU*, Volumen 1. Tempe, Arizona 532 pp.

NASH III T.H., PÉREZ-PÉREZ R.E. & ELIX J.A. 2016 - *Hypotrachyna* in Mexico. En: Herrera-Campos M.A., Pérez-Pérez R.E. & Nash III T.H. - Lichens of Mexico. The Parmeliaceae – Keys, distribution and specimen descriptions. *J. Cramer*. 155-256 pp.

NG O. H., TAN B. C. & OBBARD J.P. 2005 – Lichens as bioindicators of atmospheric heavy metal pollution in Singapore. *Environmental Monitoring and Assessment* 123: 63-74.

NORMANN F., WEIGELT P., GEHRIG-DOWNIE C., GRADSTEIN S. R., SIPMAN H. J. M., OBREGÓN A. & BENDRIX J. 2010 – Diversity and vertical distribution of epiphytic macrolichen in lowland rain forest and lowland cloud forest of French Guiana. *Ecological Indicators* 1111-1118.

NUNES L., BURLE G., GUMBOSKI E. L. & DECHOUM M. 2018 – Abiotic effects on the cover and richness of corticolous lichens on *Araucaria angustifolia* trunks. *Acta Botánica Brasilica* 33 (1): 21-28.

PECK, J., GABNER, J. & LADD, D. 2002 – The lichen communities of the southeastern Missouri Ozarkes: lessons in species associations, habitat partitioning, and distribution from the mofep study. *The Missouri Department of Conservation* 41 pp.

PÉREZ-PÉREZ R. E. & GUZMÁN G. 2015 – *Parmotrema* species in a cloud forest región turned into an urban zone in Xalapa, Veracruz, México. *Bosque* 36(3): 357-362.

PÉREZ-PÉREZ R. E., CASTILLO-CAMPOS G. & CÁCERES M. E. S. 2015 – Diversity of corticolous lichens in cloud forest remnants in La Cortadura, Coatepec, Veracruz, México in relation to phorophytes and hábitat fragmentation. *Cryptogamie, Mycologie* 36(1): 79-92.

PÉREZ-PÉREZ, R. E., MIRAMONTES-ROJAS, N., AGUILAR-ROSALES, J. & QUIROZ-CASTELÁN, H. 2008 – Macrolíquenes cortícolas en dos especies de coníferas del Parque Nacional Lagunas de Zampoala. *Acta Universitaria* 18:002 pp. 33-39.

PÉREZ-PÉREZ, R. E., QUIROZ-CASTELÁN, H., HERRERA-CAMPOS, M.A. & GARCÍA-BARIOS, R. 2011 - Scale-dependent effects of management on the richness and composition of corticolous macrolichens in pine-oak forests of Sierra de Juárez, Mexico. *Bibliotheca Lichenologica*. 106:243-258.

PRICE K., & HOCHACHKA G., 2001 – Epiphytic lichen abundance: effects of stand age and composition in Coastal British Columbia. *Ecological Applications* 11(3): 904-913.

PURVIS O. W., JAMES P. W. & SMITH C. W. 1995 – Studies on the lichens of the Azores. Part 3, Macrolichens of relict cloud forest. *Boletim do Museu Municipal do Funchal* 4: 599-619.

PURVIS, W. 2000 – Lichens. *The Natural History Museum* 46-47 pp.

PUY-ALQUIZA M. J., MIRANDA-AVILES R., ZANOR G. A., SALAZAR-HERNÁNDEZ M. M. & ORDAZ-ZUBIA V. Y. 2017 – Study of the distribution of heavy metals in the atmosphere of the Guanajuato city: use of saxicolous lichen species as bioindicators. *Ingeniería Investigación y Tecnología XVIII* (1) 111-126.

RAMÍREZ-PEÑA M. D. 2019 – Diversidad y distribución vertical de los líquenes cortícolas de *Alnus acuminata* subsp. *arguta* en la Reserva Ecológica La Cortadura, Coatepec, Veracruz, México. *Tesis de maestría, Instituto de Ecología* 52 pp.

RINCÓN-ESPITIA A. 2013 – Caracterización morfológica y anatómica del género *Stereocaulon* Hoffmann (Ascomycetes-Lichenizados) en Colombia. *Botánica-Morfología* 35 (2): 241-260.

ROSABAL D., BURGATZ A. R. & REYES O. J. 2012 – Diversidad y distribución vertical de líquenes cortícolas en la pluvisilva Montana de la Gran Piedra, Cuba. *Botánica Complutensis* 36: 19-30.

RUIZ-CAZARES A. G. 2019 – Diversidad líquénica en individuos de *Quercus laurina*, con diferentes diámetros en un bosque mesófilo de montaña de la Reserva La Cortadura, en las faldas orientales de Cofre de Perote, Coatepec, Veracruz. *Tesis de maestría, Instituto de Ecología* 75 pp.

RZEDOWSKI J. 1996 – Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Botánica Mexicana* 35: 25-44.

SIMIJACA D., MONCADA B. & LÜCKING R. 2019 – Bosque de roble o plantación de coníferas ¿Qué prefieren los líquenes?. *Colombia Forestal* 21(2): 123-141.

SIPMAN H. 2005 – Identification key and literatura guide to the genera of lichenized fungi (Lichens) in the Neotropics. Provisional versión. *Botanic Garden Museum Berlín-Dahlem*. Free University of the Berlín. <http://www.bgbm.org/sipman/keys/neokeyA.htm>.

SMITH C. W. 1995 – Lichens as indicators of cloud forest in Hawai'i. *Springer-Verlag* 425 pp.

SOTO E., LÜCKING R. & BOLAÑOS A. 2012 – Especificidad de forófito y preferencias microambientales de los líquenes cortícolas en cinco forófitos del bosque premontano de finca Zíngara, Cali, Colombia. *Revista de Biología Tropical*. 60 (2): 843-856.

STILING P. 2002 – Ecology Theories and application. *Prentice-Hall*. 403 pp.

STUBBS C. S. 1989 – Patterns of distribution and abundance of corticolous lichens and their invertebrate associates on *Quercus rubra* in Maine. *The Bryologist* 92(4): 453-460.

UPRETI D. K., DIVAKAR P. K. & NAYAKA S. 2005 – Commercial and ethnic use of lichens in India. *Economic Botany* 59 (3): 269-273.

VILLASEÑOR J. L. 2010 - El bosque húmedo de montaña en México y sus plantas vasculares: catálogo florístico-taxonómico. *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad - Universidad Nacional Autónoma de México* 40 pp. México, D.F.

WANG L., NARUI T., HARADA H., CULBERSON C. F. & CULBERSON W. L. 2001 – Ethnic uses of lichens in Yunnan, China. *The Bryologist* 104 (3): 345-349.

WERH S., WAGNER H. H., GUGELI F., HOLDEREGGER R., CSENCSIS D., KALWIJ J. M. & SCHEIDEGGER C. 2006 – Quantifying dispersal and establishment limitation population of an epiphytic lichen. *Ecology* 87(8), 2037-246.

WILLIAMS-LINERA G. 2012 – El bosque de niebla del centro de Veracruz: ecología, historia y destino en tiempos de fragmentación y cambio climático. *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)*. 208 pp.

WILLIAMS-LINERA G., TOLEDO-GARIBALDI M. & GALLARDO C. 2013 – How heterogeneous are the cloud forest communities in the mountains of central Veracruz, Mexico? *Plant Ecology* 214:685-701.

WILL-WOLF S., HAWKSWORTH D. L., MCCUNE B., ROSENRETER R. & SIPMAN H. J. M. 2004 - Lichenized fungi. *Biodiversity of Fungi* 173–195.