



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**  
INSTITUTO DE BIOLOGÍA  
ECOLOGÍA

**TAXONOMÍA Y COMPARACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE *GRAPHIS* EN DIFERENTES TIPOS  
DE VEGETACIÓN EN MÉXICO**

**TESIS**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**DOCTORA EN CIENCIAS**

PRESENTA:

**ALEJANDRINA BARCENAS PEÑA**

**TUTORA PRINCIPAL DE TESIS: DRA. MARÍA DE LOS ANGELES HERRERA CAMPOS**  
INSTITUTO DE BIOLOGÍA, UNAM

**COMITÉ TUTOR: DR. ROBERT LÜCKING**  
THE FIELD MUSEUM OF CHICAGO, BOTANISCHER GARTEN UND  
BOTANISCHES MUSEUM, BERLIN-DAHLEM, ALEMANIA

**DR. EDUARDO MORALES GUILLAUMIN**  
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM

**TUTOR INVITADO: DR. FRANK BUNGARTZ**  
CHARLES DARWIN RESEARCH STATION, QUITO, ECUADOR



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dr. Isidro Ávila Martínez  
Director General de Administración Escolar, UNAM  
Presente

Me permito informar a usted que en la reunión del Subcomité por Campo de Conocimiento de Ecología y Manejo Integral de Ecosistemas del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 25 de enero de 2016, se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **DOCTORA EN CIENCIAS** de la alumna **BARCENAS PEÑA ALEJANDRINA** con número de cuenta **505017569** con la tesis titulada: **"Taxonomía y comparación de la diversidad de *Graphis* en diferentes tipos de vegetación en México"**, realizada bajo la dirección de la **DRA. MARÍA DE LOS ANGELES HERRERA CAMPOS**:

Presidente:	DR. CLAUDIO DELGADILLO MOYA
Vocal:	DR. ROBERT LÜCKING
Secretario:	DR. JOAQUÍN CIFUENTES BLANCO
Suplente:	DR. ROBERTO GARIBAY ORIJEL
Suplente	DR. EDUARDO MORALES GUILLAUMIN

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**  
Cd. Universitaria, Cd. Mx, a 7 de abril de 2016.

*M. del Coro Arizmendi*  
**DRA. MARÍA DEL CORO ARIZMENDI ARRIAGA**  
**COORDINADORA DEL PROGRAMA**



c.c.p. Expediente del (la) interesado (a)

## AGRADECIMIENTOS

A) Al Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM por brindar todas las condiciones para realizar este proyecto.

B) Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca de doctorado otorgada (165048) para la realización de esta tesis.

C) Al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica-UNAM (PAPIIT) por su financiamiento a través del proyecto IN225808.

D) Al Field Museum de Chicago por el apoyo para realizar dos estancias de investigación durante el desarrollo de la tesis.

E) A los Honorables Miembros del Comité Tutorial: Dres. María de los Angeles Herrera Campos, Robert Lücking, Eduardo Morales Guillaumin y Frank Bungartz por sus valiosos comentarios y sugerencias durante el curso de este trabajo.

## AGRADECIMIENTOS A TÍTULO PERSONAL

A mi maestra la Dra. María de los Angeles Herrera Campos por abrirme las puertas y brindarme sus consejos durante mi permanencia en el Instituto de Biología.

Al Dr. Robert Lücking por siempre estar atento a mi desarrollo académico, por su apoyo y amistad.

A los Dres. Eduardo Morales Guillaumin y Frank Bungartz por la revisión y seguimiento de esta tesis.

A los Dres. Mark Olson, Ángel Zambrano, Claudio Delgadillo y Joaquín Cifuentes por su evaluación y sus acertadas sugerencias en el examen de Candidatura. A estos dos últimos, así como a los Dres. Lücking, Morales y Garibay por la revisión de esta tesis.

A la Biól. Rosamond Coates, por siempre estar al pendiente de mi en el trabajo de campo en Los Tuxtlas, Veracruz. Al M. en C. Álvaro Campos por su ayuda en la identificación de los árboles y a los señores Eladio y Lázaro Velazco por su asistencia en el campo también en Los Tuxtlas.

Al Dr. Jorge Vega por su apoyo logístico y a los señores Diego y Salvador por su ayuda en el campo en Chamela, Jalisco.

Al Dr. Arturo Mora de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, a los Dres. Larry Lawrence y Guillermo Aguilar de la Universidad de Texas, al M. en C. Pablo Medina y el señor Vicente por su apoyo en el campo en El Cielo, Tamaulipas.

A mi compañero y amigo Ricardo Miranda por todas las experiencias en el campo y en el laboratorio.

A la Dra. Rosa Emilia Pérez por haberme iniciado en la liquenología.

Al Dr. Atilano Contreras por apoyarme en mi ingreso al Doctorado.

Al Dr. Martín García y Rocío González por siempre ayudarme en mis diligencias en el Posgrado.

A la Biól. Susana Guzmán del Laboratorio de Fotografía de la Biodiversidad por su ayuda en gran parte de las fotografías de esta tesis.

Al Dr. Gabriel Gutiérrez por su asesoría para la realización de los análisis estadísticos.

A todos mis profesores, tanto de la Universidad Autónoma de Estado de Morelos como de la Universidad Nacional Autónoma de México, por darme las bases de mi formación profesional y estar siempre dispuestos a regalarme un poco de su tiempo.

A mis compañeros de laboratorio por su ayuda y por ser mis amigos.

A mi familia, por su apoyo y comprensión durante todo este tiempo.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	VII
ABSTRACT.....	IX
<b>1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....</b>	<b>2</b>
1.1 El género <i>Graphis</i> .....	4
1.2 Objetivos .....	13
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>15</b>
2.1 Área de estudio .....	15
2.2 Recolección de ejemplares de <i>Graphis</i> .....	17
2.3 Registro de condiciones ambientales .....	21
2.4 Identificación de las especies de <i>Graphis</i> .....	23
2.5 Análisis de datos .....	24
<b>3. TRATAMIENTO MONOGRÁFICO .....</b>	<b>29</b>
3.1 Lista de especies.....	31
3.2 Clave de identificación .....	33
3.3 Descripciones de las especies .....	44
<b>4. COMPARACIÓN ENTRE TIPOS DE VEGETACIÓN.....</b>	<b>109</b>
4.1. Curvas de acumulación de especies en cada tipo de vegetación .....	111
4.2 Comparación de los tres tipos de vegetación: Selva alta perennifolia, Los Tuxtlas, Veracruz; selva baja caducifolia, Chamela, Jalisco; y bosque Mesófilo, El Cielo, Tamaulipas.....	112
4.2.1 Diversidad alfa en cada punto de muestreo.....	112
4.2.2 Análisis de Kruskal-Wallis de la diversidad entre los tres tipos de vegetación...	114
4.2.3 Diversidad gamma en cada tipo de vegetación (alfa regionalmente) .....	114
4.2.4 Diversidad beta entre los tres tipos de vegetación.....	115
4.2.5 Análisis de conglomerados de la composición de especies entre los tres ecosistemas .....	116
4.2.6 Análisis de Kruskal-Wallis de la diversidad entre los tres grupos del análisis de cluster .....	118
4.2.7 Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMS) de la composición de especies entre los tres ecosistemas.....	119
4.2.8 Análisis de especies indicadoras por tipo de vegetación .....	120
4.3 Discusión y conclusiones.....	123

<b>5. COMPOSICIÓN DE ESPECIES DE <i>GRAPHIS</i> Y SU RELACIÓN CON EL MICROAMBIENTE</b> .....	127
<b>5.1 Comparación de la composición de especies de <i>Graphis</i> entre los forofitos en cada tipo de vegetación: selva alta perennifolia, Los Tuxtlas, Veracruz y selva baja caducifolia, Chamela, Jalisco</b> .....	128
<b>5.2 Composición de especies de <i>Graphis</i> de los forofitos de cada tipo de vegetación y las condiciones microambientales</b> .....	132
<b>5.3 Análisis de especies indicadoras por tipo de corteza para cada tipo de vegetación</b> ...	134
<b>5.4 Discusión y conclusiones</b> .....	136
<b>6.-DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES GENERALES</b> .....	139
<b>7. LITERATURA CITADA</b> .....	143
<b>8. APÉNDICE</b> .....	153

## ÍNDICE DE FIGURAS Y CUADROS

Figuras 1-8. Género <i>Graphis</i> .....	7-12
Figura 9. Localización geográfica del área de estudio .....	16
Figura 10. Vista panorámica e interior de la vegetación en las áreas de estudio .....	17
Figura 11. Método de recolecta de los líquenes corticícolas de <i>Graphis</i> .....	20
Figura 12. Fotografías hemisféricas de la vegetación .....	21
Figura 13. Registro de la evaporación con evaporímetros Piche .....	22
Figura 14. Tipos de cortezas .....	23
Figura 15-17. Nuevas especies .....	97-99
Figura 18-25. Especies de <i>Graphis</i> .....	100-107
Figura 26. Acumulación de especies .....	111
Figura 27. Número de especies por punto de muestreo en cada tipo de vegetación .....	113
Figura 28. Análisis de Kruskal-Wallis entre el número de especies de cada tipo de vegetación .....	114
Figura 29. Diversidad de especies en cada tipo de vegetación .....	115
Figura 30. Análisis de conglomerados entre los puntos de muestreo de los tres tipos de vegetación .....	117
Figura 31. Análisis de Kruskal-Wallis entre los grupos resultantes del análisis de conglomerados .....	118
Figura 32. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMS) entre los puntos de muestreo de los tres tipos de vegetación .....	120
Figura 33. Análisis de conglomerados de la similitud en la composición de especies de <i>Graphis</i> entre los forofitos de la selva alta perennifolia de Los Tuxtlas .....	130
Figura 34. Análisis de conglomerados de la similitud en la composición de especies de <i>Graphis</i> entre los forofitos de la selva baja caducifolia de Chamela .....	131
Figura 35. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMS) de la similitud en la composición de especies de <i>Graphis</i> entre los forofitos de la selva alta perennifolia de Los Tuxtlas .....	132



Figura 36. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMS) de la similitud en la composición de especies de <i>Graphis</i> entre los forofitos de la selva baja caducifolia de Chamela y los parámetros microambientales .....	133
Cuadro 1. Resumen de los trabajos recientes sobre líquenes realizados en México .....	3
Cuadro 2. Números y abreviaturas de los puntos de muestreo de los transectos en cada tipo de vegetación .....	19
Cuadro 3. Resumen de los dos niveles de estudio de la diversidad en este trabajo .....	24
Cuadro 4. Lista de especies de <i>Graphis</i> .....	31
Cuadro 5. Entrada a la clave para los grupos de <i>Graphis</i> y <i>Hemithecium</i> tratados en esta tesis .....	33
Cuadro 6. Diversidad beta entre los tres tipos de vegetación .....	115
Cuadro 7. Análisis de especies indicadoras para cada tipo de vegetación .....	121
Cuadro 8. Especies de <i>Graphis</i> compartidas en México y Costa Rica .....	125
Cuadro 9. Análisis de especies indicadoras por tipo de corteza de los forofitos en la selva alta perennifolia, Los Tuxtlas, Veracruz .....	134
Cuadro 10. Análisis de especies indicadoras por tipo de corteza de los forofitos en la selva baja caducifolia de Chamela .....	135

## RESUMEN

Los estudios taxonómicos son la base para el conocimiento de la biodiversidad, de su distribución y de su relación con las condiciones ecológicas, lo cual se puede abordar de forma global, regional y local comparando diferencias y patrones. Estos trabajos pueden realizarse dependiendo del objetivo de la investigación, tanto con organismos con amplia distribución y baja diversidad como con organismos con rangos ecológicos reducidos y alta diversidad. *Graphis* es un género de líquenes costrosos principalmente corticícola, a veces saxícolas, con una alta diversidad de especies y cuya distribución se restringe principalmente a los trópicos.

Los objetivos de este trabajo fueron estudiar taxonómicamente al género *Graphis* en tres diferentes tipos de vegetación en México: la selva alta perennifolia de Los Tuxtlas, Veracruz, la selva baja caducifolia de Chamela, Jalisco y el bosque mesófilo de El Cielo, Tamaulipas, con la subsecuente elaboración de una lista de especies, la clave de identificación y el incremento del número de ejemplares de la Colección de Líquenes, MEXU. Adicionalmente, a nivel regional los objetivos fueron comparar la diversidad de especies entre los tres tipos de vegetación y localmente conocer la composición dentro de la selva alta perennifolia y la selva baja caducifolia, así como su relación con las condiciones microambientales prevalecientes como luz, evaporación, tipo de corteza y DAP del forofito.

Se reconoce un total de 69 especies de *Graphis* y dos de *Hemithecium*; 8 del primer género y una del segundo son nuevas para la ciencia; 48 son nuevos registros para México que se adicionan a las 23 previamente conocidas, sumando 71.

El número de especies encontradas para cada tipo de vegetación (diversidad alfa) es alto ya que de las 71 especies aquí descritas (diversidad gamma), 47 se registraron en la selva alta perennifolia de Los Tuxtlas, 29 en la selva baja caducifolia de Chamela y 11 en el bosque mesófilo de montaña de El Cielo. Los datos obtenidos muestran que existe un valor alto de diversidad beta entre los tres tipos de vegetación, con lo que se puede concluir que la mayoría de las especies es diferente en cada uno ellos.

La diversidad total de especies de *Graphis* se registró en los puntos de muestreo con mayor intensidad de luz. Con respecto al tipo de corteza de los forofitos, no se observó correlación con la composición de especies; no obstante, en la selva alta perennifolia, a pesar que fue en las cortezas lisas donde más se recolectó, estas forman tres grupos integrados por una combinación de forofitos tanto de corteza lisa como ornamentada y rugosa que comparten similitud en la

composición de especies. En la selva baja caducifolia la variación en el tipo de cortezas de los forofitos donde fue encontrado *Graphis* es más alta (lisas, ornamentadas, rugosas, fisuradas y escamosas), siendo las ramas con corteza escamosa las que presentaron más abundancia de especies. Al igual que en la selva alta perennifolia, se formaron grupos que comparten la composición de especies pero que están compuestos por forofitos con los cinco tipos de cortezas, por lo que al parecer esta característica no es un factor determinante en la distribución de las especies del género. Por otra parte, en ambos tipos de vegetación se encontró una relación de la composición con la riqueza de especies, el DAP y la evaporación en temporadas seca y lluviosa. Finalmente, es importante resaltar la aportación de este trabajo combinando el estudio taxonómico y ecológico de *Graphis* siendo el segundo trabajo en su tipo en el mundo y el primero en México. Se incrementó sustancialmente el número de especies conocidas para el país, incluyendo información nueva sobre la distribución geográfica de las especies de *Graphis* y sus preferencias ecológicas en diferentes tipos de vegetación dentro del trópico, con bases taxonómicas sólidas para la realización de diferentes investigaciones futuras.

**ABSTRACT**

Taxonomic studies are the basis to assess organisms the biodiversity, its distribution and its relations with ecological conditions, which can be addressed globally, regionally and locally by comparing differences and patterns. These works can be done depending on the purpose of research, with organisms with wide distribution and low diversity as organisms with specific ecological amplitudes and high diversity. *Graphis* is a genus of mainly corticolous, occasionally saxicolous, crustose lichens, featuring high species richness and a distribution mostly to the tropics.

The objectives of this dissertation were to study the genus *Graphis* taxonomically in three different types of vegetation in Mexico: the tropical rainforest in Los Tuxtlas, Veracruz; the seasonally dry tropical forest in Chamela, Jalisco; and the cloud forest in El Cielo, Tamaulipas. To elaborate a checklist of *Graphis* species, their description, and the corresponding identification key. Additionally, at regional level, the objectives were compare the species diversity among the three types of vegetation, and locally know the species composition within the tropical rainforest and the seasonally dry tropical forest, as well as its relation to the prevailing microenvironmental conditions such as light, evaporation, phorophyte bark type, and diameter breast height (dbh).

A total of 69 *Graphis* species and two *Hemithecium* species are recognized; eight of the former genus and one of the latter are new to science; 48 *Graphis* species are new records for Mexico, which, with 23 previously known, add up to 71 species for the country. Detailed species descriptions, including geographical distribution and an identification key are provided.

The species number in each vegetation type (alpha diversity) is high; out of the 71 described species (gamma diversity), 47 were found in the tropical rainforest of Los Tuxtlas, 29 in the seasonally dry tropical at Chamela, and 11 in the cloud forest of El Cielo. The high values of beta diversity for the three types of vegetation indicate a different species composition between them. The total diversity of *Graphis* species was recorded in the sampling points with higher light intensity. In regard to the phorophyte bark type, no correlation with species composition was observed. However, in the tropical rainforest, despite the smooth barks being where most collections were made, this bark belongs to three groups integrated by a phorophyte combination of both smooth, rough, and ornamented bark with similar species composition. In the seasonally dry tropical forest the variation of phorophyte bark where *Graphis* was found is higher (smooth,

ornate, rough, cracked and scaly), being the branches with scaly bark the ones with more *Graphis* species. As in the tropical rainforest, groups with the same species composition were formed integrated by phorophytes with the five bark types; therefore so apparently bark type is not a determining factor in the distribution of the genus. Moreover, in both types of vegetation correlation of species composition with species richness, dbh, and evaporation in dry and rainy seasons was found.

Finally, the importance of this study should be mentioned, since it combines taxonomical and ecological aspects of *Graphis*, being the second of its type worldwide and the first one in Mexico. The number of known species for Mexico was considerably increased, new geographical distribution information for each species is included, as well as their ecological preferences in three tropical vegetation types, all together with solid taxonomical basis useful to future investigations.

# **1. INTRODUCCIÓN GENERAL**

---

## **1. INTRODUCCIÓN GENERAL**

La distribución de la diversidad de los organismos en el planeta y el entendimiento de los patrones y procesos que la regulan son algunos de los objetivos de estudio de la ecología. Idealmente estos estudios deberían realizarse a escala global. Sin embargo, son más viables a escalas local y regional para generar el conocimiento que contribuya al apoyo de una teoría general de la distribución de los organismos. Lo anterior tanto con organismos con amplia distribución y baja diversidad como con organismos con rangos ecológicos específicos y alta diversidad. Por lo que se requiere un amplio trabajo taxonómico previo de los organismos de estudio (Brown, 2001; Heaney, 2001; Rickart, 2001; Sánchez-Cordero, 2001).

Los líquenes son un grupo de organismos con distribución mundial, pero restringida para muchas especies. Su diversidad de especies es alta, son longevos, perennes y poseen características que han permitido su uso en distintos estudios ecológicos. Tienen peculiaridades como su naturaleza simbiótica (si alguno de los simbioses es afectado ambos pueden morir), carecen de una cutícula protectora, tienen capacidad de absorber nutrientes y contaminantes de la atmósfera y alta susceptibilidad a factores microclimáticos (Brodo *et al.*, 2001). En el 2001 de acuerdo a Merwin y Nadkarni, el estudio de los líquenes se había realizado principalmente a escalas locales, mostrando grandes avances y había pasado de una etapa descriptiva a una de comprensión de sus relaciones ecológicas. Lo cual se evidenciaba con la publicación de varios estudios de líquenes como indicadores de contaminación ambiental, cambios climáticos y continuidad ecológica (Rivas Plata *et al.*, 2008, Root *et al.*, 2014; Nelson *et al.*, 2015; Will-Wolf *et al.*, 2015; Díaz Escandón *et al.*, 2016). Actualmente, los avances en las técnicas moleculares han permitido el estudio filogenético en combinación con el morfológico y ecológico de varios grupos de líquenes (Wirtz *et al.*, 2012; Buaruang *et al.*, 2015; Lawrey *et al.*, 2015; Prieto *et al.*, 2015; Schneider *et al.*, 2015; Roca-Valiente *et al.*, 2016); por ejemplo, en la delimitación de especies crípticas y pares (Lücking *et al.*, 2008b; Crespo y Pérez-Ortega, 2009; Rivas Plata y Lumbsch, 2011; Pérez-Ortega *et al.*, 2012; Leavitt *et al.*, 2015; Messuti *et al.*, 2016).

En México, en los últimos años el estudio de los líquenes muestra grandes avances (Cuadro 1); por ejemplo, en regiones casi completamente exploradas como es el Desierto Sonorense (Nash *et al.*, 2002, 2004, 2007). Otros trabajos comprenden grupos como los líquenes foliícolas en Veracruz (Herrera-Campos y Lücking, 2002; Herrera-Campos *et al.*, 2004a, b, 2005), Oaxaca y Puebla (Herrera-Campos y Lücking, 2003). Asimismo, existen varios trabajos que abordan la

diversidad de especies de líquenes en diferentes sitios de México (Herrera-Campos, 1998; Herrera-Campos *et al.*, 1998, 2001; Bárcenas Peña, 2004, 2007; Pérez-Pérez, 2005; Pérez-Pérez *et al.*, 2011, 2015; Miramontes, 2008; Miranda, 2008, 2012; Altamirano, 2012; Ament, 2012; Aguilar Rosales, 2012; Eligio González, 2014; Melhado Carboney, 2015; Ramírez Peña, 2015; Ramírez Juárez, 2015).

Cuadro 1. Resumen de los trabajos recientes sobre líquenes realizados en México.

ESTUDIOS RECIENTES SOBRE LÍQUENES EN MÉXICO		
Sitio	Tipo de estudio	Autor y año
México	Sistemático, género <i>Usnea</i>	Herrera-Campos, 1998; Herrera-Campos <i>et al.</i> , 1998, 2001
Veracruz, Oaxaca y Puebla	Inventario taxonómico y análisis biogeográfico, líquenes foliícolas	Herrera-Campos y Lücking, 2002; 2003; Herrera-Campos <i>et al.</i> , 2004a, b; 2005
Ciudad de México	Ecología, macrolíquenes	Zambrano <i>et al.</i> , 2000
El Desierto Sonorense	Inventario taxonómico, macro y microlíquenes	Nash <i>et al.</i> , 2002, 2004, 2007
Veracruz	Tesis, sistemático y ecológico, microlíquenes foliícolas	Bárcenas Peña, 2004, 2007
Oaxaca	Sistemático y ecológico, macrolíquenes	Pérez-Pérez, 2005; Pérez-Pérez <i>et al.</i> , 2011
Estado de México	Tesis, sistemático y ecológico, macrolíquenes	Miramontes, 2008
Querétaro	Tesis, sistemático y ecológico, microlíquenes saxícolas	Miranda, 2008
Jalisco	Tesis, sistemático y ecológico, microlíquenes corticícolas	Miranda, 2012
Morelos	Tesis, sistemático y ecológico, macrolíquenes	Aguilar Rosales, 2012
Morelos	Tesis, sistemático y ecológico, macrolíquenes	Altamirano, 2012
Oaxaca, Hidalgo, Michoacán, Jalisco, Sinaloa, Durango, Veracruz y Querétaro	Tesis, diversidad genética, género <i>Usnea</i>	Ament, 2012
Puebla	Tesis, sistemático, macrolíquenes	Eligio González, 2014
México	Revisión bibliográfica, macro y microlíquenes	Herrera-Campos <i>et al.</i> , 2014
Morelos	Sistemático y ecológico, macrolíquenes	Melhado Carboney, 2015
Veracruz	Sistemático y ecológico, macrolíquenes	Pérez-Pérez <i>et al.</i> , 2015
Puebla	Sistemático, macro y microlíquenes	Ramírez Peña, 2015
Estado de México	Sistemático, macrolíquenes	Ramírez Juárez, 2015



Recientemente Herrera- Campos *et al.* (2014) resumieron la información actual sobre el avance en el estudio de la diversidad de los líquenes en México, obteniendo un total de 2722 especies de líquenes registradas para el territorio mexicano.

Sin embargo, los trabajos ecológicos de líquenes en el país son escasos, con respecto a los macrolíquenes se pueden mencionar el de Zambrano *et al.* (2000) en el Desierto de los Leones y el de Pérez-Pérez *et al.* (2011) en los bosques manejados en Oaxaca. En cuanto a los microlíquenes existen el estudio realizado por Herrera-Campos *et al.* (2004b), con líquenes foliícolas en Oaxaca, Puebla y Veracruz; los de Bárcenas-Peña (2004, 2007), con líquenes foliícolas en Veracruz; así como los de Miranda (2008, 2012) en Querétaro con líquenes saxícolas y en Jalisco con líquenes costrosos corticícolas. No obstante, es evidente la carencia de información sobre la diversidad de especies o las relaciones ecológicas de los microlíquenes, si se considera que son el grupo más diverso de los líquenes y que la mayor parte de ellos son corticícolas (Herrera-Campos *et al.*, 2014) (Cuadro 1).

*Graphis* es un género costroso generalmente corticícola caracterizado por el talo blanquecino y ascomas lirelados por lo cual coloquialmente es llamado “líquen de escritura”; presenta alta diversidad de especies y esta restringido a los trópicos (Lücking *et al.*, 2008a; 2009a; Barcenás-Peña *et al.*, 2014). *Graphis* sensu Staiger parece ser un grupo natural, estudios filogenéticos muestran que incluye especies de *Hemithecium* (Staiger *et al.*, 2006; Mangolj *et al.*, 2008). En esta tesis, *Graphis* fue utilizado como sistema de estudio, incluyendo especies *Hemithecium*.

Primero para reconocer taxonómicamente las especies encontradas y posteriormente para conocer su diversidad local y sus relaciones ecológicas en distintos microclimas dentro de tres diferentes tipos de vegetación: selva alta perennifolia, selva baja caducifolia y bosque mesófilo de montaña. También se comparó la diversidad del género entre esos tres ecosistemas con el objeto de conocer si sigue el patrón de distribución observado en otros organismos, o sea, si existe mayor diversidad en los ecosistemas con afinidad tropical.

### 1.1 El género *Graphis*

El género *Graphis* pertenece a la familia *Graphidaceae* y fue descrito por Adanson (1763). Inicialmente su definición se basaba en la morfología de los ascomas y la septación de las ascosporas, sin embargo, la delimitación no era clara. Müller Argoviensis (1880) presentó la primera separación aceptada aún artificial de los géneros de la familia *Graphidaceae*. Él

distinguió cinco géneros con pseudoestromas: *Glyphis*, *Gymnographa*, *Medusulina*, *Sarcographa*, *Sarcographina*. El resto, con ascomas lirelados, los dividió en cuatro géneros basándose en el color de las esporas y la septación: *Graphina* (esporas hialinas y muriformes), *Phaeographis* (esporas gris-marrón y transversalmente septadas), *Phaeographina* (esporas gris-marrón y muriformes) y *Graphis* (esporas hialinas y transversalmente septadas) (Wirth y Hale 1963, 1978; Harris, 1995). Staiger (2002) redefinió el género *Graphis* con las siguientes características: talo corticado blanco-grisáceo, ascomas lirelados con labios bien desarrollados y disco cerrado, excípulo lateral a completamente carbonizado, himenio no insperso a insperso, ascosporas hialinas amiloides I+ azul-violeta, transversalmente septadas a muriformes. Con la propuesta de Staiger el género incluía más de 300 especies, las cuales habían formado parte tanto de *Graphis* como de *Graphina sensu* Müller. Lücking *et al.* (2008, 2009a) describieron varias nuevas especies y presentaron claves taxonómicas para las especies de *Graphis* de Costa Rica y el mundo.

Por otra parte, el rápido avance de las técnicas moleculares en combinación con el conocimiento morfológico de las especies de *Graphis* ha permitido ampliar el estudio del género: recientemente se ha propuesto que el género *Hemithecium* es filogenéticamente cercano a *Graphis* (Staiger *et al.*, 2006; Mangold *et al.*, 2008; Lücking *et al.*, 2009a); Rivas Plata y colaboradores (2011), a través del análisis filogenético molecular y las diferencias morfológicas, encontraron que *Graphis sensu* Staiger representa dos linajes: *Graphis s. str.*, incluye las especies de los grupos *G. scripta* y *G. subserpentina* y *G. striatula sensu* Lücking; mientras que los grupos *G. acharii*, *G. dussii*, *G. marginata*, *G. nuda* y *G. symplecta*, son incluidos dentro género *Allographa* Chevall. La nomenclatura para este último no ha sido clarificada, por lo que aún se utilizan los nombres de *Graphis*.

Recientemente, Barcenás-Peña *et al.* (2014) actualizaron la clave mundial, incluyendo las especies descritas del 2009 al 2013 y reconocieron 371 especies a nivel mundial. Lücking *et al.* (2014) estiman que la diversidad de *Graphidaceae* podría ser de 4330 especies y que, por lo tanto, aún faltarían por describir 1800 especies a las 2500 ya conocidas; mencionan el actual avance en la identificación de especies de *Graphis* desde que se cuenta con claves para su identificación y literatura pertinente. Este avance es evidenciado por el alto número de trabajos dedicados a describir la familia *Graphidaceae* o la liquenobiota de distintos sitios que y que han incluido descripciones, claves o listas de especies de *Graphis*: Brasil (Cáceres, 2007; Cáceres *et*

*al.*, 2014a), Bolivia (Flakus *et al.*, 2013; Kukwa *et al.*, 2013; Schiefelbein *et al.*, 2014), Corea del Sur (Joshi *et al.*, 2013a), Costa Rica y Tailandia (Lücking *et al.*, 2012), Colombia (Rincón-Espitia y Lücking, 2011), Cuba (Rosabal y Aragón, 2010), Filipinas (Linsagan *et al.*, 2013), India (Adawadkar y Marhija, 2007, Chitale *et al.*, 2011; Sety *et al.*, 2012), Islas Galápagos (Bungartz *et al.*, 2010), México (Sipman y Wolf, 1998; Sipman, 2008), Panamá (van den Boom y Sipman, 2013), Perú (Rivas Plata y Lücking, 2013), Singapur (Sipman, 2009), Sri Lanka (Weerakoon *et al.*, 2012, 2015), Tasmania (Kantvilas, 1989), Uruguay (Osorio, 1972), USA (Seaward y Aptroot, 2005; Hansen *et al.*, 2008; Lendemer, 2010; Lücking *et al.*, 2011; Seavey y Seavey, 2011; Perlmutter *et al.*, 2012; Seaward y Aptroot, 2005), Venezuela (Neuwirth, 2008; Neuwirth y Lücking, 2009), Vietnam (Aptroot y Sparrius, 2006; Joshi *et al.*, 2013 b), entre otros.

En México existen 41 especies de *Graphis* reportadas (Wirth y Hale 1963; Ryan *et al.*, 1996; Staiger y Kalb, 2004; Mangold y Lumbsch, 2007; Lumbsch *et al.*, 2011). Este número es bajo considerando la extensión y la amplia variedad de tipos de vegetación del país que faltan por explorar (Barcenás-Peña *et al.*, 2014) ya que, por ejemplo, para Costa Rica, país mucho más pequeño y menos diverso que México, se han reportado a la fecha 115 especies (Lücking *et al.*, 2008a).

En esta tesis, de acuerdo al concepto de Staiger (2002) y Lücking *et al.* (2009a), se consideraron las siguientes características para estudiar el género *Graphis*: talo blanco a grisáceo generalmente corticado en algunas especies ecorticado (*G. alboglaucescens*) (Fig. 1), ascomas lirelifórmes sésiles a inmersos (Fig. 1), no a radialmente ramificados (Fig. 2), sin margen talino a completo y apicalmente grueso (Fig. 3), labios enteros a estriados (Fig. 4), excípulo apical a completamente carbonizado (Fig. 5), himenio no insperso a insperso (Fig. 6), esporas hialinas septadas a muriformes (Fig. 7), I+ violeta (Fig. 8); y presencia o no de sustancias químicas como ácido estictico y norestictico, salazínico, hipoestictico, o protocetrárico, así como lichexantona y/o antraquinonas (Fig. 8). *Hemithecium* es considerado filogenéticamente dentro de *Graphis*, por lo que fueron utilizados los mismos caracteres para su identificación. Adicionalmente, considerando la falta de carbonización del excípulo y las esporas generalmente muriformes de este grupo.

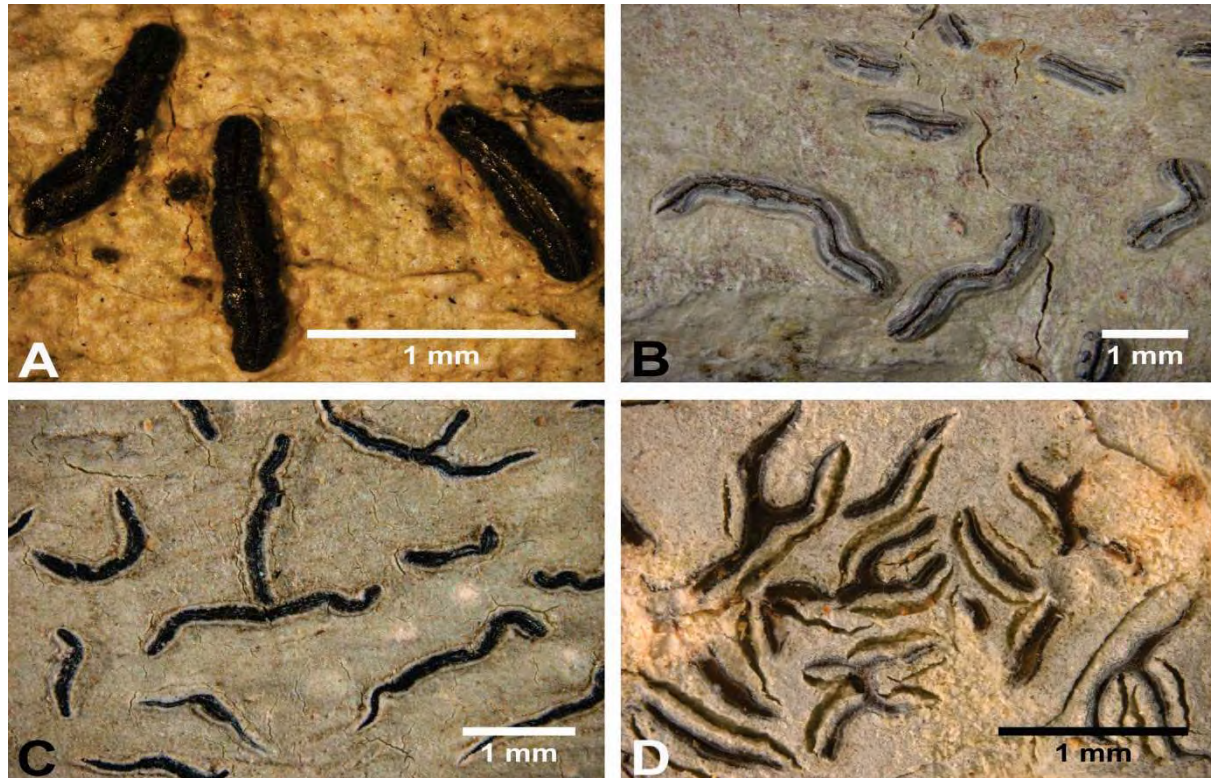


Figura 1. Posición de las lirelas en el talo en *Graphis*. (A) Sésiles en *G. adpressa*. (B) Prominentes en *G. bettinae*. (C) Errumpentes en *G. librata*. (D) Inmersas en *G. alboglaucescens*.

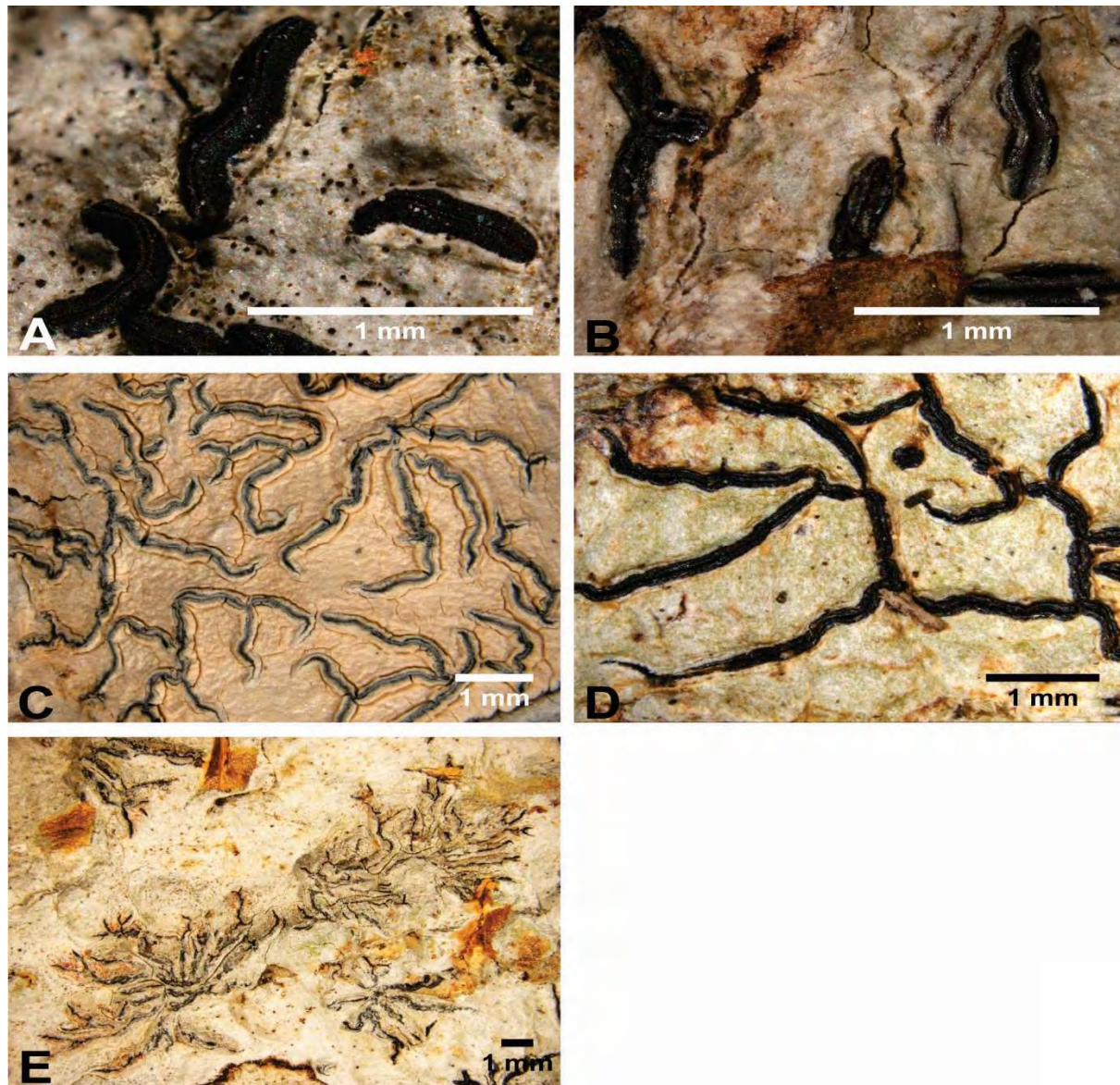


Figura 2. Ramificación de las lirelas en *Graphis*. (A) No ramificadas en *G. rimulosa*. (B) Parcialmente ramificadas en *G. dupaxana*. (C) Irregularmente ramificadas en *G. caesiella*. (D) Ricamente ramificadas en *G. proserpens*. (E) Radialmente ramificadas en *G. cf. subvirginea*.

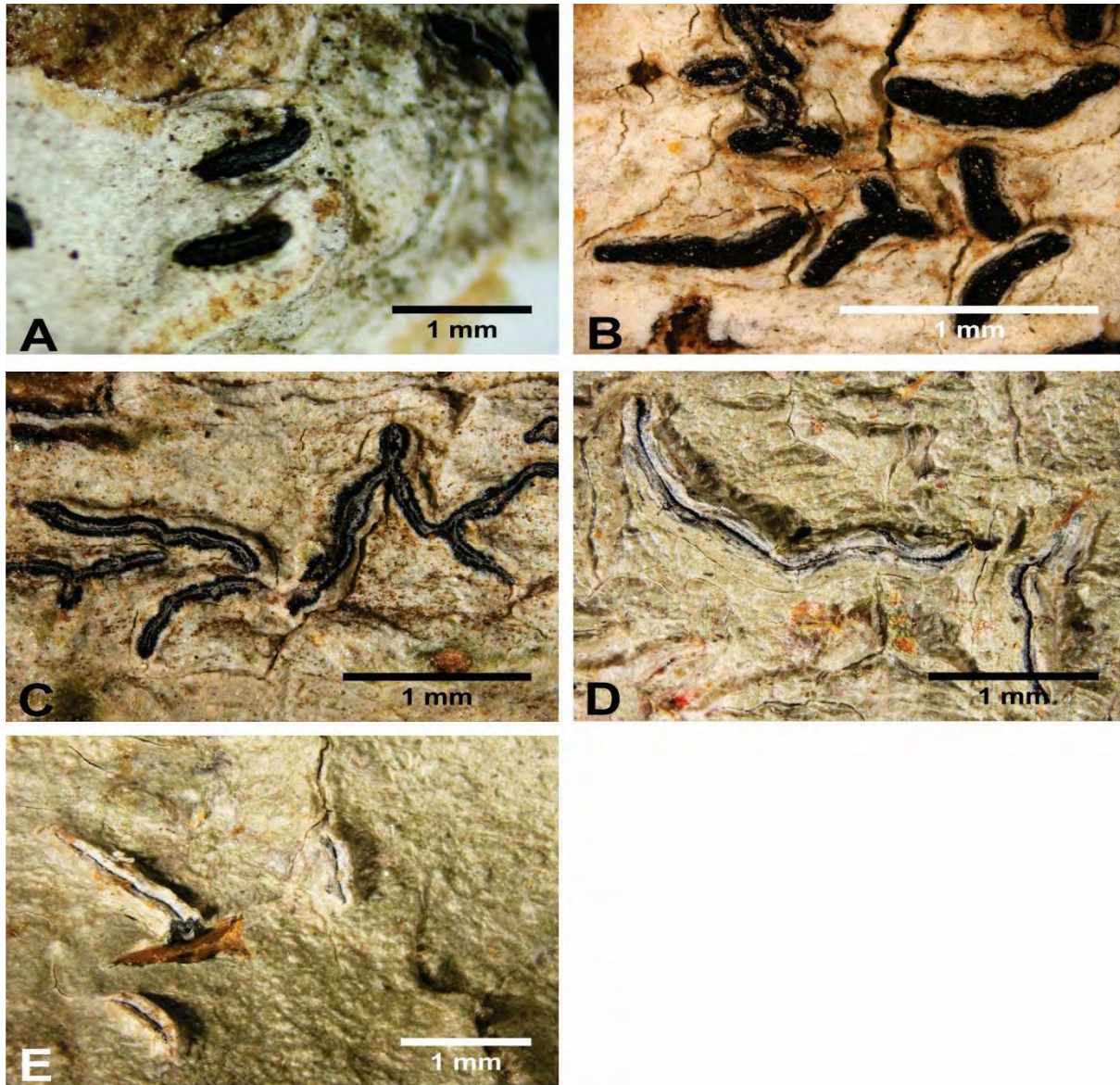


Figura 3. Margen talino de las lirelas en *Graphis*. (A) Sin margen en *G. nuda*. (B) Basal en *G. palmicola*. (C) Lateral en *G. submarginata*. (D) Completo delgado apicalmente en *G. acharii*. (E) Completo grueso apicalmente en *G. illinata*.

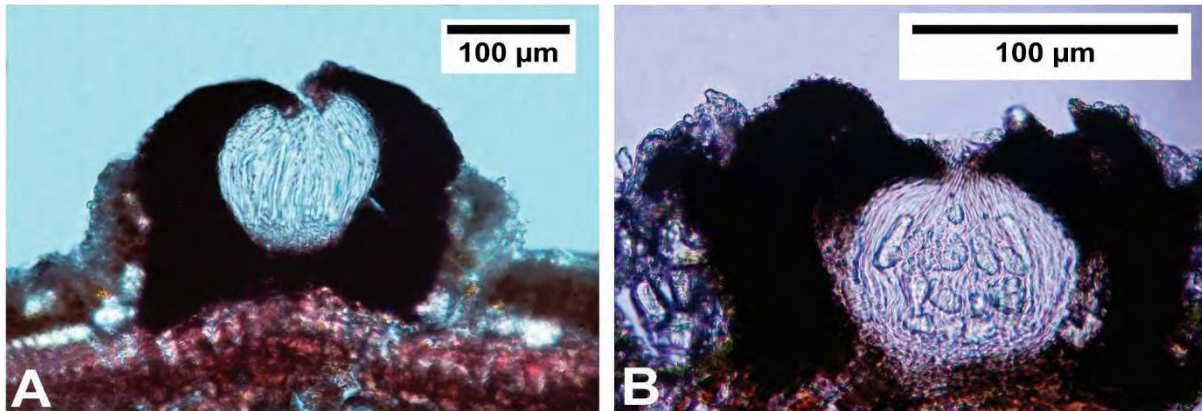


Figura 4. Labios de las lirelas en *Graphis*. (A) Enteros en *G. chamelensis*. (B) Estriados en *G. puiggari*.

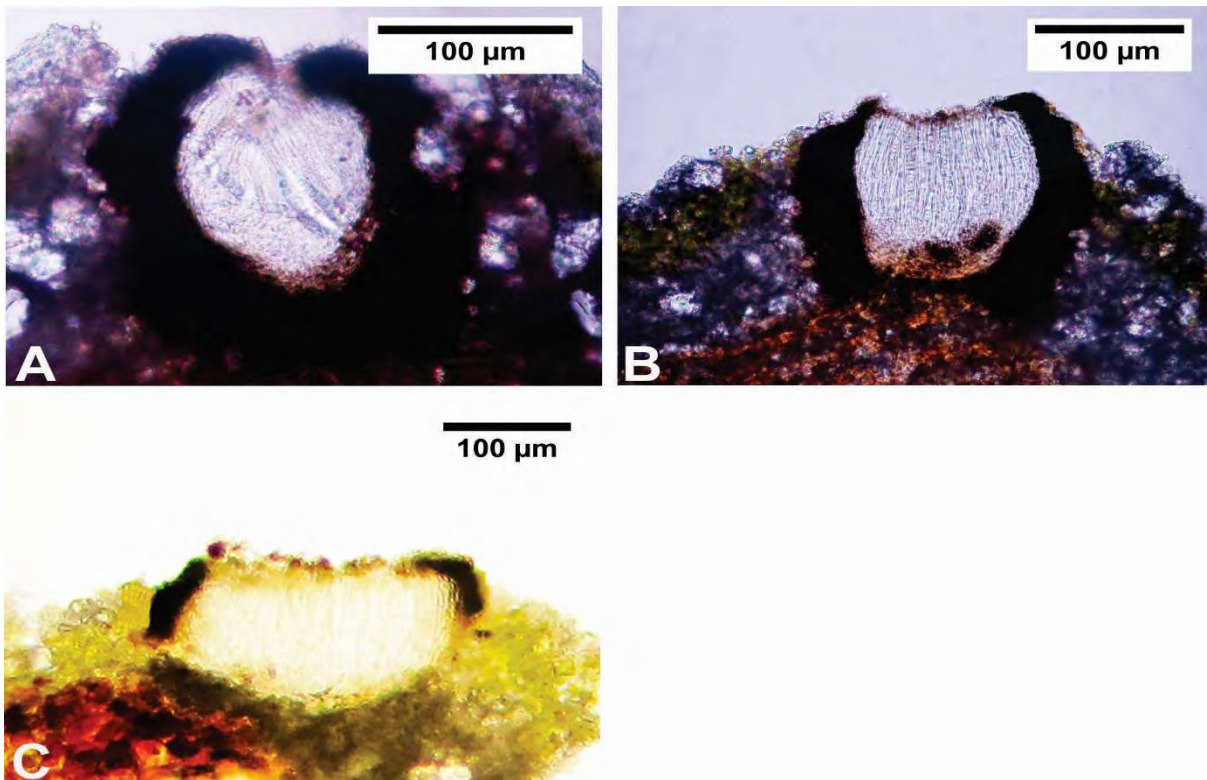


Figura 5. Carbonización del excípulo de las lirelas en *Graphis*. (A) Completamente carbonizado en *G. robertusii*. (B) Lateralmente carbonizado en *G. bungartzii*. (C) Apicalmente carbonizado en *G. tejonensis* sp. nov. (ined.).

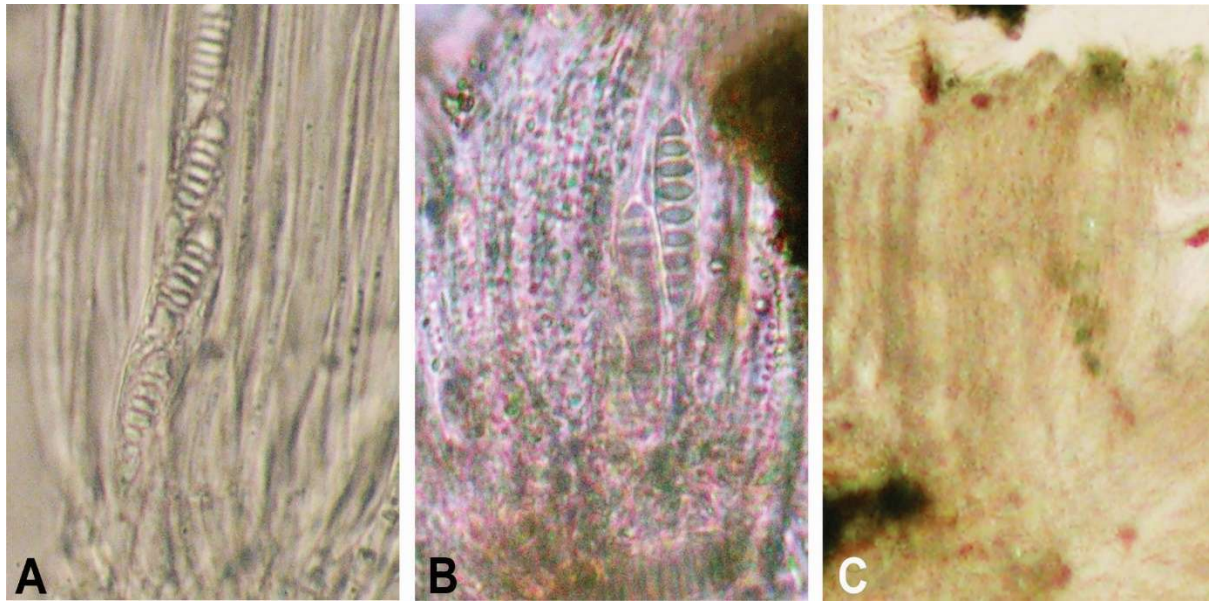


Figura 6. Himenio de las lirelas en *Graphis*. (A) No impunso en *G. glauconigra*. (B) Impunso tipo A en *G. robertusii*. (C) Impunso tipo B en *G. bettinae*.

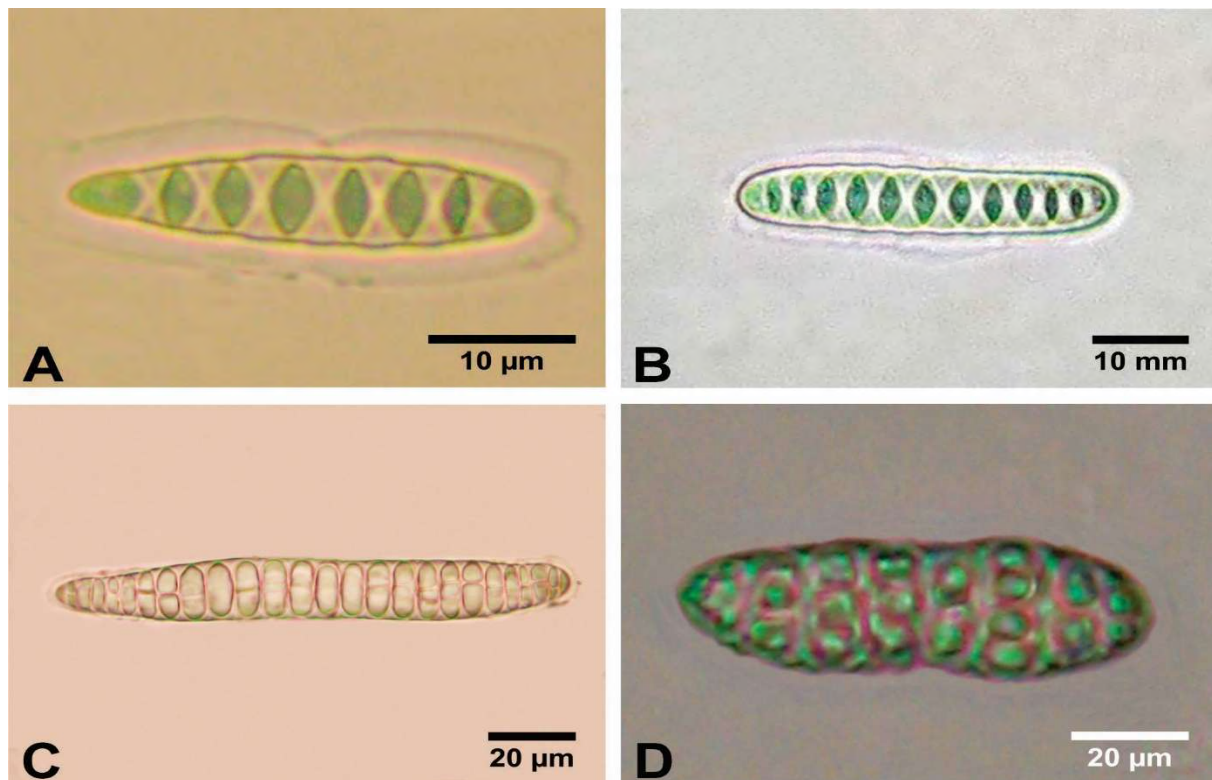


Figura 7. Esporas en *Graphis*. (A) Septadas con puntas agudas en *G. lineola*. (B) Septadas con puntas redondas en *G. atilanoi* sp. nov. (ined.). (C) Submuriformes en *G. bettinae*. (D) Muriformes en *G. puiggarii*.



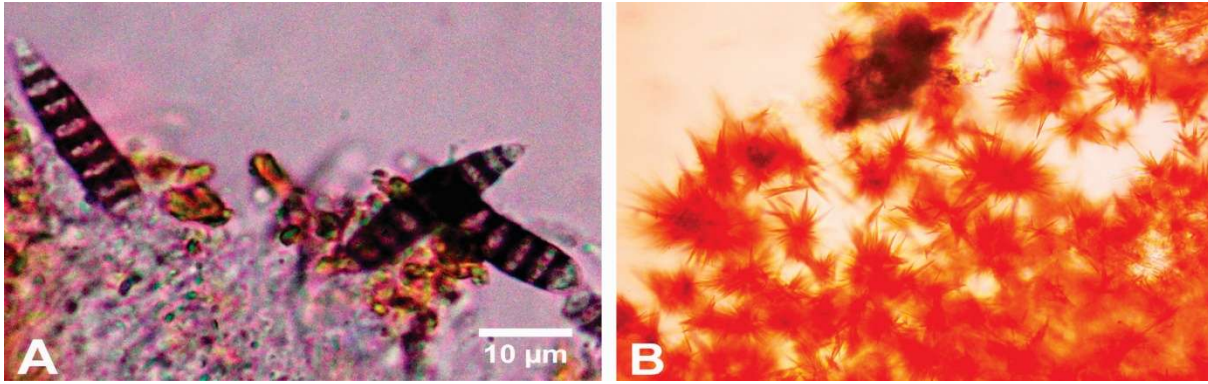


Figura 8. Reacciones químicas en *Graphis*. (A) I+ violeta en las esporas de *G. lineola*. (B) KOH+ ácido norestictico en el talo de *G. caesiella*.

## 1.2 Objetivos

### Objetivo general

Conocer y comparar la diversidad de especies de *Graphis* de tres diferentes tipos de vegetación en México.

### Objetivos particulares

- 1.- Obtener la lista florística de las especies de *Graphis* por tipo de vegetación: la selva alta perennifolia, la selva baja caducifolia y el bosque mesófilo de montaña.
- 2.- Elaborar una descripción de las especies encontradas, una clave para su identificación.
- 3.- Conocer la diversidad de especies del género *Graphis* localmente dentro de la selva alta perennifolia, la selva baja caducifolia y el bosque mesófilo de montaña y su relación con las condiciones microambientales prevalecientes en cada sitio (evaporación, luz, DAP y corteza del forofito).
- 4.- Comparar a nivel regional la diversidad del género entre los tres tipos de vegetación.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

---

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1 Área de estudio**

El área de estudio comprendió el bosque mesófilo de montaña en la Reserva de la Biósfera El Cielo en Tamaulipas, la selva alta perennifolia en la Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas en Veracruz y la selva baja caducifolia en la Estación de Biología Chamela en Jalisco (Fig. 9).

La Reserva de la Biósfera El Cielo se ubica al SO del estado de Tamaulipas, en la vertiente E de la Sierra Madre Oriental, en la sierra de Cucharas y comprende los Municipios de Gómez Farías, Jaumave, Llera y Ocampo. Esta limitada entre las coordenadas 22°55', 23°25' N y 99° 05', 99°26' O (Puig, 1993; CONABIO, 2015). La temperatura media anual es de 13.8 °C y la precipitación total anual es de 2522.4 mm (Puig y Bracho, 1987). El clima en la zona es semicálido subhúmedo (Casas y Requena, 2005). La vegetación presente en esta área es bosque mesófilo de montaña. Los límites altitudinales del bosque mesófilo se localizan entre los 800 y los 1500 msnm (Puig *et al.*, 1987) (Fig. 10).

La Reserva de Biósfera Los Tuxtlas esta localizada en la Sierra de Los Tuxtlas, al S de la llanura costera del Golfo de México. La sierra se origina a partir de los 200 y se eleva a poco más de 1700 msnm. El área es limitada entre las coordenadas 18°00', 18°43' N y 94°40', 95°30' O (Soto y Gama, 1997). La temperatura media anual es de 24 °C. La precipitación media anual es de 4500 mm. En la región se registra el grupo de climas cálido A y el subgrupo semicálido A(C) (García, 1981). El tipo de vegetación es selva alta perennifolia (Miranda y Hernández-X, 1963; Ibarra-Manríquez *et al.*, 1997) (Fig. 10).

La estación de Biología de Chamela (UNAM) se encuentra dentro de la Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala que esta situada en la costa del Pacífico mexicano, en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur, limitada al O con el Océano Pacífico y al E y N con el Eje Neovolcánico Transversal. La estación se ubica entre las coordenadas 19°29', 19°34' N y 104°58', 105°04' O. El rango altitudinal dentro de la estación es desde 40 a 580 msnm pero en la mayor parte del área no pasa de 150. La temperatura media anual es de 24.9 °C. La precipitación media anual es de 748 mm, de la cual el 80% se concentra durante los meses de verano (julio a noviembre) siendo los meses de mayor precipitación agosto y septiembre (Bullock, 1986). El clima es clasificado como cálido sub-húmedo con régimen de lluvias en verano (García, 1981). El tipo de vegetación mejor representado es la selva baja caducifolia (Cotler *et al.*, 2002; García-Oliva *et al.*, 2002) (Fig. 10).

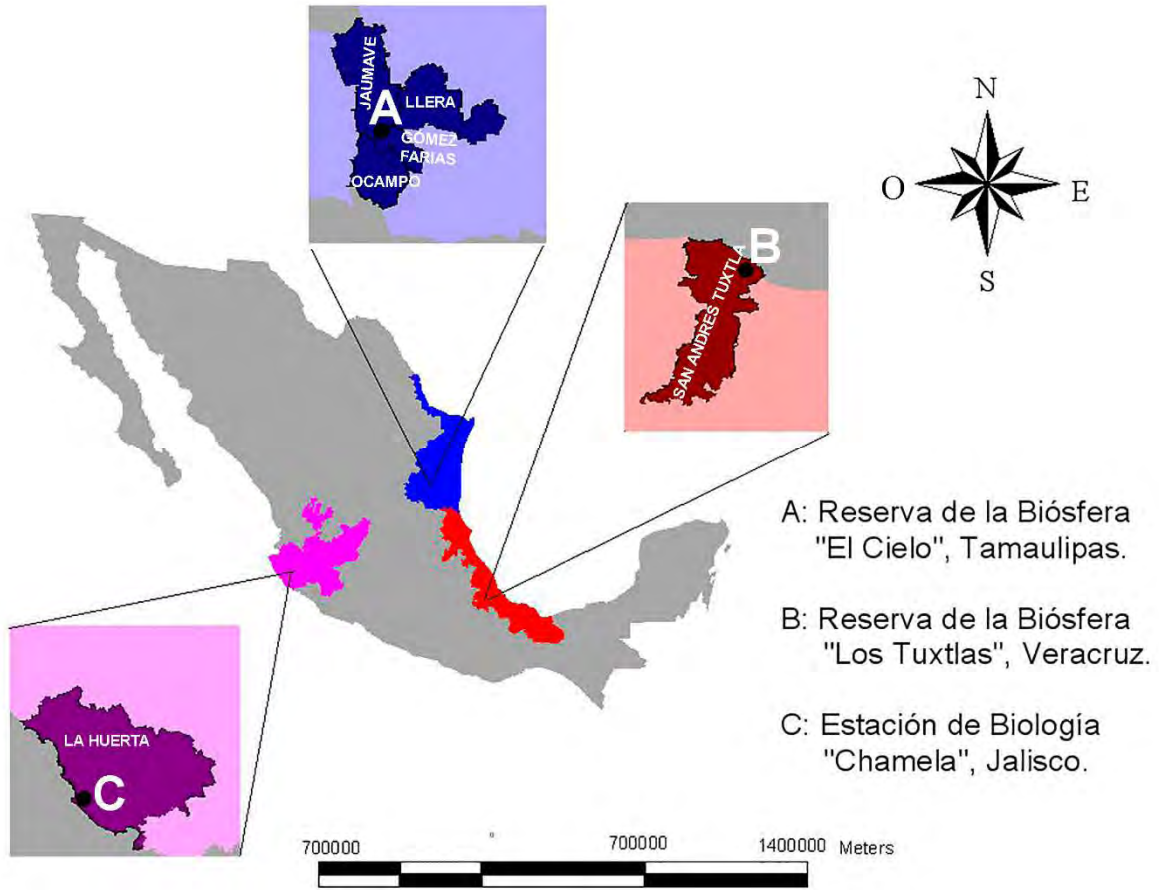


Figura 9. Localización geográfica de los sitios de estudio.

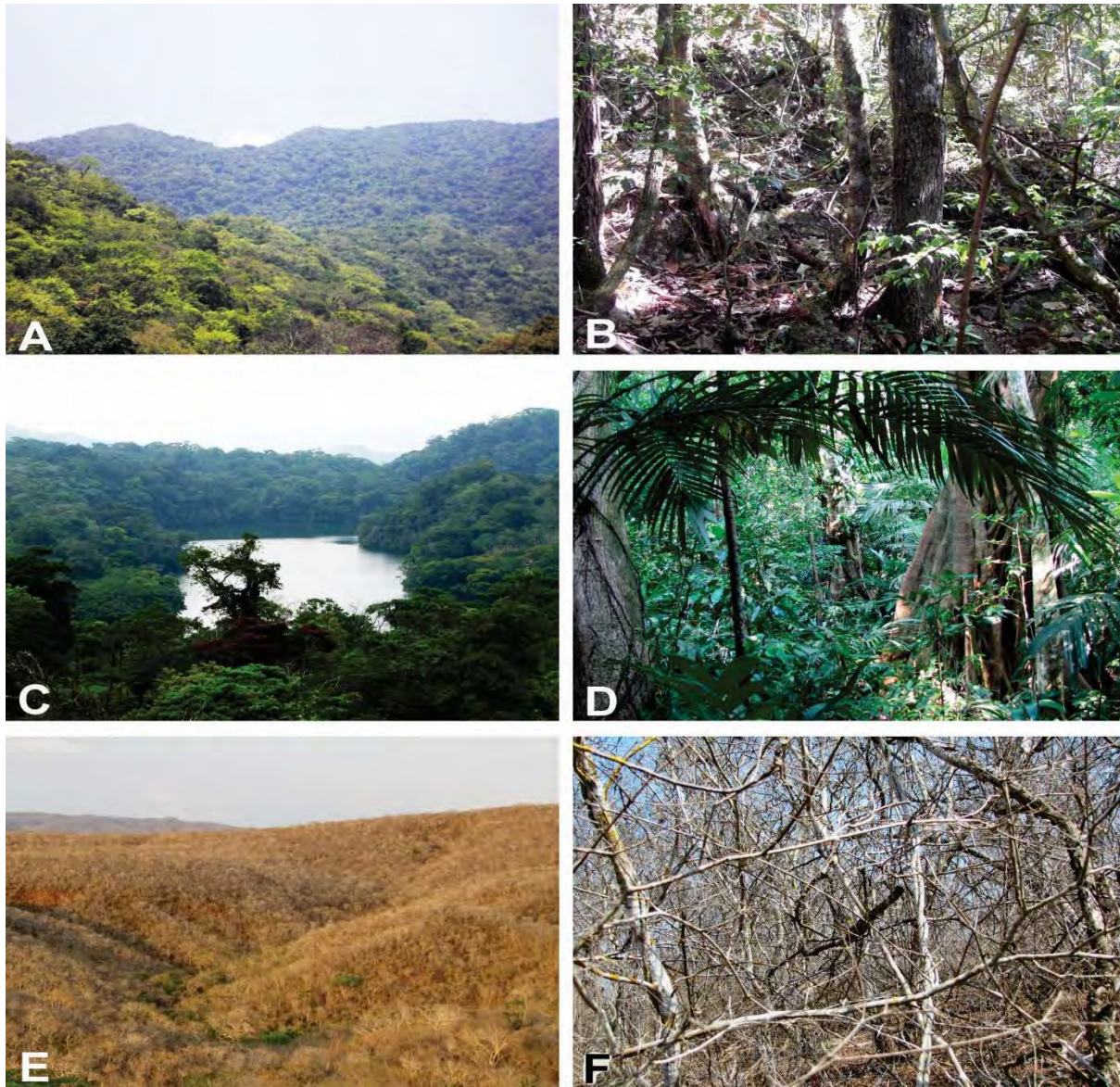


Figura 10. Vista panorámica e interior de la vegetación de las áreas de estudio. (A-B) Bosque mesófilo en la Reserva de Biósfera El Cielo, Tamaulipas. (C-D) Selva alta perennifolia en la Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Veracruz. (E-F) Selva baja caducifolia en la estación de Biología Chamela, Jalisco.

## 2.2 Recolección de ejemplares de *Graphis*

Se estableció una localidad de muestreo en cada tipo de vegetación: selva alta perennifolia de la Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas; selva baja caducifolia en la Estación de Biología de Chamela y bosque mesófilo de montaña en la Reserva de la Biósfera El Cielo. En cada localidad se trazaron tres transectos de 450 m y dentro de los cuales a cada 50 m se ubicó un punto de muestreo que consistió en una circunferencia con diámetro de 10 m, lo cual resultó en 10 puntos

de muestreo por transecto y 30 por localidad (Cuadro 2, Fig. 11A). Cabe mencionar que, el muestreo realizado en la Reserva de la Biósfera El Cielo solo contempló un transecto en el sotobosque, ya que por la situación insegura en el área era imposible completar el estudio en este sitio. En adelante se asume que todos los transectos de recolecta se ubicaron dentro de los terrenos pertenecientes a las estaciones de la UNAM con excepción del transecto realizado en el Ejido Adolfo López Mateos en Catemaco, Veracruz y en el rancho El Cielo, Tamaulipas. En cada punto se recolectaron los ejemplares de líquenes corticícolas de *Graphis* de los árboles; en la selva alta perennifolia se recolectó en el sotobosque desde la base del suelo hasta aproximadamente 1.50 m de altura y en el dosel la recolecta se hizo utilizando un equipo para trepar que consistió en espuelas que permiten clavarse a los troncos, cinturón y cuerdas; una vez en el dosel medio, aproximadamente a 25 m, usando una garrocha de jardinería para aumentar la altura, se recolectó en las ramas con más cobertura liquénica (Fig. 11B). En la selva baja caducifolia de igual forma en el sotobosque se recolectó desde el nivel del suelo hasta 1.50 m de altura y en el dosel trepando sin equipo hasta aproximadamente 10 a 15 m, usando una garrocha de jardinería para cortar las ramas con mayor cobertura liquénica (Fig. 11C). Por otro lado, en caso necesario se recolectaron muestras para la identificación de los forofitos de acuerdo a la técnica para plantas vasculares.

Cuadro 2. Números y abreviaturas de los puntos de muestreo de los transectos en cada tipo de vegetación.

LOCALIDAD	UBICACIÓN DE LOS TRANSECTOS	PUNTOS DE MUESTREO	ABREVIATURAS ANÁLISIS ESTADÍSTICOS
Selva alta perennifolia	Transecto 1, próximo a la vereda Vigia 5, Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas (UNAM), Veracruz	Punto 1 al punto 10	TUXE_001 a TUXE_010
	Transecto 2, dentro de los terrenos del Ejido Adolfo Lopez Mateos, Catemaco, Veracruz	Punto 10 al punto 20	TUXL_001 a TUXL_010
	Transecto 3, próximo a la laguna Zacatal Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas (UNAM), Veracruz	Punto 20 al punto 30	TUXZ_001 a TUXZ_010
Selva baja caducifolia	Transecto 1, próximo a la vereda Calandria, Estación de Biología Chamela (UNAM), Jalisco	Punto 1 al punto 10	CHAC_001 a CHAC_010
	Transecto 2, próximo a la vereda Tejón, Estación de Biología Chamela (UNAM), Jalisco	Punto 10 al punto 20	CHAT_001 a CHAT_010
	Transecto 3, próximo al arroyo Hornitos, Estación de Biología Chamela (UNAM), Jalisco	Punto 20 al punto 30	CHAH_001 a CHAH_010
Bosque mesófilo	Transecto 1, dentro de los terrenos del rancho El Cielo, Reserva de la Biósfera El Cielo, Tamaulipas	Punto 1 al punto 10	CIEL_001 a CIEL_010



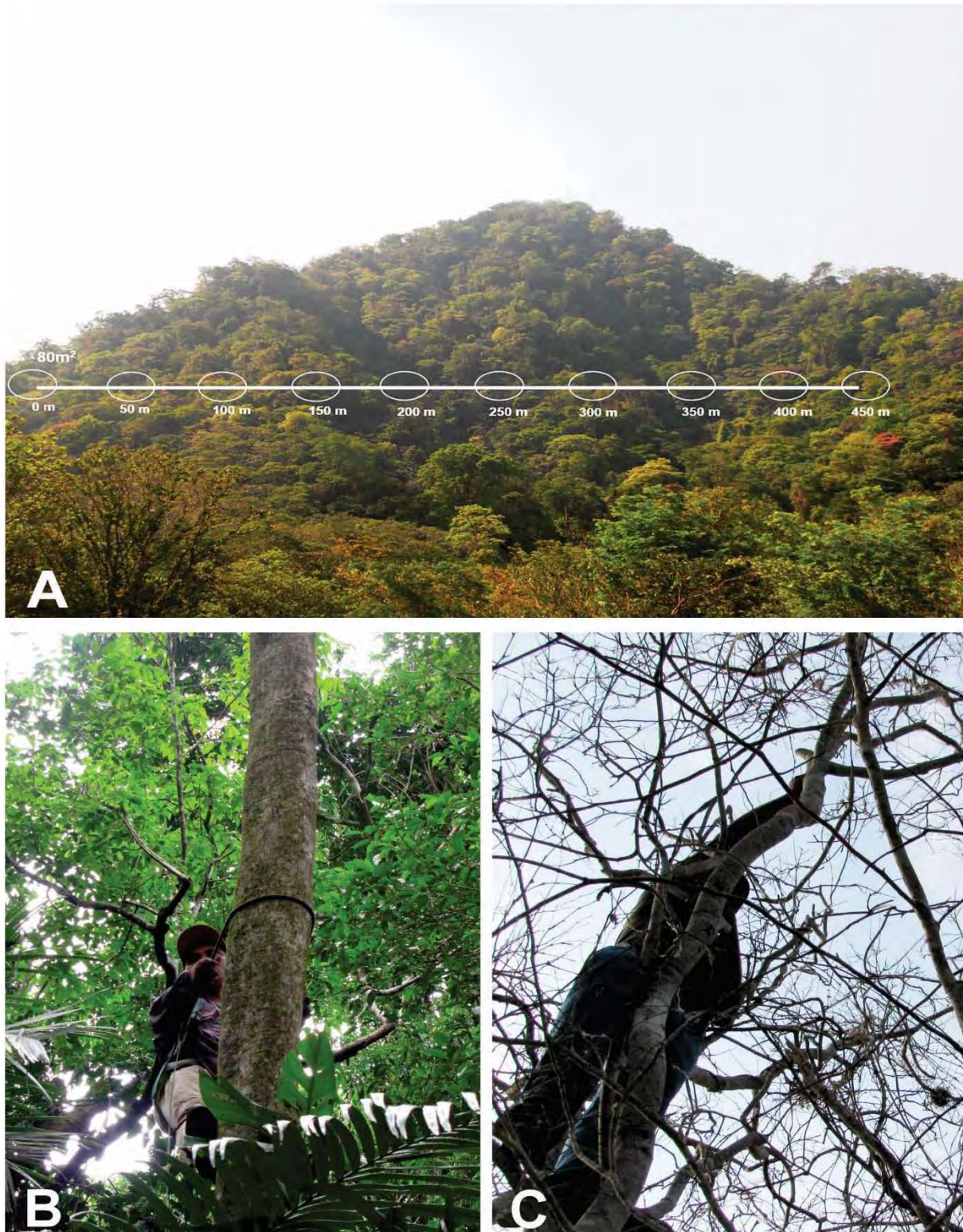


Figura 11. Método de recolecta de los líquenes corticícolas de *Graphis*. (A) Transecto en la selva alta perennifolia en el ejido Adolfo López Mateos, Reserva de la Biósfera, Los Tuxtlas. (B) Recolecta en el dosel de la selva alta

perennifolia en la laguna Zacatal, Estación de Biología, Los Tuxtlas, utilizando espuelas, cinturón y cuerdas. (C) Recolecta en el dosel de la selva baja caducifolia, Estación de Biología Chamela, sin equipo para trepar.

### 2.3 Registro de condiciones ambientales

a) La incidencia de luz se midió a través de fotografías tomadas con una cámara fotográfica Nikon E4500 con un lente hemisférico Nikon FC-E8, registradas en el centro de cada punto de muestreo. Las fotos se analizaron con el programa Gap Light Analyzer GLA 2.0 (Fig. 12), los valores obtenidos (porcentajes de apertura del dosel) se clasificaron de acuerdo a las categorías de Lücking (1997) y Cáceres *et al.* (2007): 1= 0-2% (sotobosque sombreado), 2= 2-5% (transición a espacios de luz), 3= 5-13% (espacios de luz), 4= 13-35% (transición hacia el dosel), 5= 35-100% (dosel expuesto).

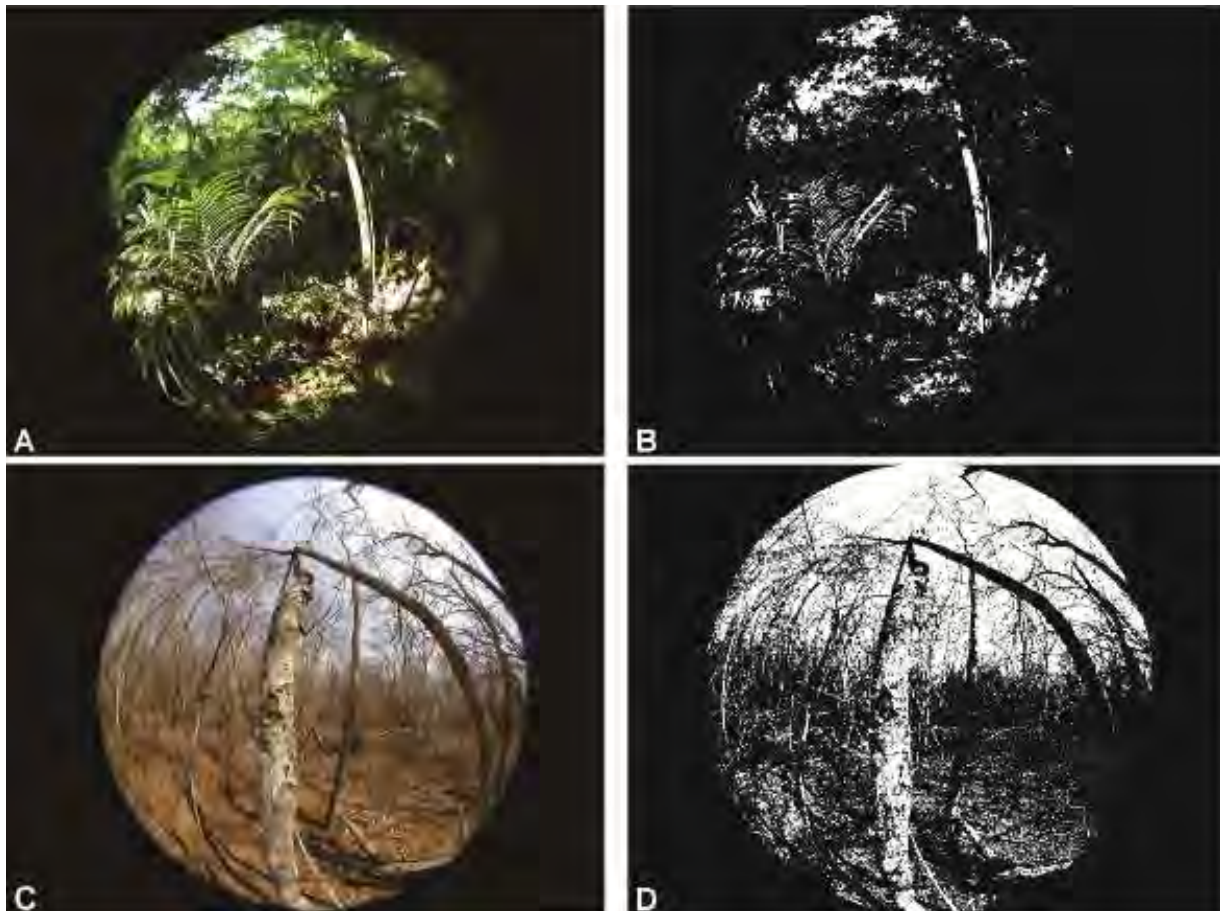


Figura 12. Fotografías hemisféricas de la vegetación: Antes y después de su análisis con el programa Gap light Analyzer (GLA). (A-B) Selva alta perennifolia, Los Tuxtlas, categoría 3. (C-D) Selva baja caducifolia, Chamela, categoría 5.

**b)** La evaporación se midió con evaporímetros tipo Piche contruidos manualmente con platos de plástico, hilos, alambre, estambre y tubos de vidrio (Lücking, 1998; Freiberg y Freiberg, 1999) (Fig. 13).



Figura 13. Registro de la evaporación con evaporímetros Piche. (A) Sotobosque. (B) Dosel.

**c)** La categorización de las cortezas de los forofitos se realizó siguiendo a Pérez Jiménez y Barajas-Morales (2011), clasificándolas como lisa, ornamentada, rugosa, fisurada, escamosa (Fig. 14).

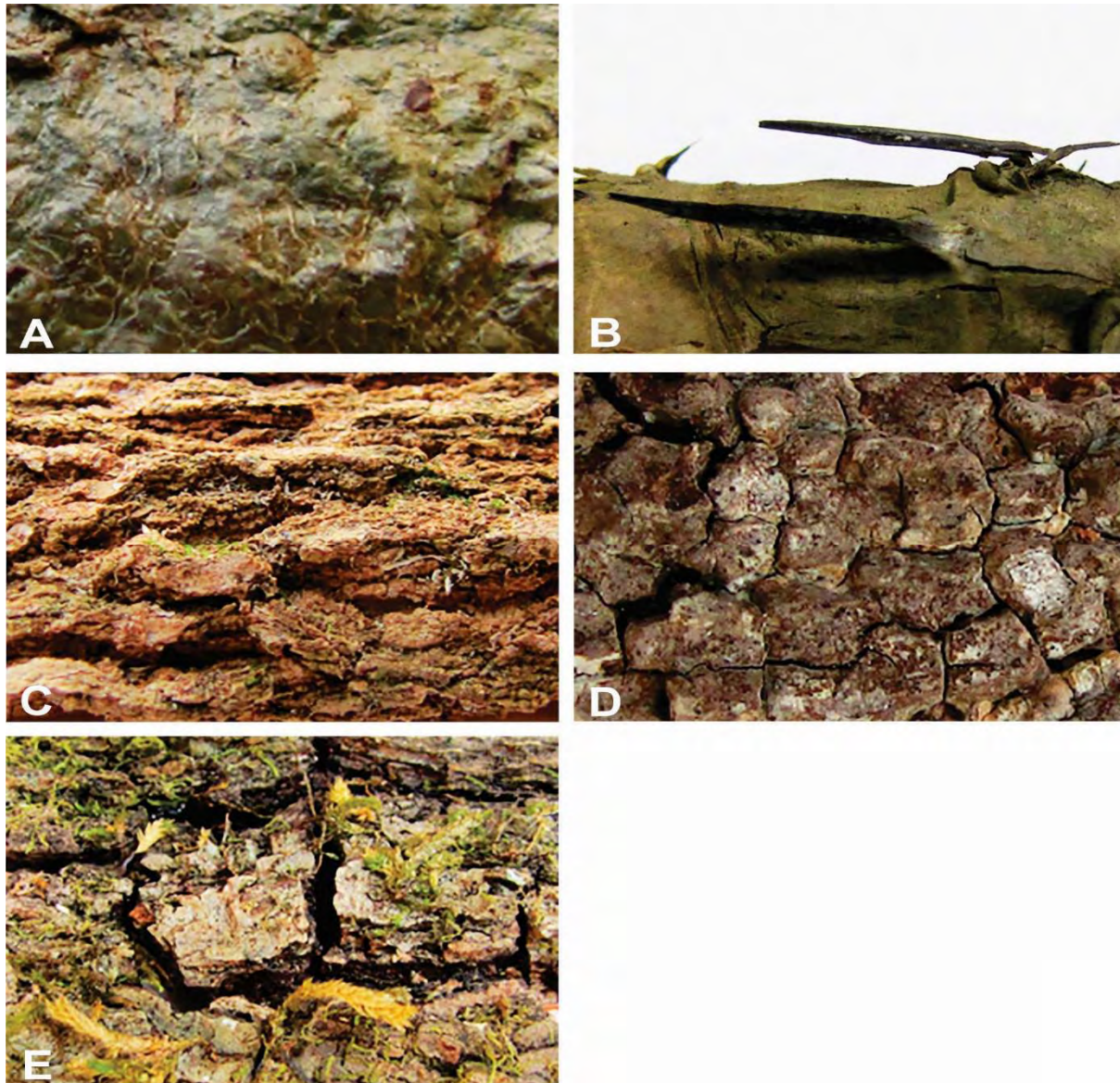


Figura 14. Tipos de cortezas de acuerdo a Pérez Jiménez y Barajas-Morales (2011). (A) Lisa. (B) Ornamentada. (C) Rugosa. (D) Fisurada. (E) Escamosa.

#### 2.4 Identificación de las especies de *Graphis*

La identificación de las especies de *Graphis* se realizó utilizando diferentes fuentes bibliográficas (Staiger 2002; Lücking y Rivas Plata, 2008; Lücking *et al.*, 2008a; 2009a; Barcenás-Peña *et al.*, 2014). Los caracteres que se tomaron en cuenta para la identificación eran: tipo de talo, anatomía de los ascomas (excípulo e himenio), características de las esporas (septación, tamaño y reacción amiloide), así como la presencia de metabolitos secundarios. Las observaciones morfológicas y anatómicas del talo y las esporas se realizaron bajo un estereoscopio Zeiss Stemi DV4 y un

microscopio compuesto Zeiss Axiostar plus. Los cortes transversales de las lirelas se hicieron manualmente y en ocasiones utilizando un micrótopo de congelación Leica CM1850 y se montaron en agua para su observación. Las esporas fueron medidas en agua y posteriormente teñidas con Lugol (0.3% IKI) para observar la reacción amiloide. Los metabolitos secundarios se identificaron con pruebas de tinción (KOH al 10%) en cortes delgados del talo y por cromatografía en capa fina (CCF) de acuerdo a la técnica estándar (Culberson y Ammann, 1979; Culberson y Johnson, 1982; Orange *et al.*, 2001). Las fotografías del talo y las lirelas fueron tomadas en un microscopio estereoscópico multifocal Leica Z16 APO A con el programa Leica Application Suite y las fotos del corte del talo y la espora con una cámara Canon PowerShot G6 instalada en el microscopio compuesto antes mencionado.

## 2.5 Análisis de datos

Los análisis estadísticos se realizaron con los programas EstimateS 9.0, Sigma Plot 12.3 y PC-ORD 5.0.

*Comparación de la diversidad de especies de Graphis entre los tres tipos de vegetación:*

La comparación de la diversidad de especies de *Graphis* se realizó a distintas escalas: primero, se considera como diversidad alfa al número de especies encontrado en cada punto de muestreo (30 puntos en selva alta perennifolia y selva baja caducifolia y 10 en el bosque mesófilo), y la diversidad gamma, al número total de especies encontrado en cada tipo de vegetación. Este último número, es considerado diversidad alfa cuando se realizó la comparación entre tipos de vegetación obteniéndose la diversidad beta o recambio de especies entre los tres tipos de vegetación y la diversidad gamma regionalmente como el número total de especies entre los tres (Cuadro 3).

Cuadro 3. Resumen de los dos niveles de estudio de la diversidad en este trabajo.

ESCALAS DE ESTUDIO			
ESCALA	DIVERSIDAD ALFA	DIVERSIDAD BETA	DIVERSIDAD GAMMA
Local	Número de especies encontrado en cada punto de muestreo (30 puntos en selva alta perennifolia y selva baja caducifolia y 10 en el bosque mesófilo)	Recambio de especies entre los puntos de muestreo (no realizado)	Número total de especies encontrado en cada tipo de vegetación
Regional	Número total de especies encontrado en cada tipo de vegetación	Recambio de especies entre los tres tipos de vegetación	Número total de especies de los tres tipos de vegetación

1.- Para mostrar el número de especies acumuladas de *Graphis* conforme se aumentó el esfuerzo de recolecta de los 30 puntos de muestreo en cada tipo de vegetación. Así como para observar si la diversidad de especies recolectadas se aproximó al que en realidad podría existir en cada uno de ellos, se realizó una curva de acumulación de especies basada en los puntos de muestreo. Se decidió hacer esto para mostrar cómo es el comportamiento de la curva de acuerdo al aumento del trabajo de campo.

Adicionalmente, a la curva de acumulación de especies se agregó una curva del estimador Chao2 el cual es recomendado por tratarse de datos no paramétricos. Chao2 estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies únicas (que solo aparecen en una sola muestra) y el número de especies duplicadas (que aparecen compartidas en dos muestras) (Moreno, 2000; Escalante, 2003; Chao *et al.*, 2004; González-Oreja *et al.*, 2010).

2.- Se realizó un análisis de Kruskal-Wallis que es una técnica paramétrica análoga al análisis de varianza, que determina si entre  $n$  muestras de un grupo de datos existen diferencias significativas. La prueba utiliza datos completamente al azar y se utiliza cuando la escala de estos es ordinal o cuando no presentan distribución normal (Infante y Zárate de Lara, 2005; Zar, 1999). Se obtuvo este análisis de la riqueza de especies entre los tres ecosistemas para observar diferencias estadísticamente significativas.

3.- Para conocer la riqueza de especies se obtuvo el número de especies del género y su composición en cada ecosistema como la diversidad local o alfa y la diversidad beta o recambio de especies entre los tres tipos de vegetación. Esta última, se realizó utilizando el índice de similitud de Sørensen de acuerdo a la fórmula:

$$S = 2(a \cap b) / (N_a + N_b)$$

Donde:

$a$  = Número de especies en el sitio a, pero no en el b.

$b$  = Número de especies en el sitio b, pero no en el a.

$a \cap b$  = Número de especies presentes en ambos sitios.

4.- Se realizó un análisis de grupos, que es una técnica exploratoria para grupos de datos ecológicos multivariados para clasificar y agrupar individuos o variables semejantes en

variables que se han medido sin un criterio de clasificación a priori. El análisis contribuye a definir un esquema formal de clasificación para un conjunto de objetos. Asimismo, a sugerir modelos estadísticos para describir el comportamiento de las poblaciones o asignar nuevos individuos a las clases para su diagnóstico (Digby y Kempton, 1987; Pérez, 2004). El análisis utilizó el índice de similitud de Sørensen como método de distancia y el algoritmo para las uniones de grupos beta flexible -0.25 para observar la formación de grupos de especies de forofitos por su similitud en la composición de especies de *Graphis* entre tipos de vegetación.

5.- Se realizó un análisis de Kruskal-Wallis entre los tres ecosistemas para observar diferencias estadísticamente significativas entre los grupos encontrados con el análisis de conglomerados anterior.

6.- Se realizó un análisis de escalamiento multidimensional (NMS). Este tiene la finalidad de crear una representación gráfica que permita conocer la situación de los individuos en un conjunto de objetos por posicionamiento de cada uno en relación a los demás (McCune y Grace, 2002; Pérez, 2004). El análisis en este estudio, se utilizó para observar la ordenación de los puntos de muestreo en un espacio multidimensional, mediante la búsqueda de una estructura estadísticamente fuerte. El NMS se realizó con el índice de similitud de Sørensen como medida de distancia, 500 iteraciones por corrida y 250 corridas en total usando 0.004 como criterio de estabilidad, 10 iteraciones para evaluar la estabilidad con un estrés final de 12.798.

7.- Análisis de especies indicadoras, este método combina información sobre la concentración de la abundancia y frecuencia de especies en un grupo en particular, por lo que es útil para contrastar el comportamiento de las especies individuales a través de dos o más grupos de unidades de muestra (McCune y Grace, 2002). En este estudio el análisis de especies indicadoras utilizó 4999 aleatorizaciones corridas en la prueba de Monte Carlo, para encontrar si existen especies que puedan ser características de cada tipo de vegetación estudiado.

*Composición de especies de Graphis y su relación con el microambiente:*

1.- Se realizó un análisis de conglomerados para cada tipo de vegetación: selva alta perennifolia de Los Tuxtlas y selva baja caducifolia de Chamela, basado en el índice de similitud de Sørensen como método de distancia y el algoritmo para las uniones de grupos

beta flexible -0.25, para conocer si existe similitud en la composición de especies de *Graphis* entre los forofitos de cada tipo de vegetación.

2.- Se realizó un análisis de NMS en cada tipo de vegetación: selva alta perennifolia de Los Tuxtlas y selva baja caducifolia de Chamela para explorar como la composición de especies de *Graphis* esta correlacionada con las condiciones microambientales: luz, evaporación, tipo de corteza y diámetro a la altura del pecho de los forofitos (DAP). El análisis NMS se realizó con el índice de similitud de Sørensen como medida de distancia, con 500 iteraciones por corrida y 250 corridas en total. En la selva alta perennifolia, utilizó 0.00716 como criterio de estabilidad, 10 iteraciones para evaluar la estabilidad con un estrés final de 20.05074. En la selva baja caducifolia 0.00039 como criterio de estabilidad, 10 iteraciones para evaluar la estabilidad con un estrés final de 16.90758.

3.- Para indagar si existe afinidad de las especies de *Graphis* con el tipo de corteza de los forofitos en cada tipo de vegetación se realizó un análisis de especies indicadoras entre los grupos de especies formados por las categorías de corteza: 1=lisa, 2=ornamentada, 3=rugosa, 4=fisurada, 5=escamosa. El análisis utilizó 4999 aleatorizaciones corridas en la prueba de Monte Carlo. Se presentan los resultados de valores de indicación más altos de las especies en cada grupo y los valores valores de  $p$  para cada especie.



### **3. TRATAMIENTO MONOGRÁFICO**

---

### **3. TRATAMIENTO MONOGRÁFICO**

La familia *Graphidaceae* es actualmente una de las familias de líquenes más estudiadas en el trópico, por lo que hoy se cuenta con literatura y claves de identificación para muchos de los géneros que la forman (Staiger, 2002; Frisch *et al.*, 2006; Archer, 2009; Lücking *et al.*, 2009a; Mangold *et al.*, 2009; Rivas Plata *et al.*, 2010; Gaswick y Lücking, 2012). De igual manera, se han descrito muchas especies de *Graphidaceae* en los últimos años. Esto ha influido para que sea la familia con mayor número de especies conocidas de los líquenes costrosos tropicales; incluso recientemente se ha estimado que esta familia podría superar en número de especies a *Parmeliaceae* que actualmente es la más diversa de los líquenes en general (Lücking *et al.*, 2014). En México, se conocen aproximadamente 2722 especies de líquenes entre foliosos, fruticosos y costrosos, pero se calcula que podrían existir hasta 5000 (Lücking *et al.*, 2009b; Herrera-Campos *et al.*, 2014). Dentro de estos últimos, la familia *Graphidaceae* se encuentra ampliamente distribuida en nuestro país. Se estima que existe una alta diversidad de especies aún no descubierta (Lücking *et al.*, 2014) y el género *Graphis* podría ser el mejor representado con numerosos taxones. Hasta el inicio de este trabajo había 41 especies reportadas para el país y su estudio taxonómico se limitaba a los siguientes trabajos:

- A) Wirth y Hale (1963), quienes aún utilizaron un concepto artificial para separar a los géneros dentro de *Graphidaceae*.
- B) Los trabajos de otros autores que se recopilan en el catálogo de Ryan *et al.* (1996).
- C) Las descripciones de algunas especies incluidas en la obra Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert Region (Staiger y Kalb, 2004; Mangold y Lumbsch, 2007).
- D) Mangold *et al.* (2008) realizaron una nueva combinación de *Thelotrema mexicanum* como *G. mexicana*.
- E) Pérez-Pérez *et al.* (2015) reportaron ocho especies de *Graphis* en La Cortadura, Coatepec, Veracruz.

Por lo anteriormente descrito, en México, el estudio de este género no ha tenido avances significativos y al momento se carece de tratamientos taxonómicos e inventarios completos de todos los géneros de esta familia. En la presente investigación se abordó al género *Graphis* que posee el mayor número de especies en la familia *Graphidaceae*. Se realizó un inventario de sus especies en tres ecosistemas: selva alta perennifolia, selva baja caducifolia y bosque mesófilo de montaña. Se incluye una clave de identificación de las especies de *Graphis* estudiadas, la cual

resulta de gran importancia si se considera que al momento no se cuenta con alguna clave de identificación en español de ningún otro grupo de especies de líquenes en México. Aunado a la lista de especies y a la clave para su identificación se elaboró una descripción corta y una fotografía para cada especie, así como su distribución mundial resaltando que la mayoría de especies encontradas son nuevos registros para México. Se presentan descripciones completas de nueve especies nuevas encontradas como parte de este estudio: cinco ya publicadas; *G. marusae* (Lumbsch *et al.*, 2011), *G. bungartzii*, *G. chamelensis* y *G. rosae-emiliae* (Barcenás-Peña *et al.*, 2014), *G. robertusii* (Barcenás-Peña *et al.*, 2015); y cuatro que aquí se describen y que en breve serán publicadas, *G. atilanoi sp. nov. (ined.)*, *G. tejonensis sp. nov. (ined.)*, *G. tuxtlenensis sp. nov. (ined.)* y *H. complanatum sp. nov. (ined.)*. Cabe mencionar que, aún cuando ya se encuentran publicadas varias de las especies, se ha incluido su descripción en este documento, con excepción de *G. bungartzii*, *G. chamelensis* y *G. rosae-emiliae* las cuales están descritas dentro del artículo anexo en el apéndice que es la publicación de requisito para obtener el grado.

### 3.1 Lista de especies

En este trabajo se encontraron un total de 69 especies de *Graphis* y dos de *Hemithecium*, de las cuales 47 estuvieron presentes en la selva alta perennifolia de Los Tuxtlas (38 nuevos registros para Veracruz), 29 en la selva baja caducifolia de Chamela (23 nuevos registros para Jalisco) y 11 en el bosque mesófilo de montaña de El Cielo (nueve nuevos registros para Tamaulipas). Estos resultados incluyen nueve nuevas especies para la ciencia, cuatro nuevos registros para en Continente Americano, 30 nuevos registros para América del Norte y 48 nuevos registros para México. El Cuadro 4 resume la presencia o ausencia de las especies por ecosistema e indica las nuevas especies y los nuevos registros, estatales, nacionales y continentales.

Cuadro 4. Lista de especies de *Graphis* por tipo de vegetación, nuevas especies y los nuevos registros estatales, nacionales y continentales: Presencia (\*), selva alta perennifolia de la Reserva de la Biósfera de los Tuxtlas, (SAP), selva baja caducifolia de la Estación de Biología de Chamela-Cuixmala (SBC), bosque mesofilo de montaña de la Reserva de la Biósfera de El Cielo (BMM), NSP = Nuevas especies, NRA = Nuevo registro para el Continente Americano, NRAN = Nuevo registro para América del Norte, NRM = Nuevo registro nacional, NRJ = Nuevo registro para Jalisco, NRV = Nuevo registro para Veracruz, NRT = Nuevo registro para Tamaulipas.

ESPECIE	SAP	SBC	BMM	NSP	NRA	NRAN	NRM	NRJ	NRV	NRT
<i>Graphis acharii</i> Fée	*		*							
<i>Graphis cf. adpressa</i> Vain.			*			*	*			*
<i>Graphis albissima</i> Müll. Arg.		*			*		*	*		
<i>Graphis alboglaucescens</i> Adaw. & Makhija		*			*		*	*		
<i>Graphis anfractuosa</i> (Eschw.) Eschw.	*						*		*	
<i>Graphis cf. arbusculaeformis</i> (Vain.) Lücking	*					*	*		*	
<i>Graphis atilanoi</i> Barcenas-Peña, Herrera-Campos & Lücking <i>sp. nov. (ined.)</i>		*		*						
<i>Graphis aurita</i> Eschw.	*	*	*			*	*		*	*
<i>Graphis bettinae</i> Lücking, Umaña, Chaves & Sipman	*					*	*		*	
<i>Graphis brahmanensis</i> Aptroot	*						*		*	
<i>Graphis aff. breussii</i> Neuwirth & Lücking	*					*	*		*	
<i>Graphis bungartzii</i> Barcenas-Peña, Lücking, Herrera-Campos & R. Miranda		*		*						
<i>Graphis caesiella</i> Vain.		*						*		
<i>Graphis chameleensis</i> Barcenas-Peña & Lücking		*		*						
<i>Graphis chlorotica</i> A. Massal	*		*			*	*		*	*
<i>Graphis cincta</i> (Pers.) Aptroot		*					*		*	
<i>Graphis cinerea</i> Fée	*					*	*		*	
<i>Graphis consanguinea</i> (Müll. Arg.) Lücking			*			*	*			*
<i>Graphis dupaxana</i> Vain.	*					*	*		*	
<i>Graphis duplicata</i> Ach.	*						*		*	
<i>Graphis aff. duplicatoinspersa</i> Lücking		*				*	*	*		

ESPECIE	SAP	SBC	BMM	NSP	NRA	NRAN	NRM	NRJ	NRV	NRT
<i>Graphis elongata</i> Zenker	*									*
<i>Graphis epimelaena</i> Müll. Arg.		*			*		*	*		
<i>Graphis filiformis</i> Adaw. & Makhija		*					*	*		
<i>Graphis furcata</i> Fée	*	*	*				*	*	*	*
<i>Graphis glaucescens</i> Fée		*						*		
<i>Graphis glauconigra</i> Vain.	*		*			*	*		*	
<i>Graphis handelii</i> Zahlbr.		*					*	*		
<i>Graphis aff. illinata</i> Eschw.	*					*	*		*	
<i>Graphis immersicans</i> A.W. Archer	*					*	*		*	
<i>Graphis ingarum</i> (Vain.) Lücking	*	*				*	*	*	*	
<i>Graphis insulana</i> (Müll. Arg.) Lücking & Sipman		*				*	*	*		
<i>Graphis leptocarpa</i> Fée	*						*		*	
<i>Graphis cf. leptoclada</i> Müll. Arg.	*									
<i>Graphis librata</i> C. Knight		*						*		
<i>Graphis lineola</i> Ach.	*	*					*	*	*	
<i>Graphis longula</i> Kremp.	*									*
<i>Graphis marusae</i> A.B. Peña & Lücking	*			*						
<i>Graphis modesta</i> Zahlbr.	*	*					*	*	*	
<i>Graphis multisulcata</i> (Müll. Arg.) Lücking & Chaves	*					*	*		*	
<i>Graphis nanodes</i> Vain.	*					*	*		*	
<i>Graphis nuda</i> (H. Magn.) Staiger	*						*		*	
<i>Graphis oligospora</i> Zahlbr.	*									*
<i>Graphis oxyclada</i> Müll. Arg.	*	*					*	*	*	
<i>Graphis palmicola</i> Makhija & Adaw.	*				*		*			
<i>Graphis pinicola</i> Zahlbr.	*	*					*	*	*	
<i>Graphis plurispora</i> (Redinger) Lücking & Chaves	*					*	*	*		
<i>Graphis proserpens</i> Vain.			*							*
<i>Graphis pseudoserpens</i> Chaves & Lücking	*					*	*		*	
<i>Graphis puiggarii</i> (Müll. Arg.) Lücking	*					*	*		*	
<i>Graphis pyrrhocheiloides</i> Zahlbr.		*					*	*		
<i>Graphis rimulosa</i> (Mont.) Trevis.	*									*
<i>Graphis robertusii</i> Barcenas-Peña, Herrera-Campos & R. Miranda	*			*						
<i>Graphis rosae-emiliae</i> Barcenas-Peña & Lücking	*			*						
<i>Graphis sayeri</i> Müll. Arg.		*				*	*	*		
<i>Graphis scripta</i> (L.) Ach.	*	*	*					*	*	*
<i>Graphis tejonensis</i> Barcenas-Peña, Miranda & Lücking <i>sp. nov. (ined.)</i>		*		*						
<i>Graphis striatula</i> (Ach.) Spreng.	*									
<i>Graphis subdisserpens</i> Nyl.	*					*	*		*	
<i>Graphis subimmersa</i> (Fée) A. Massal.	*					*	*		*	
<i>Graphis submarginata</i> Lücking		*				*	*	*		
<i>Graphis subradiata</i> (Nyl.) Lücking			*			*	*			*
<i>Graphis subtecta</i> (Nyl.) Lücking	*					*	*		*	

ESPECIE	SAP	SBC	BMM	NSP	NRA	NRAN	NRM	NRJ	NRV	NRT
<i>Graphis cf. subvirginea</i> Nyl.		*				*	*	*		
<i>Graphis cf. symplecta</i> Nyl.	*					*	*		*	
<i>Graphis cf. syzygii</i> Aptroot	*		*			*	*		*	*
<i>Graphis tenella</i> Ach.	*									
<i>Graphis tuxtlenensis</i> Barcenás-Peña & Herrera Campos sp. nov. (ined.)	*			*						
<i>Graphis urandrae</i> Vain.	*	*				*	*	*	*	
<i>Hemithecium rufopallidum</i> (Vain.) Staiger	*									*
<i>Hemithecium complanatum</i> Barcenás-Peña, R. Miranda & Lücking sp. nov. (ined.)		*		*						
	47	29	11	9	4	30	48	23	38	9

### 3.2 Clave de identificación

Cuadro 5. Entrada a la clave para los grupos de *Graphis* y *Hemithecium* tratados en esta tesis.

Grupo	Labios	Carbonización del excípulo	Himenio	Septación de las ascosporas
Grupo 1	Enteros	No carbonizado	No insperso	Muriforme
Grupo 2	Enteros	Apical	No insperso	Tranversal
Grupo 3	Enteros	Lateral	No insperso	Tranversal
Grupo 4	Enteros	Lateral	No insperso	Muriforme
Grupo 5	Enteros	Lateral	Insperso	Tranversal
Grupo 6	Enteros	Lateral	Insperso	Muriforme
Grupo 7	Enteros	Completo	No insperso	Tranversal
Grupo 8	Enteros	Completo	No insperso	Muriforme
Grupo 9	Enteros	Completo	Insperso	Tranversal
Grupo 10	Enteros	Completo	Insperso	Muriforme
Grupo 11	Estriados	Apical	No insperso	Tranversal
Grupo 12	Estriados	Apical	No insperso	Muriforme
Grupo 13	Estriados	Lateral	No insperso	Tranversal
Grupo 14	Estriados	Lateral	No insperso	Muriforme
Grupo 15	Estriados	Lateral	Insperso	Transversal
Grupo 16	Estriados	Completo	No insperso	Tranversal
Grupo 17	Estriados	Completo	No insperso	Muriforme
Grupo 18	Estriados	Completo	Insperso	Tranversal
Grupo 19	Estriados	Completo	Insperso	Muriforme

#### Grupo 1. Labios enteros, excípulo no carbonizado, himenio no insperso, ascosporas muriformes

- 1 Lirelas errumpentes, irregularmente ramificadas, margen talino lateral, ascosporas 4–8 por asca,  $45\text{--}52.5 \times 10\text{--}22.5 \mu\text{m}$  ..... *Hemithecium rufopallidum* (Vain.) Staiger

Lirelas inmersas, no ramificadas, margen talino completo, ascoporas 1 por asca,  $75\text{--}100 \times 27.5\text{--}30 \mu\text{m}$  .....

***Hemithecium complanatum* Barcenas-Peña, R. Miranda & Lücking sp. nov. (ined.)**

**Grupo 2. Labios enteros, excípulo apicalmente carbonizado, himenio no insperso, ascoporas septadas transversalmente**

- 1 Sin sustancias químicas (K–) ..... 2  
 Con ácido norestético (K+ amarillo con cristales rojos) ..... 3
- 2 Disco generalmente cerrado solo en ocasiones abierto, pruina ligera, ascoporas con 9–13 septos transversales,  $35\text{--}47.5 \times 7.5\text{--}10 \mu\text{m}$  ..... ***Graphis sayeri* Müll. Arg.**  
 Disco cerrado a abierto y pruina presente o ausente, ascoporas de 7 a 12 septos transversales y hasta  $60 \mu\text{m}$  de largo ..... 3
- 3(2) Disco ligeramente abierto con pruina, ascoporas con 9–12 septos transversales,  $35\text{--}60 \times 8\text{--}12 \mu\text{m}$  ..... ***Graphis epimelaena* Müll. Arg.**  
 Disco cerrado y pruina presente o ausente, ascoporas 7–10 septos transversales y hasta  $45 \mu\text{m}$  de largo ..... 4
- 4(3) Labios con pruina, ascoporas  $25\text{--}45 \times 6\text{--}10 \mu\text{m}$  ..... ***Graphis glaucescens* Fée**  
 Labios sin pruina, ascoporas  $25\text{--}37.5 \times 5\text{--}7.5 \mu\text{m}$  ..... ***Graphis oligospora* Zahbr.**
- 5(1) Lirelas inmersas de 0.5 a 2 mm de largo, ascoporas 8–11 septos transversales,  $16\text{--}30 \times 5\text{--}7.5 \mu\text{m}$  ..... ***Graphis alboglaucescens* Adaw. & Makhija**  
 Lirelas inmersas a errumpentes de más de 2 mm de largo, ascoporas con 9–13 septos transversales,  $30\text{--}42.5 \times 7\text{--}10 \mu\text{m}$  .....  
 ..... ***Graphis tejonensis* Barcenas-Peña, R. Miranda & Lücking sp. nov. (ined.)**

**Grupo 3. Labios enteros, excípulo lateralmente carbonizado, himenio no insperso, ascoporas septadas transversalmente**

- 1 Sin sustancias químicas secundarias (K–) ..... 2  
 Ácido norestético o adicionalmente connoestético (K+ amarillo con cristales rojos) ..... 7
- 2 Lirelas prominentes, parcialmente ramificadas, margen talino de basal a lateral, disco cerrado, pruina ausente ..... ***Graphis urandrae* Vain.**

- Lirelas inmersas a errumpentes, irregularmente ramificada, margen talino lateral, disco de cerrado a abierto, pruina presente o ausente ..... 3
- 3(2) Disco abierto con pruina, ascosporas con 5–13 septos transversales,  $25\text{--}45 \times 6\text{--}9 \mu\text{m}$  ..... ***Graphis scripta* (L.) Ach.**
- Disco cerrado, pruina presente o ausente, ascosporas 6–15 septos transversales y hasta  $62.5 \mu\text{m}$  de largo ..... 4
- 4(3) Labios con pruina, ascosporas con 6–7 septos transversales,  $27.5\text{--}30 \times 7\text{--}9 \mu\text{m}$  ..... ***Graphis furcata* Fée**
- Labios sin pruina, ascosporas con más de 7 septos y hasta  $45 \mu\text{m}$  de largo ..... 5
- 5(4) Lirelas de 1–2 mm de largo, ascosporas con 9–15 septos transversales,  $45\text{--}62.5 \times 7\text{--}8 \mu\text{m}$  ..... ***Graphis elongata* Zenker**
- Lirelas de más de 1.5 mm de largo, ascosporas ligeramente más pequeñas de 7 a 10 septos transversales y hasta  $42.5 \mu\text{m}$  de largo ..... 6
- 6(5) Lirelas de 1.5–3 mm de largo, ascosporas con 7–10 septos transversales,  $25\text{--}40 \times 7\text{--}8 \mu\text{m}$  ..... ***Graphis pinicola* Zahlbr.**
- Lirelas de 1–4 mm de largo, ascosporas 9–12 septos,  $30\text{--}42.5 \times 7\text{--}9 \mu\text{m}$  ..... ***Graphis albissima* Müll. Arg.**
- 7(1) Solo ácido norestíctico, disco con pruina ..... 8
- Ácido norestíctico o adicionalmente connoestíctico, disco con pruina presente o ausente ..... 10
- 8(7) Disco abierto, ascosporas con 7–13 septos transversales,  $25\text{--}50 \times 6\text{--}9 \mu\text{m}$  ..... ***Graphis pyrrocheiloides* Zahlbr.**
- Disco cerrado, ascoporas ligeramente más pequeñas de 5 a 9 septos tranversales y hasta  $\mu\text{m}$  40 de largo ..... 9
- 9(8) Lirelas de 1–3 mm de largo, ascosporas con 5–9 septos transversales,  $20\text{--}40 \times 6\text{--}8 \mu\text{m}$  ..... ***Graphis caesiella* Vain.**
- Lirelas de 4–10 mm de largo, ascosporas con 6–9 septos transversales,  $22\text{--}35 \times 7.5\text{--}10 \mu\text{m}$ ..... ***Graphis filiformis* Adaw. & Makhija**
- 10(7) Disco cerrado, lirelas de 1–3 mm de largo, ascosporas con 5–9 septos transversales,  $20\text{--}30 \times 5\text{--}8 \mu\text{m}$  ..... ***Graphis librata* C. Knight**



Disco abierto, lirelas de hasta 5 mm de largo, ascosporas con 7–11 septos transversales,  $30\text{--}45 \times 7\text{--}10 \mu\text{m}$

..... ***Graphis atilanoi* Barcenas-Peña, Herrera-Campos & Lücking *sp. nov. (ined.)***

**Grupo 4. Labios enteros, excípulo lateralmente carbonizado, himenio no insperso, ascosporas muriformes**

Lirelas errumpentes, irregularmente ramificadas, margen talino lateral, sin sustancias químicas secundarias (K–), ascosporas  $25\text{--}30 \times 10\text{--}12.5 \mu\text{m}$

..... ***Graphis nanodes* Vain.**

**Grupo 5. Labios enteros, excípulo lateralmente carbonizado, himenio insperso, ascosporas septadas transversalmente**

1 Lirelas raramente a irregularmente ramificadas, margen talino lateral, sin sustancias químicas secundarias (K–) ..... 2

Lirelas no ramificadas, margen talino lateral, con ácido estíctico o norestíctico (K+ amarillo o K+ amarillo con cristales rojos) ..... 3

2 Disco abierto con pruina, ascosporas con 5–9 septos transversales,  $25\text{--}35 \times 6\text{--}8 \mu\text{m}$  ..... ***Graphis submarginata* Lücking**

Disco cerrado sin pruina, ascosporas con 8–12 septos transversales,  $30\text{--}40 \times 7\text{--}10 \mu\text{m}$  ..... ***Graphis lineola* Ach.**

3 Ácido estíctico, ascosporas  $25\text{--}30.5 \times 5\text{--}7.5 \mu\text{m}$  ..... ***Graphis leptocarpa* Fée**

Ácido norestíctico, ascosporas entre 25 y 40  $\mu\text{m}$  de longitud ..... 4

4 Disco cerrado sin pruina, ascosporas con 7–9 septos transversales,  $20\text{--}35 \times 6\text{--}8 \mu\text{m}$  ..... ***Graphis cincta* (Pers.) Aptroot**

Disco abierto sin pruina, ascosporas con 7–8 septos transversales,  $25\text{--}30 \times 5\text{--}7.5 \mu\text{m}$  ..... ***Graphis handelii* Zahlbr.**

**Grupo 6. Labios enteros, excípulo lateralmente carbonizado, himenio insperso, ascosporas muriformes**

Lirelas errumpentes, no ramificadas, margen talino lateral, sin sustancias químicas secundarias (K–), ascosporas 8 por asca  $17.5\text{--}35 \times 10\text{--}12.5 \mu\text{m}$

..... *Graphis pseudoserpens* Chaves & Lüking  
 Lirelas inmersas a errumpentes, no ramificadas a irregularmente ramificadas, margen talino completo, ácido norestíctico, ascosporas 1 por asca  $82.5-102.5 \times 25-27.5 \mu\text{m}$   
 ..... *Graphis insulana* (Müll. Arg.) Lüking & Sipman

**Grupo 7. Labios enteros, excípulo completamente carbonizado, himenio no insperso, ascosporas septadas transversalmente**

- 1 Lirelas inmersas a errumpentes, no a radialmente ramificadas, margen talino basal a completo, disco de cerrado a abierto, pruina presente o ausente ..... 2  
 Lirelas de prominentes a sésiles, no a irregularmente ramificadas, margen talino de ausente a lateral, química variable, disco cerrado sin pruina ..... 7
- 2(1) Lirelas inmersas a errumpentes, margen talino basal a lateral, sin sustancias químicas secundarias o con ácido estíctico (K-, K+ amarillo), disco de cerrado a abierto, pruina presente o ausente ..... 3  
 Lirelas errumpentes, margen talino basal a completo, sin sustancias químicas secundarias (K-), disco cerrado, sin pruina ..... 5
- 3(2) Lirelas radialmente ramificadas, margen talino lateral, ácido estíctico (K+ amarillo), disco abierto con pruina, ascosporas con 6-8 septos transversales,  $20-28 \times 6-8 \mu\text{m}$   
 ..... *Graphis modesta* Zahlbr.  
 Lirelas no a irregularmente ramificadas, margen talino basal a lateral, sin sustancias químicas secundarias (K-), disco de cerrado a abierto, sin pruina, ascosporas de 6-13 septos transversales, hasta  $70 \mu\text{m}$  de largo ..... 4
- 4(3) Lirelas irregularmente ramificadas, disco abierto, margen talino basal a lateral, ascosporas con 5-7 septos transversales,  $27.5-30 \times 7.5-10 \mu\text{m}$   
 ..... *Graphis palmicola* Makhija & Adaw.  
 Lirelas no ramificadas, disco cerrado, margen talino lateral, ascoporas con 11-13 septos transversales,  $50-70 \times 7.5-12 \mu\text{m}$  ..... *Graphis subdisserpens* Nyl.
- 5(2) Lirelas no ramificadas, margen talino basal, ascosporas con 11-12 septos transversales,  $57.5-62.5 \times 10-12.5 \mu\text{m}$  ..... *Graphis subimmersa* (Fée) A. Massal.  
 Lirelas irregular a radialmente ramificadas, margen talino lateral a completo, ascoporas pequeñas de 5 a 11 septos transversales de menos de  $32.5 \mu\text{m}$  de largo ..... 6

- 6(5) Lirelas irregularmente ramificadas, margen talino lateral, ascoporas con 5–7 septos transversales,  $22.5\text{--}32.5 \times 5\text{--}7.5 \mu\text{m}$  ..... *Graphis immersicans* A.W. Archer  
 Lirelas radialmente ramificadas, margen talino completo, ascoporas con 7–11 septos transversales,  $27.5\text{--}32.5 \times 7.5\text{--}10 \mu\text{m}$  ..... *Graphis cf. subvirginea* Nyl.
- 7(1) Lirelas prominentes, irregularmente ramificadas, margen talino basal a lateral, química variable (K–, K+ amarillo, K+ amarillo con cristales rojos), ascoporas de 6 a 10 septos transversales y de hasta  $35 \mu\text{m}$  de largo ..... 8  
 Lirelas sésiles, no ramificadas, margen talino ausente a basal, sin sustancias químicas secundarias (K–), ascoporas con 9–12 septos transversales,  $32.5\text{--}50 \times 7.5\text{--}10 \mu\text{m}$  ..... *Graphis cf. adpressa* Vain.
- 8(7) Lirelas parcialmente ramificadas, margen talino basal a lateral, ácido norestíctico (K+ amarillo con cristales rojos), ascoporas con 7–10 septos transversales,  $25\text{--}35 \times 7\text{--}10 \mu\text{m}$  ..... *Graphis chamelensis* Barcenás-Peña & Lücking  
 Lirelas irregularmente ramificadas, margen talino lateral, sin sustancias químicas secundarias (K–), ascoporas con 6–9 septos transversales,  $25\text{--}32.5 \times 5\text{--}7.5 \mu\text{m}$  ..... *Graphis oxyclada* Müll. Arg.

**Grupo 8. Labios enteros, excípulo completamente carbonizado, himenio no insperso, ascoporas muriformes**

- 1 Lirelas sésiles, no ramificadas a parcialmente ramificadas, margen talino ausente, ascoporas 8 por asca,  $25\text{--}37.5 \times 12.5\text{--}15 \mu\text{m}$  ..... *Graphis nuda* (H. Magn.) Staiger  
 Lirelas errumpentes, irregularmente ramificadas, margen talino completo apicalmente delgado, ascoporas 2–8 por asca,  $25\text{--}32.5 \times 7.5\text{--}12.5 \mu\text{m}$  ..... *Graphis subtectata* (Nyl.) Lücking

**Grupo 9. Labios enteros, excípulo completamente carbonizado, himenio insperso, ascoporas septadas transversalmente**

- 1 Lirelas errumpentes a prominentes, no ramificadas a parcialmente ramificadas, margen talino basal, ascoporas con 6–7 septos transversales,  $25\text{--}27.5 \times 7\text{--}9 \mu\text{m}$  ..... *Graphis anfractuosa* (Eschw.) Eschw.

- Lirelas errumpentes, parcialmente ramificadas, margen talino lateral unido al excípulo o separado (margen doble), ascosporas de más de 7 septos transversales y hasta 40  $\mu\text{m}$  de largo ..... 2
- 2(1) Lirelas con margen talino lateral unido al excípulo ascosporas no observadas, solo trazas de ácido estíctico (K-) ..... ***Graphis cf. arbusculaeformis* (Vain.) Lücking**
- Lirelas con margen talino lateral separado del excípulo (margen doble), ascosporas con 7–9 septos transversales, 30–40  $\times$  7–9  $\mu\text{m}$ , ácido estíctico (K+ amarillo) adicionalmente salazínico (trazas) y conestíctico (accesorio)  
..... ***Graphis robertusii* Barcenas-Peña, Herrera-Campos & R. Miranda**

**Grupo 10. Labios enteros, excípulo completamente carbonizado, himenio insperso, ascosporas muriformes**

- Lirelas prominentes, irregularmente ramificadas, margen talino completo grueso, sin sustancias químicas secundarias (K-), ascosporas 100–155  $\times$  17.5–20  $\mu\text{m}$   
..... ***Graphis aff. illinata* Eschw.**

**Grupo 11. Labios estriados, excípulo apicalmente carbonizado, himenio no insperso, ascosporas septadas transversalmente**

- 1 Lirelas irregularmente ramificadas, margen talino lateral, ascosporas con 7–10 septos transversales, 25–37.5  $\times$  5–7.5  $\mu\text{m}$  ..... ***Graphis chlorotica* A. Massal**
- Lirelas radialmente ramificadas, margen talino basal a lateral, ascosporas con 9–11 septos transversales, 30–42.5  $\times$  5–7.5  $\mu\text{m}$  ..... ***Graphis proserpens* Vain.**

**Grupo 12. Labios estriados, excípulo apicalmente carbonizado, himenio no insperso, ascosporas muriformes**

- Lirelas errumpentes, irregularmente ramificadas, margen talino lateral, sin sustancias químicas secundarias (K-), ascosporas no observadas ..... ***Graphis cf. symplecta* Nyl.**

**Grupo 13. Labios estriados, excípulo lateralmente carbonizado, himenio no insperso, ascosporas septadas transversalmente**

- 1 Lirelas prominentes, irregularmente ramificadas, margen talino basal a lateral, sin sustancias químicas secundarias (K-), ascoporas con 9–12 septos transversales,  $45\text{--}55 \times 7.5\text{--}10 \mu\text{m}$  ..... ***Graphis striatula* (Ach.) Spreng.**  
 Lirelas errumpentes, no a irregularmente ramificadas, margen talino ausente a completo lateralmente grueso y apicalmente delgado, química variable sin sustancias químicas secundarias, ácido estíctico o ácido norestíctico adicionalmente connoestíctico (K-, K+ amarillo, K+ amarillo con cristales rojos), ascoporas con 5 a 11 septos transversales, hasta  $60 \mu\text{m}$  de largo ..... 2
- 2(1) Lirelas irregularmente ramificadas, margen talino basal a lateral, ácido estíctico o ácido norestíctico adicionalmente connoestíctico (K+ amarillo, K+ amarillo con cristales rojos) ..... 3  
 Lirelas no a irregularmente ramificadas, margen talino ausente a completo lateralmente grueso y apicalmente delgado, sin sustancias químicas secundarias (K-) ..... 4
- 3(2) Ácido estíctico (K+ amarillo), ascoporas con 7–9 septos transversales,  $25\text{--}27.5 \times 5\text{--}7.5 \mu\text{m}$  ..... ***Graphis brahmanensis* Aptroot**  
 Ácido norestíctico adicionalmente connoestíctico (K+ amarillo con cristales rojos), ascoporas con 5–11 septos transversales,  $25\text{--}38 \times 5\text{--}8 \mu\text{m}$  ..... ***Graphis bungartzii* Barcenas-Peña, Lücking, Herrera-Campos & R. Miranda**
- 4(2) Lirelas no a parcialmente ramificadas, margen talino lateral grueso y apicalmente delgado, ascoporas con 5–9 septos transversales,  $20\text{--}60 \times 6\text{--}8 \mu\text{m}$  ..... ***Graphis ingarum* (Vain.) Lücking**  
 Lirelas irregularmente ramificadas, margen talino ausente a lateral, ascoporas de 5 a 11 septos, hasta  $55 \mu\text{m}$  de largo ..... 5
- 5(4) Lirelas margen talino ausente a basal,  $2\text{--}4 \text{ mm}$  de largo, ascoporas con 7–10 septos transversales,  $25\text{--}35 \times 7.5\text{--}10 \mu\text{m}$  ..... ***Graphis duplicata* Ach.**  
 Lirelas con margen talino lateral, longitud de las lirelas y ascoporas variables ..... 6
- 6(5) Lirelas cortas de  $1\text{--}1.5 \text{ mm}$ , ascoporas con 9–11 septos transversales,  $25\text{--}55 \times 5\text{--}7.5 \mu\text{m}$  ..... ***Graphis cf. leptoclada* Müll. Arg.**  
 Lirelas largas de  $1\text{--}3.5 \text{ mm}$  de largo, ascoporas con 5–6 septos transversales,  $25\text{--}27.5 \times 5\text{--}7 \mu\text{m}$  ..... ***Graphis tenella* Ach.**

**Grupo 14. Labios estriados, excípulo lateralmente carbonizado, himenio no insperso, ascosporas muriformes**

Lirelas errumpentes, irregularmente ramificadas, margen talino grueso lateral y apicalmente delgado, sin sustancias químicas secundarias (K–), ascosporas 4 por asca, 25–30 × 10–12.5 µm ..... *Graphis puiggarii* (Müll. Arg.) Lücking

**Grupo 15. Labios estriados, excípulo lateralmente carbonizado, himenio insperso, ascosporas septadas transversalmente**

Lirelas con margen talino completo lateral grueso y delgado apicalmente, sin sustancias químicas secundarias (K–), ascosporas con 9–13 septos transversales, 30–70 × 7–10 µm ..... *Graphis tuxtensis* Barcenas-Peña & Herrera-Campos *sp. nov. (ined.)*

Lirelas con margen talino basal, ácido estético (K+ amarillo), ascosporas 5–8 septos transversales, 25–32.5 × 7.5–10 µm ..... *Graphis aff. duplicatoinspersa* Lücking

**Grupo 16. Labios estriados, excípulo completamente carbonizado, himenio no insperso, ascosporas septadas transversalmente**

- 1 Lirelas prominentes, margen talino basal a lateral ..... 2  
 Lirelas errumpentes, margen talino lateral a completo apicalmente delgado ..... 3
- 2(1) Lirelas irregularmente ramificadas, hasta 3.5 mm de largo, margen talino basal, ascosporas con 6–7 septos transversales, 25–35 × 7–8 µm ..... *Graphis dupaxana* Vain.  
 Lirelas no ramificadas, hasta 1.5 mm de largo, margen talino basal a lateral, ascosporas con 8–12 septos transversales, 30–45 × 7.5–10 µm ..... *Graphis rimulosa* (Mont.) Trevis.
- 3(1) Lirelas no ramificadas, hasta 2.5–4 mm de largo, margen talino lateral, ascosporas con 9–10 septos transversales, 32.5–45 × 7.5–10 µm ..... *Graphis aurita* Eschw.  
 Lirelas no a parcialmente ramificadas, de 1 a 3.5 mm de largo, margen talino lateral a completo lateralmente grueso y delgado apicalmente, ascosporas de hasta 57 µm de largo y 13 septos ..... 4

- 4(3) Lirelas de 1–2 mm de largo, margen talino lateral, ascosporas  $32.5\text{--}57.5 \times 7.5\text{--}10 \mu\text{m}$   
 ..... ***Graphis longula* Kremp.**  
 Lirelas hasta 5 mm de largo, margen talino completo lateral grueso y apicalmente  
 delgado, ascosporas de  $22.5$  a  $70 \mu\text{m}$  ..... 5
- 5(4) Lirelas de 3–4 mm de largo, ascosporas con 11–13 septos transversales,  $22.5\text{--}52.5 \times 7\text{--}9$   
 $\mu\text{m}$  ..... ***Graphis glauconigra* Vain.**  
 Lirelas de 1–5 mm de largo, ascosporas con 9–13 septos transversales,  $50\text{--}70 \times 10\text{--}15 \mu\text{m}$   
 ..... ***Graphis marusae* B. Peña & Lücking**

**Grupo 17. Labios estriados, excípulo completamente carbonizado, himenio no insperso, ascosporas muriformes**

- 1 Ascosporas submuriformes, lirelas errumpentes, no ramificadas, margen talino completo  
 lateral grueso y apicalmente delgado, ácido norestíctico (K+ amarillo con cristales rojos)  
 ..... ***Graphis aff. breussii* Neuwirth & Lücking**  
 Ascosporas muriformes, lirelas errumpentes a prominentes, no ramificadas a  
 irregularmente ramificadas, margen talino lateral a completo apicalmente delgado a  
 grueso, sin sustancias químicas secundarias (K–) ..... 2
- 2(1) Ascosporas 1 por asca ..... 3  
 Ascosporas más de 1 por asca ..... 4
- 3(2) Lirelas no ramificadas, margen talino lateral grueso y delgado apicalmente, ascosporas  
 $50\text{--}62.5 \times 15\text{--}20 \mu\text{m}$  ..... ***Graphis subradiata* (Nyl.) Lücking**  
 Lirelas irregularmente ramificadas, margen talino completo apicalmente grueso,  
 ascosporas  $52.5\text{--}105.5 \times 20\text{--}30 \mu\text{m}$  ..... ***Graphis consanguinea* (Müll. Arg.) Lücking**
- 4(2) Lirelas prominentes, no ramificadas, margen talino completo apicalmente grueso,  
 ascosporas 2–6 por asca,  $80\text{--}100 \times 15\text{--}17.5 \mu\text{m}$  ..... ***Graphis acharii* Fée**  
 Lirelas errumpentes, no ramificadas a irregularmente ramificadas, margen talino lateral a  
 completo apicalmente delgado, ascosporas de 4 a 8 por asca y hasta  $40 \mu\text{m}$  de largo  
 ..... 5
- 5(4) Lirelas 1–1.5 mm de largo, margen talino completo apicalmente delgado, ascosporas 4–8  
 por asca, muriformes,  $20\text{--}32.5 \times 7.5\text{--}12 \mu\text{m}$   
 ..... ***Graphis multisulcata* (Müll. Arg.) Lücking & Chaves**

Lirelas 1–4 mm de largo, margen talino lateral, ascosporas 4–6 por asca,  $30\text{--}40.5 \times 10\text{--}12.5 \mu\text{m}$  ..... *Graphis plurispora* (Redinger) Lücking & Chaves

**Grupo 18. Labios estriados, excípulo completamente carbonizado, himenio insperso, ascosporas septadas transversalmente**

- 1 Lirelas errumpentes a prominentes, margen talino basal a lateral, ascosporas de 9 a 13 septos, hasta  $55 \mu\text{m}$  ..... 2  
 Lirelas prominentes, margen talino completo, ascosporas de 18 a 27 septos, hasta  $150 \mu\text{m}$  ..... 3
- 2(1) Lirelas errumpentes a prominentes, no ramificadas a irregularmente ramificadas, margen talino ausente a basal, 2–4 mm de largo, ascosporas con 9–12 septos transversales,  $25\text{--}40 \times 5\text{--}7.5 \mu\text{m}$  ..... *Graphis cf. syzygii* Aptroot  
 Lirelas errumpentes, no ramificadas, margen talino lateral, hasta 3 mm de largo, ascosporas con 9–13 septos transversales,  $45\text{--}55 \times 5\text{--}10 \mu\text{m}$  ..... *Graphis rosae-emiliae* Barcenas-Peña & Lücking
- 3(1) Lirelas no ramificadas a irregularmente ramificadas, margen talino completo delgado apicalmente, 1.5–6 mm de largo, ascosporas 8 por asca, con 23–27 septos transversales,  $75\text{--}125 \times 10\text{--}15 \mu\text{m}$  ..... *Graphis bettinae* Lücking, Umaña, Chaves & Sipman  
 Lirelas no ramificadas, margen talino completo grueso apicalmente, lirelas 4–5 mm de largo, ascosporas 4 por asca, con 18–27 septos transversales,  $130\text{--}150 \times 18\text{--}25 \mu\text{m}$  ..... *Graphis cinerea* Fée

**Grupo 19. Labios estriados, excípulo completamente carbonizado, himenio insperso, ascosporas muriformes**

- 1 Lirelas prominentes, irregularmente ramificadas, margen talino completo grueso apicalmente, sin sustancias químicas secundarias (K–), ascosporas 4 a 6 por asca,  $100\text{--}155 \times 17.5\text{--}20 \mu\text{m}$  ..... *Graphis aff. illinata* Eschw.



### 3.3 Descripciones de las especies

*Graphis acharii* Fée, Essai Crypt. Écorc. 39 (1824).

Fig. 18A

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco verdoso. Lirelas prominentes, no ramificadas a parcialmente ramificadas, margen talino completo delgado apicalmente, 4–6 mm de largo, 0.2–0.5 mm de ancho, labios estriados. Excípulo completamente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 2–6 por asca, muriformes, 80–100 × 15–17.5 µm, hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—Esta especie es muy conspicua por las lirelas prominentes muy grandes y por ser la más abundante en el bosque mesófilo de la Reserva de El Cielo. *Graphis acharii* es muy similar a *G. aff. illinata* si se tiene en cuenta que *G. acharii* en sus estados más jóvenes las lirelas no son estriadas. Las dos especies se pueden diferenciar por el margen talino apicalmente grueso en *G. aff. illinata* y apicalmente delgado en *G. acharii*, así como por tamaño de las ascosporas que en la primera pueden alcanzar 155 µm de largo y en la segunda hasta 100 µm.

DISTRIBUCIÓN—**Asia:** Camboya (GBIF, 2015), Taiwán (Aptroot, 2015); **Oceanía:** Nueva Zelanda (Hayward, 1977), Papúa Nueva Guinea (GBIF, 2015); **África:** Kenia (Staiger, 2002), Reunión (GBIF, 2015); **América:** *América del Sur:* Argentina (Calvelo y Liberatore, 2002), Bolivia (Kukwa *et al.*, 2013), Brasil (Wirth y Hale, 1978; Staiger, 2002; Cáceres, 2007; Lücking *et al.*, 2008, 2009a; Cáceres *et al.*, 2014a; Dal Forno, 2009), Colombia (Rincón-Espitia y Lücking, 2011), Islas Galápagos (Bungartz *et al.*, 2010; Bungartz *et al.*, 2013), Perú (Rivas Plata y Lücking, 2013), Venezuela (Staiger, 2002), sin datos exactos de localidad (Wirth y Hale, 1978; Lücking *et al.*, 2008a); *América Central:* Costa Rica (Staiger, 2002), Panamá (van den Boom y Sipman, 2013); *Caribe:* Dominica (Wirth y Hale, 1978), Jamaica (GBIF, 2015); *América del Norte:* EE. UU. (Lücking *et al.*, 2011; Seavey y Seavey, 2011), **México:** Fue descrita como *Graphina acharii* por Wirth y Hale (1963) para Chiapas, Morelos, Tamaulipas y Veracruz y por Müller (1895) para San Luis Potosí.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Veracruz: Catemaco, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Ejido Adolfo López Mateos, Selva del Marinero, 18°26'0.8" N, 94°57'52" O, 365 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de *Pseudolmedia oxyphyllaria*, Abril 2009, *Barcenas-Peña* 785A; Tamaulipas: Gómez Farías, Reserva de la Biósfera El Cielo, Rancho El Cielo, 23°06'11.7" N, 99°11'25.2" O, 1248 m, bosque mesófilo de montaña, sobre corteza de *Colubrina elliptica*, Mayo 2010, *Barcenas-Peña* 985, 989 (todas en MEXU).

*Graphis cf. adpressa* Vain., Acta Soc. Fauna Fl. Fenn. 7: 119 (1890).

Fig. 18B

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso a ligeramente verrucoso, blanco. Lirelas sésiles, no ramificadas, margen talino ausente a basal, 1–1.2 mm de largo, 0.1–0.2 mm de ancho, labios enteros. Excípulo completamente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 4–8 por asca, con 9–12 septos transversales,  $32.5\text{--}50 \times 7.5\text{--}10 \mu\text{m}$ , hialinas. Ácido norestíctico presente (CCF).

NOTAS—Esta especie es muy rara en la región de El Cielo ya que solo se encontró un ejemplar, el cual no corresponde estrictamente a la descripción de *Graphis adpressa*, que carece de sustancias químicas, mientras que en el ejemplar estudiado se detectaron trazas de ácido norestíctico. *G. cf. adpressa* es casi idéntica a *G. oxyclada*, no obstante son fácilmente distinguibles debido a que las lirelas de *G. cf. adpressa* no son ramificadas, sin margen talino a basal y las ascosporas alcanzan 50  $\mu\text{m}$  de longitud, mientras que las lirelas de *G. oxyclada* son irregularmente ramificadas y las ascosporas son más pequeñas de 32.5  $\mu\text{m}$  de largo.

DISTRIBUCIÓN—**América:** *América del Sur:* Brasil (Wirth y Hale, 1978; Martins, 2006; Lücking *et al.*, 2008a), Islas Galápagos (Bungartz *et al.*, 2010; Bungartz *et al.*, 2013), Guayana Francesa (GBIF, 2015); *América Central:* Costa Rica (Lücking *et al.*, 2008a); *Caribe:* Dominica (GBIF, 2015), Jamaica (GBIF, 2015); *América del Norte:* **México:** Tamaulipas. Nuevo registro nacional y para América del Norte.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Tamaulipas: Gómez Farías, Reserva de la Biósfera El Cielo, Rancho El Cielo, 23°06'9.23" N, 99°11'32.2" O, 1222 m, bosque mesófilo de montaña, sobre corteza de *Liquidambar styraciflua*, Mayo 2010, *Barcenás-Peña* 1062 (MEXU).

*Graphis albissima* Müll. Arg., Bull. Herb. Boissier 3: 319 (1985).

Fig. 18C

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco grisáceo. Lirelas inmersas a errumpentes, parcialmente ramificadas, margen talino lateral, 1–4 mm de largo, 0.1–0.2 mm de ancho, labios enteros. Excípulo lateralmente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 8 por asca, con 9–12 septos transversales,  $30\text{--}42.5 \times 7\text{--}9 \mu\text{m}$ , hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—*Graphis albissima* puede ser confundida con *G. elongata* y *G. pinicola*, se distinguen por el tamaño de las lirelas y de las ascosporas así como el número de septos. En *G. albissima* las lirelas son ligeramente más grandes y pueden llegar a medir hasta 4 mm de largo y las ascosporas miden de  $30\text{--}42.5 \times 7\text{--}9 \mu\text{m}$  con 9–12 septos, mientras que en *G. elongata* las lirelas pueden

alcanzan 2 mm y las ascosporas  $45\text{--}62.5 \times 7\text{--}8 \mu\text{m}$  con 9–15 septos, por su parte *G. pinicola* tiene lirelas de 3 mm de longitud y ascosporas de  $25\text{--}40 \times 7\text{--}8 \mu\text{m}$  con 9–12 septos.

DISTRIBUCIÓN—**Asia:** India (Lücking *et al.*, 2009a); **Oceanía:** Australia (Archer, 1999, 2001; Lücking *et al.*, 2009a); **América:** *América del Norte:* **México:** Jalisco. Nuevo registro nacional y para el Continente Americano.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México: Jalisco: La Huerta, Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala, Estación de Biología Chamela (UNAM), próximo a la vereda Búho,  $19^{\circ}29'57.8''$  N,  $105^{\circ}2'17.5''$  O, 85 m, bosque tropical estacionalmente seco, sobre corteza de un forofito no identificado, Noviembre 2008, *Barcenás-Peña* 924; próximo al arroyo Hornitos,  $19^{\circ}30'54.7''$  N,  $105^{\circ}2'6.5''$  O, 61 m, sobre corteza de *Thouinia paucidentata*, Junio 2011, *Barcenás-Peña* 1234 (MEXU).

*Graphis alboglaucescens* Adaw. & Makhija, Mycotaxon 99: 312 (2007).

Fig. 18D

DIAGNOSIS—Talo ecorticado, liso, blanco amarillento. Lirelas inmersas, parcialmente ramificadas, margen talino lateral, 0.5–3 mm de largo, 0.1–0.2 mm de ancho, labios enteros, disco abierto cubierto por pruina blanca. Excípulo apicalmente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 8 por asca, con 8–11 septos transversales,  $16\text{--}30 \times 5\text{--}7.5 \mu\text{m}$ , hialinas. Ácido noestético presente (CCF).

NOTAS—*Graphis alboglaucescens* es similar a *G. glaucescens*; ambas tienen lirelas con excípulo apicalmente carbonizado, himenio no insperso, ascosporas de tamaño similar y carecen de metabolitos secundarios. *G. alboglaucescens* difiere por tener lirelas inmersas y más pequeñas que *G. glaucescens* cuyas lirelas son errumpentes y más grandes.

DISTRIBUCIÓN—**Asia:** India (Adawadkar y Makhija, 2007; Lücking *et al.*, 2009a). **América:** *América del Norte:* **México:** Jalisco. Nuevo registro nacional y para el Continente Americano.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Jalisco: La Huerta, Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala, Estación de Biología Chamela (UNAM), próximo a la vereda Tejón,  $19^{\circ}30'34.4''$  N,  $105^{\circ}2'21''$  O, 95 m, bosque tropical estacionalmente seco, sobre corteza de *Lonchocarpus constrictus*, Noviembre 2011, *Barcenás-Peña* 3677, 3679 (MEXU).

*Graphis anfractuosa* (Eschw.) Eschw., Fl. Bras. 1 (1): 86 (1833).

Fig. 18E

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco verdoso. Lirelas errumpentes a prominentes, de no ramificadas a parcialmente ramificadas, margen talino ausente a basal, 0.5–4 mm de largo, 0.1–

0.2 mm de ancho, labios enteros. Excípulo completamente carbonizado. Himenio insperso. Ascosporas 8 por asca, con 6–7 septos transversales,  $25\text{--}27.5 \times 7\text{--}9 \mu\text{m}$ , hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—Esta especie es muy peculiar debido a que es la única encontrada en la selva de Los Tuxtlas con lirelas pequeñas (hasta 4 mm), casi prominentes, excípulo completamente carbonizado e himenio insperso. En Los Tuxtlas *Graphis anfractuosa* solo podría ser confundida con *G. rimulosa* y *G. duplicata* aún cuando ambas presentan labios estriados. En la primera se observan las lirelas de prominentes a casi sésiles e himenio no insperso. *G. duplicata* tiene lirelas prominentes y excípulo lateralmente carbonizado.

DISTRIBUCIÓN—**Asia:** China (Seaward y Aptroot, 2005), Filipinas (Archer, 2006), Papúa Nueva Guinea (Aptroot, 2015), Vietnam (Checklist of the Lichens of Vietnam, 2015); **Oceanía:** Australia (Archer, 2001, 2006; Staiger, 2002), Hawái (GBIF, 2015), Nueva Zelanda (Hayward, 1977); **América:** *América del Sur:* Brasil (Staiger, 2002; Martins, 2006; Dal Forno, 2009), Colombia (Rincón-Espitia y Lücking, 2011), Islas Galápagos (Bungartz *et al.*, 2010; Bungartz *et al.*, 2013); *América Central:* Costa Rica (Lücking *et al.*, 2008a), Panamá (van den Boom y Sipman, 2013); *Caribe:* Cuba (GBIF, 2015); *América del Norte:* EE. UU. (Lücking *et al.*, 2011), **México:** Veracruz. Nuevo registro nacional.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Veracruz: Catemaco, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Ejido Adolfo López Mateos, Selva del Marinero,  $18^{\circ}26'0.8''$  N,  $94^{\circ}57'52''$  O, 365 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de *Pseudolmedia oxyphyllaria*, Abril 2009, *Barcenas-Peña* 786A;  $18^{\circ}26'0.7''$  N,  $94^{\circ}57'50.6''$  O, 360 m, sobre corteza de *Cojoba recordii*, Abril 2009, *Barcenas-Peña* 787B (MEXU).

***Graphis cf. arbusculaeformis*** (Vain.) Lücking, Lichenologist 44 (3): 391 (2012).

Fig. 18F

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco verdoso. Lirelas errumpentes, parcialmente ramificadas, margen talino lateral, 3 mm de largo, 0.1–0.2 mm de ancho, labios enteros. Excípulo completamente carbonizado. Himenio insperso. Ascosporas no presentes. Ácido estíctico (trazas) (CCF).

NOTAS—Esta especie es muy rara en la región de Los Tuxtlas; solo se encontró un ejemplar similar a *Graphis arbusculaeformis*, pero su identificación es preliminar pues el ejemplar carece de ascosporas y al realizar la CCF se distinguieron trazas de ácido estíctico, lo cual no corresponde a lo reportado para *G. arbusculaeformis* (Lücking *et al.*, 2009a) no contiene ninguna

sustancia secundaria. *G. arbusculaeformis* y *G. robertusii* tienen lirelas similares, ya que las dos presentan labios enteros, excípulo completamente carbonizado, himenio insperso y ascosporas transversalmente septadas. *G. arbusculiformis* tiene disco y labios sin pruina y margen talino lateral unido al excípulo, mientras que *G. robertusii* tiene disco y labios cubiertos con pruina blanca y margen talino lateral separado del excípulo (margen doble).

DISTRIBUCIÓN—**Asia:** China (Aptroot, 2015), Tailandia (Lücking *et al.*, 2009a; 2012);

**América:** *América del Sur:* Brasil (Cáceres *et al.*, 2014a); *América del Norte:* **México:** Veracruz. Nuevo registro nacional y para América del Norte.

ESPECIMEN EXAMINADO—México. Veracruz: San Andrés Tuxtla, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas (UNAM), próximo a la Laguna Zacatal, 18°35'5.7" N, 95°5'20.2" O, 250 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de forofito no identificado, Mayo 2011, *Barcenás-Peña* 2034 (MEXU).

***Graphis atilanoi*** Barcenás-Peña, Herrera-Campos & Lücking *sp. nov.* (*ined.*).

Fig. 15A–B

TIPO: MÉXICO. Jalisco: La Huerta, Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala, Estación de Biología Chamela (UNAM), próximo a la vereda Calandria, 19°30'12.7" N, 105°02'1.2" O, 150 m, selva baja caducifolia, sobre corteza, Septiembre 2011, *Barcenás-Peña* 3684 (Holotipo, MEXU).

DESCRIPCIÓN: *Talo* corticícola, 3–7 cm de diámetro, 50–100 µm de grosor, continuo, superficie lisa, blanco, protalo presente. Talo con corteza superior gruesa y cartilaginosa, capa algal irregular y cristales de oxalato de calcio. *Apotecio* lireliforme, flexuoso, irregularmente ramificado, inmerso a errumpente, 2–4 mm de largo, 0.4–0.5 mm de ancho, 0.1–0.2 mm de alto; *disco* abierto con pruina, margen propio grueso; *labios* enteros, negros, pruinosos, con margen talino lateral; *excípulo* entero, lateralmente carbonizado, 40–50 µm de ancho, negro, lateralmente cubierto por el talo y cristales de oxalato de calcio, parte basal interna café; *hipotecio* prosoplectenquimatoso, 20–30 µm de alto, de incoloro a pálido-amarillento; *himenio* 100–120 µm de alto, incoloro, no insperso; *paráfisis* hialinas, no ramificadas; *epitecio* granuloso, 10–20 µm de alto, café oscuro; *ascas* elipsoides, 70–90 × 10–20 µm; *ascosporas* 4–8 por asca, fusiformes, con 7–11 septos transversales, 30–45 × 7–10 µm, 4–6 veces más largas que anchas, hialinas. *Metabolitos secundarios* (CCF): ácidos noestético y connoestético.

COMENTARIOS TAXONÓMICOS: *Graphis atilanoi* presenta una combinación de caracteres similares a *G. stipitata* tales como talo blanco, liso y ácido noestético, lirelas semi inmersas curvadas algunas veces ramificadas. Sin embargo, *G. stipitata* posee disco cerrado no pruinoso y

ascosporas más pequeñas ( $15\text{--}20 \times 5\text{--}6 \mu\text{m}$ ). Por otra parte, *G. atilanoi* comparte casi todas las características de talo y ascoma con *G. pyrrhocheiloides*, con excepción de que *G. atilanoi* presenta lirelas ligeramente más grandes que pueden alcanzar 5 mm de largo, ascosporas con 7 a 11 septos y hasta  $45 \mu\text{m}$  de largo y ácido norestíctico y connoestíctico, mientras que en *G. pyrrhocheiloides* las lirelas no sobrepasan los 4 mm de largo, ascosporas con 7 a 13 septos y  $50 \mu\text{m}$  de largo y solo tienen ácido norestíctico.

ESPECÍMENES EXAMINADOS: México. Jalisco: La Huerta, Ejido El Caimán,  $19^{\circ}28'4.6''$  N,  $104^{\circ}56'13''$  O, 49 m, selva baja caducifolia secundaria, sobre *Plumeria rubra*, octubre 2010, *Miranda* 2475; Ejido Ranchitos,  $19^{\circ}35'30.5''$  N,  $105^{\circ}0'32.9''$  O, 163 m, selva baja caducifolia secundaria, sobre *Amphipterygium adstringes*, octubre 2010, *Miranda* 3467 (Paratipos, MEXU).

ETIMOLOGÍA: Esta nueva especie es dedicada al Dr. Atilano Contreras Ramos por su confianza y respaldo al inicio de esta investigación.

***Graphis aurita*** Eschw., *Flora Brasiliensis seu enumeratio plantarum* 1: 90 (1833).

Fig. 18G

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco verdoso. Lirelas errumpentes a prominentes, no ramificadas a parcialmente ramificadas, margen talino lateral, 2.5–4 mm de largo, 0.1–0.2 mm de ancho, labios estriados. Excípulo completamente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 4–6 por asca, con 9–10 septos transversales,  $32.5\text{--}45 \times 7.5\text{--}10 \mu\text{m}$ , hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—*Graphis aurita* podría ser confundida morfológicamente con *G. glauconigra* principalmente por sus lirelas errumpentes, de no ramificadas a parcialmente ramificadas, margen talino lateral, labios estriados, excípulo completamente carbonizado e himenio no insperso. *G. glauconigra* presenta lirelas con un talo delgado apicalmente y ascosporas más grandes (hasta  $52.5 \mu\text{m}$ ) y con más septos (hasta 13) que *G. aurita* (hasta  $45 \mu\text{m}$  y 10 septos).

DISTRIBUCIÓN—**Asia:** India (Lücking *et al.*, 2009a; Chitale *et al.*, 2011); **Oceanía:** Australia (Archer, 2009); **América:** *América del Sur:* Brasil (Lücking *et al.*, 2009a); *Caribe:* Puerto Rico (Lücking *et al.*, 2008a; Aptroot, 2015); *América del Norte:* **México:** Veracruz y Tamaulipas. Nuevo registro nacional y para América del Norte.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Veracruz: San Andrés Tuxtla, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas (UNAM), próximo a la Laguna Zacatal,  $18^{\circ}35'6.5''$  N,  $95^{\circ}5'22.2''$  O, 246 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de un forofito no identificado, Mayo 2011, *Barcenás-Peña* 4624. Jalisco: La Huerta, Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala, Estación de Biología Chamela (UNAM), próximo a la vereda

Tejón, 19°30'31.5" N, 105°2'27.3" O, 200 m, bosque tropical estacionalmente seco, sobre corteza de una *Bursera sp.*, Noviembre 2011, Barcenás-Peña 3542. Tamaulipas: Gómez Farías, Reserva de la Biósfera El Cielo, Rancho El Cielo, 23°06'11.4" N, 99°11'27.3" O, 1187 m, bosque mesófilo de montaña, sobre corteza de *Chiococca alba*, Mayo 2010, Barcenás-Peña 1044; 23°06'9.23" N, 99°11'32.2" O, 1222 m, sobre corteza de *Bernardia interrupta*, Mayo 2010, Barcenás-Peña 1048 (todos en MEXU).

*Graphis bettinae* Lücking, Umaña, Chaves & Sipman, Fieldiana, Bot. 38 (1549): 60 (2008).

Fig. 18H

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco verdoso. Lirelas prominentes, no ramificadas a irregularmente ramificadas, margen talino completo delgado apicalmente, 1.5–6 mm de largo, 0.5–0.6 mm de ancho, labios estriados. Excípulo completamente carbonizado. Himenio insperso. Ascosporas 8 por asca, con 23–27 septos transversales, 75–125 × 10–15 µm, hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—*Graphis bettinae* es muy abundante en Los Tuxtlas, es una especie muy conspicua y casi siempre recolectada. Una de sus características particulares es que los labios de las lirelas pueden ser de enteros a estriados (Lücking *et al.*, 2008a, 2009a); la mayoría de las recolectas presentaron labios tanto enteros como estriados. *G. bettinae* es muy parecida a *G. cinerea* y el carácter más obvio que las distingue es el tamaño de las ascosporas: en *G. bettinae* pueden llegar a medir hasta 125 µm de longitud y en *G. cinerea* son significativamente más grandes hasta de 220 µm de largo.

DISTRIBUCIÓN—**América:** *América Central:* Costa Rica (Lücking *et al.*, 2008a, 2009a); *América del Norte:* **México:** Veracruz. Nuevo registro nacional y para América del norte.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Veracruz: San Andrés Tuxtla, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas (UNAM), próximo al tanque de agua, 18°35'8.6" N, 94°04'43.1" O, 207 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de *Pseudolmedia oxyphyllaria*, Enero 2009, Barcenás-Peña 1782 (MEXU).

*Graphis brahmanensis* Aptroot, Lichenologist 41 (4): 72 (2009).

Fig. 19A

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco grisáceo. Lirelas errumpentes, irregularmente ramificadas, margen talino basal, 2–3 mm de largo, 0.1 mm de ancho, labios estriados. Excípulo lateralmente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 8 por asca, con 7–9 septos transversales, 25–27.5 × 5–7.5 µm, hialinas. Ácido estictico presente (CCF).

NOTAS—En este trabajo se presenta un grupo de especies (Grupo 13) definido por la presencia de labios estriados, excípulo lateralmente carbonizado, himenio insperso y ascosporas septadas transversalmente. Dentro de este grupo se ubica *Graphis brahmanensis*, la cual se diferencia de todas las demás especies principalmente en que es la única que presenta sustancias secundarias (ácido estíctico).

DISTRIBUCIÓN—**Asia:** Filipinas (Linsangan-Tabaqueró *et al.*, 2013); **Oceanía:** Papúa Nueva Guinea (Lücking *et al.*, 2009a); **América:** América del Norte: EE. UU. (Lücking *et al.*, 2009a).

**México:** Veracruz. Nuevo registro nacional.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Veracruz: San Andrés Tuxtla, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas (UNAM), próximo a la Laguna Zacatal, 18°35'6.5" N, 95°05'22.2" O, 246 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de *Inga paterno*, Mayo 2011, *Barcenas-Peña* 4620 (MEXU).

*Graphis aff. breussii* Neuwirth & Lücking, *Lichenologist* 41 (3): 272 (2009).

Fig. 19B

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco grisáceo. Lirelas errumpentes, no ramificadas, margen talino lateral grueso y delgado apicalmente, 1–1.5 mm de largo, 0.1–0.15 mm de ancho, labios estriados. Excípulo completamente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 4 por asca, submuriformes, 15–17.5 × 5–7.5 µm, hialinas. Ácido norestíctico presente (CCF).

NOTAS—Solo se rerecolectó un ejemplar de *Graphis aff. breussii* con lirelas muy pequeñas, pero es semejante a *G. breussii*. Sin embargo, las lirelas de *G. breussii* son prominentes y más largas (hasta 12 mm) e irregularmente ramificadas y las ascosporas más grandes hasta de 50 µm de largo (Neuwirth y Lücking, 2009). *G. aff. breussii* presenta lirelas pequeñas de 2 mm como máximo y ascosporas de 17.5 µm de longitud. Por otra parte, por sus lirelas estriadas, con excípulo completamente carbonizado, himenio insperso y ascosporas septadas transversalmente *G. aff. breussii* es parecida a *G. bettinae*. La diferencia más sobresaliente entre ellas es que *G. aff. breussi* tiene ácido norestíctico mientras que *G. bettinae* carece de metabolitos secundarios. Asimismo, el tamaño y septación de las ascosporas es otro carácter definitivo; en *G. aff. breussii*, son más pequeñas de hasta 17.5 µm submuriformes; mientras que en *G. bettinae* hasta 125 µm con 23–27 septos.

DISTRIBUCIÓN—**América:** América del Sur: Venezuela (Lücking *et al.*, 2009a; Neuwirth y Lücking, 2009); América del Norte: **México:** Veracruz. Nuevo registro nacional y para América del Norte.



ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Veracruz: San Andrés Tuxtla, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas (UNAM), próximo a la Laguna Zacatal, 18°35'4.7" N, 95°05'18.9" O, 252 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de *Pseudolmedia oxyphyllaria*, Mayo 2011, *Barcenas-Peña* 1246 (MEXU).

*Graphis bungartzii* Barcenas-Peña, Lücking, Herrera-Campos & R. Miranda, *Lichenologist* 46: 71 (2014).

Ver descripción en apéndice.

Fig. 15C–D

*Graphis caesiella* Vain., *Acta Societatis pro Fauna et Flora Fennica* 7: 122 (1890).

Fig. 19C

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco grisáceo. Lirelas inmersas a errumpentes, parcialmente ramificadas, margen talino lateral, 1–3 mm de largo, 0.1–0.2 mm de ancho, labios enteros, disco cerrado blanco pruinoso. Excípulo lateralmente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 8 por asca, con 5–9 septos transversales, 20–40 × 6–8 µm, hialinas. Ácido norestíctico presente (CCF).

NOTAS—*Graphis caesiella* es una de las especies más abundantes en Chamela y es la única en la región que presenta lirelas con disco cerrado y labios con pruina blanca. Algunos ejemplares tienen el disco ligeramente abierto y podrían ser confundidos con *G. scripta*, pero en esta última el disco es siempre abierto y carece de sustancias secundarias. *G. caesiella* podría ser confundida también con *G. modesta*, pero esta tiene el disco expuesto, excípulo completamente carbonizado y ácido estíctico.

DISTRIBUCIÓN—**Asia-Oceanía:** Indonesia (GBIF, 2015); **Asia:** China (GBIF, 2015), Filipinas (Linsangan-Tabaquero *et al.*, 2013), Japón (GBIF, 2015), Singapur (Sipman, 2015a, b), Sri Lanka (GBIF, 2015), Tailandia (GBIF, 2015), Taiwán (Aptroot, 2015), Vietnam (Aptroot y Sparrius, 2006; Joshi *et al.*, 2013b; Checklist of the Lichens of Vietnam, 2015); **Oceanía:** Australia (Archer, 2009; Lücking *et al.*, 2009a), Papúa Nueva Guinea (GBIF, 2015); **África:** Seychelles (GBIF, 2015); **América:** *América del Sur:* Bolivia (Schiefelbein *et al.*, 2014), Brasil (Staiger, 2002; Cáceres, 2007; Lücking *et al.*, 2008a; Cáceres *et al.*, 2014a; Feuerstein, 2014), Islas Galápagos, (Bungartz *et al.*, 2010; Bungartz *et al.*, 2013), Guayana Francesa (GBIF, 2015), Paraguay (Redinger, 1935), Perú (Rivas Plata y Lücking, 2013), Venezuela (Neuwirth, 2008), Uruguay (Osorio, 1972); *América Central:* Costa Rica (Lücking *et al.*, 2008a); *Caribe:*

Guadalupe (GBIF, 2015), Saba, Antillas Holandesas (Sipman, 2015b), Puerto Rico (Lücking *et al.*, 2009a); *América del Norte*: EE. UU. (Staiger, 2002; Seavey y Seavey, 2011), **México**: Fue reportada para Tamaulipas por Wirth y Hale (1963). Nuevo registro para Jalisco.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México: Jalisco: La Huerta, Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala, Estación de Biología Chamela (UNAM), próximo al arroyo Hornitos, 19°30'53.9" N, 105°2'6.2" O, 53 m, bosque tropical estacionalmente seco, sobre corteza de *Caesalpinea eriostachys*, Junio 2011, *Barcenas-Peña* 2146; 19°30'56.1" N, 105°2'7.2" O, 59 m, sobre corteza de *Bursera excelsa*, *Barcenas-Peña* 3705 (MEXU).

***Graphis chamelensis*** Barcenas-Peña & Lücking, *Lichenologist* 46: 72 (2014).

Ver descripción en apéndice.

Fig. 15E–F

***Graphis chlorotica*** A. Massal, *Zool. Bot. Gesellsch. Wien*, 21: 865 (1871).

Fig. 19D

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, verdoso. Lirelas errumpentes, irregularmente ramificadas, margen talino lateral, 2–4 mm de largo, 0.1–0.2 (0.3) mm de ancho, labios estriados. Excípulo apicalmente carbonizado. Himenio no disperso. Ascosporas 8 por asca, con 7–10 (12) septos transversales, 25–37.5 (40) × 5–7.5 (10) µm, hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—El tamaño de las ascosporas y el número de septos reportado para *Graphis chlorotica* no sobrepasa los 35 µm y los 9 septos (Lücking *et al.*, 2008a), mientras que en los ejemplares del bosque mesófilo de El Cielo estas son ligeramente más grandes (hasta 40 µm) y tienen 12 septos transversales. Sin embargo, el resto de los caracteres coinciden con *G. chlorotica*. Cabe mencionar que, *G. chlorotica* puede ser confundida con *G. rosae-emiliae*, recientemente descrita para la región de Los Tuxtlas (Barcenas-Peña *et al.*, 2014), por las lirelas errumpentes con labios estriados. Son diferentes porque *G. rosae-emiliae* tiene excípulo completamente carbonizado y sus ascosporas son ligeramente más grandes (hasta 55 µm), mientras que en *G. chlorotica* el excípulo es apicalmente carbonizado y las ascosporas son más pequeñas (hasta 40 µm).

DISTRIBUCIÓN—**Asia-Oceanía**: Indonesia (Lücking *et al.*, 2008a); **Asia**: Camboya (Moon *et al.*, 2013), Corea (Joshi *et al.*, 2013a), Filipinas (Lücking *et al.*, 2008a); **Oceanía**: Australia (Lücking *et al.*, 2008a; Archer, 2009), Papúa Nueva Guinea (GBIF, 2015); **América**: *América del Sur*: Colombia (Rincón-Espitia y Lücking, 2011); *América Central*: Costa Rica (Lücking *et al.*, 2008a); *América del Norte*: **México**: Veracruz y Tamaulipas. Nuevo registro nacional y para América del Norte.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Veracruz: Catemaco, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Ejido Adolfo López Mateos, Selva del Marinero, 18°26'0.7" N, 94°57'50.6" O, 360 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de *Nectandra ambigens*, Abril 2009, *Barcenas-Peña y Miranda* 1080; 18°26'0.5" N, 94°27'44.1" O, 345 m, sobre corteza de *Astrocaryum mexicanum*, Abril 2009, *Barcenas-Peña y Miranda* 794. Tamaulipas: Gómez Farías, Reserva de la Biósfera El Cielo, Rancho El Cielo, 23°06'11.7" N, 99°11'25.2" O, 1248 m, bosque mesófilo de montaña, sobre corteza de *Chiococca alba*, Mayo 2010, *Barcenas-Peña* 1009; 23°06'9.23" N, 99°11'32.2" O, 1222 m, sobre corteza de *Liquidambar styraciflua*, Mayo 2010, *Barcenas-Peña* 1028 (todos en MEXU).

*Graphis cincta* (Pers.) Aptroot, Flora of Australia 57: 651 (2009).

Fig. 19E

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco. Lirelas errumpentes, raramente ramificadas, margen talino basal a lateral, 0.5–2 mm de largo, 0.1–0.2 mm de ancho, labios enteros. Excípulo lateralmente carbonizado. Himenio insperso. Ascosporas 8 por asca, con 8–12 septos transversales, 30–40 × 7–10 µm, hialinas. Ácido norestético presente (CCF).

NOTAS—En Chamela, *Graphis cincta* puede ser confundida con especies similares como *G. lineola* y *G. pinicola*; estas carecen de sustancias químicas secundarias. *G. cincta* es similar a *G. librata* y *G. filiformis*, sin embargo, estas tienen himenio no insperso. En el bosque tropical estacionalmente seco de Chamela los talos de *G. cincta* presentan un cambio en el color del talo de blanco grisáceo a rojizo, lo cual puede ocurrir debido a la precipitación del ácido norestético. DISTRIBUCIÓN—**Asia:** China (Lücking *et al.*, 2008a, p. 115, como *G. tenellula*), Filipinas (Lücking *et al.*, 2009a), India (Chitale *et al.*, 2011), Taiwán (Lücking *et al.*, 2009a); **Oceanía:** Australia (Archer, 2009); **África:** Madagascar (Aptroot, 2015); **América:** *América del Sur:* Bolivia (Schiefelbein *et al.*, 2014), Islas Galápagos (Bungartz *et al.*, 2010; Bungartz *et al.*, 2013), Paraguay (Lücking *et al.*, 2009a); *América Central:* Costa Rica (Lücking *et al.*, 2008a, p. 115, como *G. tenellula*); *Caribe:* Dominica (Lücking *et al.*, 2009a), República Dominicana (Lücking *et al.*, 2009a); *América del Norte:* EE. UU. (Seavey y Seavey, 2011), **México:** Jalisco. Nuevo registro nacional.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México: Jalisco: La Huerta, Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala, Estación de Biología Chamela (UNAM), próximo al arroyo Hornitos, 19°31'1.5" N, 105°2'9" O, 75 m, bosque tropical estacionalmente seco, sobre corteza de *Jacquinia pungens*, Junio 2011, *Barcenas-Peña* 3700; 19°30'56.1" N, 105°2'7.2" O, 59 m, sobre corteza de *Cordia alliodora*, *Barcenas-Peña* 3701 (MEXU).

*Graphis cinerea* Fée, Essai Crypt. Écorc. 31 (1824).

Fig. 19F

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco verdoso. Lirelas prominentes, irregularmente ramificadas, margen talino completo delgado apicalmente, 4–5 mm de largo, 0.4–0.6 mm de ancho, labios estriados. Excípulo completamente carbonizado. Himenio insperso. Ascosporas 4 por asca, con 18–27 septos transversales  $130\text{--}150 \times 18\text{--}25 \mu\text{m}$ , hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—*Graphis cinerea* es una especie poco abundante en Los Tuxtlas, se caracteriza por las lirelas prominentes cubiertas por completo por un margen talino, excípulo completamente carbonizado, himenio insperso y ascosporas grandes con muchos septos ( $120\text{--}220 \times 18\text{--}30 \mu\text{m}$ , 7–10 septadas). Ver notas de *G. bettinae*.

DISTRIBUCIÓN—**Asia-Oceanía:** Indonesia (Aptroot, 2015); **Oceanía:** Nueva Zelanda (Hayward, 1977); **América:** *América del Sur:* Brasil (Dal Forno, 2009; Staiger, 2002), Colombia (Rincón-Espitia y Lücking, 2011), Venezuela (Staiger, 2002), sin localidad exacta (Lücking *et al.*, 2008a); *América Central:* Costa Rica (Lücking *et al.*, 2008a); *América del Norte:* **México:** Veracruz. Nuevo registro nacional y para América del Norte.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Veracruz: Catemaco, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Ejido Adolfo López Mateos, Selva del Marinero,  $18^{\circ}26'0.8''$  N,  $94^{\circ}57'52''$  O, 365 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de *Pseudolmedia oxyphyllaria*, Abril 2009, Barcenas-Peña y Miranda 788;  $18^{\circ}26'0.4''$  N,  $94^{\circ}57'47.3''$  O, 368 m, sobre corteza de *Ficus petenensis*, Abril 2009, Barcenas-Peña y Miranda 789 (MEXU).

*Graphis consanguinea* (Müll. Arg.) Lücking, Fieldiana Botany 46 (1): 67 (2008).

Fig. 19G

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco verdoso. Lirelas errumpentes, irregularmente ramificadas, margen talino completo apicalmente grueso, 3–6.5 mm de largo, 0.2–0.3 mm de ancho, labios estriados. Excípulo completamente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 1 por asca, muriformes,  $52.5\text{--}105.5 \times 20\text{--}30 \mu\text{m}$ , hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—Esta especie es muy conspicua por el largo de sus lirelas y pueden ser lisas a estriadas (Lücking *et al.*, 2008a) El margen talino completo apicalmente y sus ascosporas muriformes, 1 por asca, contribuyen a que esta especie sea distinguible de otras similares como *Graphis multisulcata* (ver notas de *G. multisulcata*).

DISTRIBUCIÓN—**América:** *América del Sur:* Brasil (Lücking *et al.*, 2008a, 2009a; Feuerstein, 2014); *América Central:* Costa Rica (Lücking *et al.*, 2008a); *América del Norte:* **México:** Tamaulipas. Nuevo registro nacional y para América del Norte.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Tamaulipas: Gómez Farías, Reserva de la Biósfera El Cielo, Rancho El Cielo, 23°06'11.7" N, 99°11'25.2" O, 1248 m, bosque mesófilo de montaña, sobre corteza de *Carya ovata*, Mayo 2010, *Barcenas-Peña* 1059, 1060 (MEXU).

*Graphis dupaxana* Vain., Ann. Acad. Sci. Fenn., Ser. A, 15 (6): 241 (1921).

Fig. 19H

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco. Lirelas prominentes, irregularmente ramificadas, margen talino basal, 1–3.5 mm de largo, 0.1 mm de ancho, labios estriados. Excípulo completamente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 8 por asca, con 6–7 septos transversales, 25–35 × 7–8 µm, hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—*Graphis dupaxana* se distribuye ampliamente en la región de Los Tuxtlas, pertenece a un grupo de especies caracterizadas por lirelas prominentes y excípulo completamente carbonizado como *G. bettinae* y *G. cinerea*, con las cuales puede ser confundida. Sin embargo, *G. dupaxana* presenta un talo blanco, himenio no insperso y el tamaño y septación de las ascosporas es significativamente menor en esta especie (6–7 septos, y 25–35 × 7–8 µm), mientras que en *G. bettinae* y *G. cinerea* el número de septos sobrepasa los 18 y el tamaño los 50 µm de largo (ver notas de *G. bettinae* y *G. cinerea*).

DISTRIBUCIÓN—**Asia-Oceanía:** Indonesia (Lücking *et al.*, 2008a; Archer, 2015); **Asia:** China (Aptroot, 2015), Filipinas (Lücking *et al.*, 2008a; Linsangan-Tabaquero *et al.*, 2013; Archer, 2015); **América:** *América del Sur:* Brasil (Cáceres, 2007; Dal Forno, 2009; Lücking *et al.*, 2009a); *América Central:* Costa Rica (Lücking *et al.*, 2008a); *América del Norte:* **México:** Veracruz. Nuevo registro nacional y para América del Norte.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Veracruz: Catemaco, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Ejido Adolfo López Mateos, Selva del Marinero, 18°26'1.4" N, 94°57'56.8" O, 300 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de *Lauraceae* no identificada, Abril 2009, *Barcenas-Peña* y *Miranda* 804; 18°26'0.7" N, 94°57'50.6" O, 360 m, sobre corteza de un forofito no identificado, Abril 2009, *Barcenas-Peña* 2063 (MEXU).

*Graphis duplicata* Ach., Syn. Meth. Lich.: 81 (1814).

Fig. 20A

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco. Lirelas errumpentes, no ramificadas a parcialmente ramificadas, margen talino carente a basal, 2–4 mm de largo, 0.2–0.3 mm de ancho, labios estriados. Excípulo lateralmente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 8 por asca, con 7–10 septos transversales,  $25\text{--}35 \times 7.5\text{--}10 \mu\text{m}$ , hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—*Graphis duplicata* podría ser confundida con *G. rimulosa* debido al tamaño de las lirelas casi siempre no ramificadas. Estas dos especies exhiben varias diferencias tales como las lirelas errumpentes con labios estriados y excípulo completamente carbonizado de *G. rimulosa*, mientras que en *G. duplicata* las lirelas son errumpentes con labios enteros y excípulo lateralmente carbonizado.

DISTRIBUCIÓN—**Asia-Oceanía:** Indonesia (Lücking *et al.*, 2008a); **Asia:** China (Lücking *et al.*, 2008a), Filipinas (Linsangan-Tabaquero *et al.*, 2013), Vietnam (Checklist of the Lichens of Vietnam, 2015); **Oceanía:** Hawái (Aptroot, 2015), Papúa Nueva Guinea (GBIF, 2015); **América:** *América del Sur:* Bolivia (Flakus *et al.*, 2013; Kukwa *et al.*, 2013; Schiefelbein *et al.*, 2014), Brasil (Cáceres, 2007; Lücking *et al.*, 2008a), Colombia (Rincón-Espitia y Lücking, 2011; Peláez *et al.*, 2013), Ecuador (GBIF, 2015), Guayana Francesa (GBIF, 2015); *América Central:* Costa Rica (Lücking *et al.*, 2008a), Panamá (van den Boom y Sipman, 2013); *Caribe:* San Vicente, Indias Occidentales (GBIF, 2015); *América del Norte:* **México:** Veracruz. Nuevo registro nacional.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Veracruz: Catemaco, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Ejido Adolfo López Mateos, Selva del Marinero,  $18^{\circ}26'0.8''$  N,  $94^{\circ}57'52''$  O, 365 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de *Omphalea oleifera*, Abril 2009, *Barcenás-Peña y Miranda* 805 (MEXU).

*Graphis aff. duplicatoinspersa* Lücking, Fieldiana Botany 46 (1): 71 (2008).

Fig. 20B

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco. Lirelas errumpentes, no ramificadas a irregularmente ramificadas, margen talino basal, 1–4 mm de largo, 0.2–0.3 mm de ancho, labios estriados.

Excípulo lateralmente carbonizado. Himenio insperso. Ascosporas 8 por asca, con 5–8 septos transversales,  $25\text{--}32.5 \times 7.5\text{--}10 \mu\text{m}$ , hialinas. Ácido estictico presente (CCF).

NOTAS—*Graphis aff. duplicatoinspersa*, no corresponde totalmente a los caracteres observados para *G. duplicatoinspersa*. En esta última las lirelas son prominentes y no hay ninguna sustancia secundaria, mientras que, *G. aff. duplicatoinspersa* tiene lirelas errumpentes y ácido estictico.

DISTRIBUCIÓN—**Oceanía:** Australia (Archer, 2009; Lücking *et al.*, 2009a); **América:** *América del Sur:* Bolivia (Schiefelbein *et al.*, 2014); *América Central:* Costa Rica (Lücking *et al.*, 2008a; Lücking *et al.*, 2009a), Panamá (van den Boom y Sipman, 2013); *América del Norte:* **México:** Jalisco. Nuevo registro nacional y para América del Norte.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Jalisco: La Huerta, Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala, Estación de Biología Chamela (UNAM), próximo a la vereda Búho, 19°29'58.6" N, 105°2'17.5" O, 85 m, bosque tropical estacionalmente seco, sobre corteza de un forofito no identificado, Noviembre 2008, *Barcenas-Peña* 939, 952 (MEXU).

*Graphis elongata* Zenker, Acta Soc. Fauna Flora fenn. 7 (2): 107 (1890).

Fig. 20C

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco. Lirelas errumpentes, no ramificadas a irregularmente ramificadas, margen talino lateral, 1–2 mm de largo, 0.2–0.3 mm de ancho, labios enteros.

Excípulo lateralmente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 8 por asca, con 9–15 septos transversales, 45–62.5 × 7–8 µm, hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—Por sus características la especie más similar a *Graphis elongata* es *G. adpressa*. La primera presenta ascosporas ligeramente más grandes 62.5 µm y ninguna sustancia secundaria, por su parte *G. adpressa* tiene ascosporas 50 µm y ácido norestíctico.

DISTRIBUCIÓN—**Oceanía:** Australia (Archer, 2006; Lücking *et al.*, 2009a); **América:** *América del Sur:* Brasil (Dal Forno, 2009; Lücking *et al.*, 2009a; Feuerstein, 2014), Islas Galápagos (Bungartz *et al.*, 2010), Guayana Francesa (GBIF, 2015); *Caribe:* Guadalupe (GBIF, 2015), Jamaica (Smithsonian, 2015); *América del Norte:* **México:** Fue descrita para Chiapas por Wirth y Hale (1963); es nuevo registro para Veracruz.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Veracruz: San Andrés Tuxtla, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas (UNAM), próximo a la vereda Vigía 5, 18°35'9.3" N, 95°04'52.3" O, 450 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de *Croton schiedeanus*, Enero 2009, *Barcenas-Peña y Miranda* 1300; Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas (UNAM), próximo a la Laguna Zacatal 18°35'3.5" N, 95°5'14.3" O, 279 m, sobre corteza de un forofito no identificado, Mayo 2009, *Barcenas-Peña* 2051 (MEXU).

*Graphis epimelaena* Müll. Arg., Bulletin de l'Herbier Boissier 3: 319 (1893).

Fig. 20D

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco grisáceo. Lirelas inmersas, parcialmente ramificadas, margen talino lateral, 1–2 mm de largo, 0.05–0.1 mm de ancho, labios enteros, disco ligeramente

abierto, blanco pruinoso. Excípulo apicalmente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 8 por asca, con 9–12 septos transversales,  $35\text{--}60 \times 8\text{--}12 \mu\text{m}$ , hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—Esta especie podría ser confundida con los géneros *Hemithecium* o *Fissurina* debido a las lirelas inmersas, pero *Graphis epimelaena* posee un excípulo apicalmente carbonizado, mientras que *Hemithecium* y *Fissurina* no tienen un excípulo carbonizado.

DISTRIBUCIÓN—**Oceanía:** Australia (Archer, 1999; Lücking *et al.*, 2009a). **América:** *América del Norte:* **México:** Jalisco. Nuevo registro nacional y para el Continente Americano.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Jalisco: La Huerta, Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala, Estación de Biología Chamela (UNAM), próximo a la vereda Calandria,  $19^{\circ}30'9.7''$  N,  $105^{\circ}2'55.1''$  O, 155 m, bosque tropical estacionalmente seco, sobre corteza de *Lonchocarpus sp.*, Noviembre 2011, *Barcenas-Peña* 3470;  $19^{\circ}30'11.2''$  N,  $105^{\circ}2'58''$  O, 153 m, sobre corteza de *Cordia alliodora*, *Barcenas-Peña* 3466 (MEXU).

*Graphis filiformis* Adaw. & Makhija, Mycotaxon 99: 314 (2007).

Fig. 20E

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco grisáceo. Lirelas errumpentes, irregularmente ramificadas, margen talino lateral, 4–10 mm de largo, 0.05–0.1 mm de ancho, labios enteros.

Excípulo lateralmente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 8 por asca, con 6–9 septos transversales,  $22\text{--}35 \times 7.5\text{--}10 \mu\text{m}$ , hialinas. Ácido norestictico presente (CCF).

NOTAS—*Graphis filiformis* es una especie con lirelas muy largas (hasta 10 mm de largo), lateralmente carbonizadas, himenio no insperso y ácido norestictico y podría ser confundida con *G. librata* que esta también presente en Chamela, pero *G. librata* tiene lirelas más cortas (1 a 3 mm) y además de ácido norstictico presenta ácido connorstictico.

DISTRIBUCIÓN—**Asia-Oceanía:** Indonesia (Lücking *et al.*, 2009a); **Asia:** India (Adawadkar y Makhija, 2007); **Oceanía:** Papúa Nueva Guinea (Aptroot, 2015); **América:** *América del Norte:* EE. UU. (Seavey y Seavey, 2011), **México:** Jalisco. Nuevo registro nacional.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México: Jalisco: La Huerta, Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala, Estación de Biología Chamela (UNAM), próximo al arroyo Hornitos,  $19^{\circ}30'54.7''$  N,  $105^{\circ}2'6.5''$  O, 61 m, bosque tropical estacionalmente seco, sobre corteza de *Cordia alliodora*, Junio 2011, *Barcenas-Peña* 3699;  $19^{\circ}30'53.9''$  N,  $105^{\circ}2'6.2''$  O, 53 m, sobre corteza de un forofito no identificado, *Barcenas-Peña* 2038 (MEXU).

*Graphis furcata* Fée, Essai Crypt. Écorc. 40 (1824).

Fig. 20F



DIAGNOSIS—Talo corticado, liso a ligeramente farinoso, blanco grisáceo. Lirelas errumpentes, parcialmente ramificadas, margen talino lateral, 1–5.5 mm de largo, 0.1–0.2 mm de ancho, labios enteros. Excípulo lateralmente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 6–8 por asca, con 5–9 septos transversales, (25) 32.5–50 × 7.5–10 µm, hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—*Graphis furcata* es similar a *G. scripta* pero la primera forma un talo ecorticado, con lirelas delgadas y largas con disco cerrado. *G. scripta* posee talo corticado, lirelas más cortas con disco siempre abierto. *G. furcata* podría ser confundida con *G. filiformis* por su disco cerrado, pero en *G. filiformis* las lirelas son muy ramificadas y presenta ácido norestíctico. Por otra parte, *G. furcata* y *G. inmersicans* son muy similares y frecuentemente recolectadas en la Reserva de Los Tuxtlas. Sus lirelas son muy parecidas en longitud y apariencia, las diferencias radican en el grado de carbonización del excípulo y el tamaño de las ascosporas. En *G. furcata* el excípulo es lateralmente carbonizado y las ascosporas alcanzan 50 µm en *G. inmersicans* el excípulo es completamente carbonizado y las ascosporas hasta 32.5 µm de largo.

DISTRIBUCIÓN—**Asia-Oceanía:** Indonesia (GBIF, 2015); **Asia:** China (Lücking *et al.*, 2009a), Filipinas (GBIF, 2015), India (Adawadkar y Makhija, 2007), Singapur (Sipman, 2015a, b); **Oceanía:** Australia (Lücking *et al.*, 2008a; Archer, 2009), Papúa Nueva Guinea (GBIF, 2015); **África:** sin localidad exacta (Lücking *et al.*, 2008a, 2009a); **América:** *América del Sur:* Brasil (Aptroot, 2015; Cáceres, 2007; Dal-Forno, 2009; Feuerstein, 2014; Staiger, 2002), Colombia (Rincón-Espitia y Lücking, 2011), Ecuador (GBIF, 2015), Guayana Francesa (GBIF, 2015), Perú (Rivas Plata y Lücking, 2013); *América Central:* Costa Rica (Lücking *et al.*, 2008a), Panamá (van den Boom y Sipman, 2013); *Caribe:* República Dominicana (GBIF, 2015), San Vicente y las Granadinas, Indias occidentales (GBIF, 2015); *América del Norte:* EE. UU. (Hansen *et al.*, 2008; Seavey y Seavey, 2011), **México:** Veracruz, Jalisco, Tamaulipas. Nuevo registro nacional. ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Veracruz: San Andrés Tuxtla, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas (UNAM), próximo al tanque del agua, 18°35'8.6" N, 95°44'43.1" O, 176 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de *Pseudolmedia oxyphyllaria*, Enero 2009, *Barcenás-Peña y Miranda* 1845, 1848. Jalisco: La Huerta, Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala, Estación de Biología Chamela (UNAM), próximo al arroyo Hornitos, 19°31'4.8" N, 105°2'8.67" O, 82 m, bosque tropical estacionalmente seco, sobre corteza de *Jacquinia pungens*, Junio 2011, *Barcenás-Peña* 3803; 19°31'4.8" N, 105°2'8.67" O, 82 m, sobre corteza de un forofito no identificado, *Barcenás-Peña* 2043 (MEXU). Tamaulipas: Gómez Farías, Reserva de la Biósfera El Cielo, Rancho El Cielo, 23°06'11.7" N, 99°11'25.2" O, 1248 m, bosque mesófilo de montaña, sobre corteza de *Carya ovata*, Mayo 2010, *Barcenás-Peña* 1064 (todos en MEXU).

*Graphis glaucescens* Fée, Essai sur les cryptogames des écorces exotiques officinales: 36 (1825).  
Fig. 20G

DIAGNOSIS—Talo ecorticado, farinoso, blanco-gris azulado. Lirelas errumpentes, parcialmente ramificadas, margen talino lateral, 1–5 mm de largo, 0.2 mm de ancho, labios enteros blancos pruinosos y disco cerrado. Excípulo apicalmente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 8 por asca, con 7–10 septos transversales,  $25\text{--}45 \times 6\text{--}10 \mu\text{m}$ , hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—Esta especie es similar a *Graphis scripta* porque ambas tienen lirelas errumpentes con margen talino lateral, labios enteros blanco pruinosos, excípulo apicalmente carbonizado, himenio no insperso y carecen de sustancias secundarias. *G. glaucescens* tiene lirelas con disco cerrado y ascosporas con 7–10 septos, mientras que *G. scripta* tiene lirelas con disco abierto y ascosporas con hasta 13 septos.

DISTRIBUCIÓN—**Asia:** Camboya (Moon *et al.*, 2013), Filipinas (Lücking *et al.*, 2008a), India (Adawadkar y Makhija, 2007), Singapur (Sipman, 2015a, b); **Oceanía:** Australia (Archer, 2009), Papúa Nueva Guinea (GBIF, 2015); **África:** Angola (Lücking *et al.*, 2008a); **América:** *América del Sur:* Bolivia (Kukwa *et al.*, 2013), Brasil (Cáceres, 2007), Colombia (Rincón-Espitia y Lücking, 2011), Guyana (GBIF, 2015), Guayana Francesa (GBIF, 2015), Islas Galápagos (Bungartz *et al.*, 2010; Bungartz *et al.*, 2013; Aptroot, 2015), Paraguay (Lücking *et al.*, 2008a, 2009a), Perú (Rivas Plata y Lücking, 2013), sin localidad exacta (Wirth y Hale, 1978; Lücking *et al.*, 2008a, 2009a); *América Central:* Costa Rica (Lücking *et al.*, 2008a), Panamá (van den Boom y Sipman, 2013); *Caribe:* Antillas Holandesas (GBIF, 2015), Puerto Rico (GBIF, 2015), Saba, Antillas Holandesas (Sipman, 2015b), Trinidad y Tobago (GBIF, 2015); *América del Norte:* **México:** Fue reportada para Chiapas por Sipman y Wolf (1998) y para Sinaloa por Staiger y Kalb (2004). Nuevo registro para Jalisco.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México: Jalisco: La Huerta, Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala, Estación de Biología Chamela (UNAM), próximo a la vereda Calandria,  $19^{\circ}30'14.9''$  N,  $105^{\circ}2'5.8''$  O, 135 m, bosque tropical estacionalmente seco, sobre corteza de *Lonchocarpus sp.*, Noviembre 2011, *Barcenas-Peña* 3462; próximo a la vereda Tejón,  $19^{\circ}30'31.5''$  N,  $105^{\circ}2'27.3''$  O, 87 m, sobre corteza de *Bursera sp.*, *Barcenas-Peña* 3649 (MEXU).

*Graphis glauconigra* Vain., Ann. Acad. Sci. Fenn., Ser. A, 15 (6): 242 (1921).

Fig. 20H

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, verdoso. Lirelas errumpentes, no ramificadas a irregularmente ramificadas, margen talino lateral grueso y apical delgado, 1–1.5 (4) mm de largo, (0.1) 0.3–0.5 mm de ancho, labios esteros a estriados. Excípulo completamente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 4–8 por asca, con (11-) 12–13 septos transversales, 20–57.5 × 7.5–10 µm, hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—*Graphis glauconigra* es la especie más abundante del género *Graphis* en la región de Los Tuxtlas y junto a *G. acharii* son las más frecuentemente encontradas en la región de El Cielo. En ambos sitios se encontraron ejemplares de *G. glauconigra* con lirelas no estriadas en los estados juveniles a estriadas cuando adulto y con margen talino muy delgado apicalmente. *G. glauconigra* puede ser confundida con *G. marusae*, ya que comparten casi todos los caracteres, excepto el margen talino y el tamaño de las ascosporas: en *G. glauconigra* el margen talino es lateralmente grueso y apicalmente delgado y el tamaño de las ascosporas es ligeramente menor (hasta 57.5 µm de largo). En *G. marusae* el margen talino es indistinto basal a casi lateral gris verdoso lo que les da a las lirelas una tonalidad verde brillante y las ascosporas pueden medir hasta 70 µm de largo.

DISTRIBUCIÓN—**Asia:** China (Lücking *et al.*, 2009a), Filipinas (Lücking *et al.*, 2009a; Linsangan-Tabaquero *et al.*, 2013); **América:** *América del Sur:* Colombia (Rincón-Espitia y Lücking, 2011); *Caribe:* Puerto Rico (Lücking *et al.*, 2009a); *América del Norte:* **México:** Veracruz. Nuevo registro nacional y para América del Norte.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Veracruz: San Andrés Tuxtla, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas (UNAM), próximo a la vereda Vigía 5, 18°35'9.3" N, 95°4'50.6" O, 273 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de un forofito no identificado, Enero 2009, *Barcenas-Peña y Miranda* 1269; próximo al tanque del agua, 18°35'8.6" N, 95°4'43.1" O, 228 m, sobre corteza de *Poulsenia armata*, Enero 2009, *Barcenas-Peña y Miranda* 1567. Tamaulipas: Gómez Farías, Reserva de la Biósfera El Cielo, Rancho El Cielo, 23°06'9.23" N, 99°11'32.2" O, 1222 m, bosque mesófilo de montaña, sobre corteza de *Bernardia interrupta*, Mayo 2010, *Barcenas-Peña* 1047; sobre corteza de *Colubrina elliptica*, *Barcenas-Peña* 1049 (todos en MEXU).

*Graphis handelii* Zahlbr., Symb. Sinic. 3: 44 (1930).

Fig. 21A

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, gris verdoso. Lirelas errumpente a prominentes, no ramificadas, margen talino basal, 0.8–1.4 mm de largo, 0.1–0.2 mm de ancho, labios enteros, disco abierto sin pruina. Excípulo lateralmente carbonizado. Himenio insperso. Ascosporas 8 por

asca, con 7–8 septos transversales,  $25\text{--}30 \times 5\text{--}7.5 \mu\text{m}$ , hialinas. Ácido norestíctico presente (CCF).

NOTAS—En este estudio las especies encontradas más similares a *Graphis handelii* son *G. lineola*, *G. leptocarpa* y *G. cincta*. Estas tres tienen el disco cerrado a diferencia de *G. handelii* que presenta un disco abierto. En ocasiones se observa en *G. cincta* que las lirelas más adultas se abren para dar paso a nuevas lirelas dentro de ellas, pero estas siempre son cerradas. Por otro lado, *G. lineola* no presenta ninguna sustancia secundaria, mientras que *G. leptocarpa* y *G. handelii* tienen ácido estíctico y norestíctico respectivamente.

DISTRIBUCIÓN—**Asia:** China (Lücking *et al.*, 2009a), Corea (Joshi *et al.*, 2013a), India (Lücking *et al.*, 2009a), Vietnam (Joshi *et al.*, 2013b); **América:** *América del Sur:* Bolivia (Schiefelbein *et al.*, 2014), Islas Galápagos (Bungartz *et al.*, 2013), Paraguay (Lücking *et al.*, 2009a); *América del Norte:* EE. UU. (Lücking *et al.*, 2011, Seavey y Seavey, 2011), **México:** Jalisco. Nuevo registro nacional.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México: Jalisco: La Huerta, Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala, Estación de Biología Chamela (UNAM), próximo a la vereda Calandria,  $19^{\circ}30'15.6'' \text{N}$ ,  $105^{\circ}27.1'' \text{O}$ , 126 m, bosque tropical estacionalmente seco, sobre corteza de *Lonchocarpus sp.*, Septiembre 2011, *Barcenás-Peña* 3492; próximo al arroyo Hornitos,  $19^{\circ}30'58.8'' \text{N}$ ,  $105^{\circ}2'8.6'' \text{O}$ , 66 m, sobre corteza de *Apoplanesia paniculata*, junio 2011, *Barcenás-Peña* 4612 (MEXU).

*Graphis aff. illinata* Eschw., Fl. Bras. 1: 82 (1833).

Fig. 21B

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco verdoso. Lirelas prominentes, irregularmente ramificadas, margen completo grueso apicalmente, 3–5.5 mm de largo, 0.5–0.7 mm de ancho, labios enteros (en ocasiones ligeramente estriados). Excípulo completamente carbonizado. Himenio insperso. Ascosporas 4 a 6 por asca, muriformes,  $100\text{--}155 \times 17.5\text{--}20 \mu\text{m}$ , hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—*Graphis illinata* originalmente esta descrita con una espora por asca e himenio insperso, los ejemplares aquí estudiados poseen de 4 a 6 ascosporas por asca e himenio no insperso, sin embargo el resto de los caracteres coinciden con *G. illinata*. Esta especie es muy parecida a *G. acharii* (ver notas de *G. acharii*).

DISTRIBUCIÓN—**América:** *América del Sur:* Bolivia (Flakus y Wilk, 2006; Schiefelbein *et al.*, 2014), Brasil (Lücking *et al.*, 2008a), Colombia (Rincón-Espitia y Lücking, 2011), Perú (Rivas

Plata y Lücking, 2013); *América Central*: Costa Rica (Lücking *et al.*, 2008a); *América del Norte*: **México**: Veracruz. Nuevo registro nacional y para América del Norte.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Veracruz: Catemaco, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Ejido Adolfo López Mateos, Selva del Marinero, 18°26'0.8" N, 94°57'52" O, 365 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de *Lauraceae* no identificada, Abril 2009, *Barcenás-Peña y Miranda* 824; 18°26'0.5" N, 94°27'44.1" O, 345 m, sobre corteza de *Astrocaryum mexicanum*, Abril 2009, *Barcenás-Peña y Miranda* 1167 (MEXU).

***Graphis immersicans*** A.W. Archer, Australian Systematic Botany 14 (2): 262 (2001).

Fig. 21C

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco. Lirelas errumpentes, irregularmente ramificadas, margen talino lateral, 1.5–6 mm de largo, 0.1–0.2 mm de ancho, labios enteros. Excípulo completamente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 8 por asca, con 5–7 septos transversales, 22.5–32.5 × 5–7.5 µm, hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—*Graphis immersicans* es muy parecida a *G. multisulcata* y a *G. elongata* debido a sus lirelas errumpentes irregularmente ramificadas con himenio no insperso. Se diferencian en que *G. immersicans* tiene lirelas de hasta 6 mm de largo con un excípulo lateralmente carbonizado y ascosporas transversalmente septadas de hasta 32.5 µm. *G. elongata* presenta lirelas más cortas de hasta 2 mm de largo aunque su excípulo es lateralmente carbonizado presenta ascosporas transversalmente septadas más grandes. *G. multisulcata* tiene lirelas pequeñas de hasta 2 mm de largo con excípulo completamente carbonizado y ascosporas muriformes de hasta 32.5 µm.

DISTRIBUCIÓN—**Asia**: Filipinas (Lücking *et al.*, 2009a); **Oceanía**: Australia (Archer, 2001; Lücking *et al.*, 2009a); **América**: *América del Sur*: Colombia (Peláez *et al.*, 2013); *América del Norte*: **México**: Veracruz. Nuevo registro nacional y para América del Norte.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Veracruz: San Andrés Tuxtla, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas (UNAM), próximo a la Laguna Zacatal, 18°35'7.1" N, 95°5'23.4" O, 242 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de un forofito no identificado, Mayo 2011, *Barcenás-Peña* 2027, 2028 (MEXU).

***Graphis ingarum*** (Vain.) Lücking, Lichenologist 41 (4): 436 (2009).

Fig. 21D

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco verdoso. Lirelas errumpentes a prominentes, no ramificadas a irregularmente ramificadas, margen talino completo apicalmente delgado, 1.5–3 (4) mm de largo, 0.1–0.2 (0.5) mm de ancho, labios estriados. Excípulo lateralmente carbonizado.

Himenio no insperso. Ascosporas 8 por asca, con (5) 10–13 septos transversales, (20-) 27.5–55 (-50)  $\times$  7.5–10  $\mu\text{m}$ , hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—Los ejemplares de *Graphis ingarum* recolectados en los Tuxtlas no presentan lirelas ramificadas probablemente porque aún son ejemplares jóvenes. Sin embargo, en Lücking *et al.* (2009a) mencionan que las lirelas de *G. ingarum* pueden ser ramificadas. En Los Tuxtlas, los ejemplares de *G. ingarum* se podrían confundir con los de *G. leptoclada* pues solo se diferencian en el margen talino y en el tamaño de las ascosporas. En los primeros el margen talino es completo apicalmente delgado y las ascosporas son más grandes (27.5–55  $\times$  7.5–10, 10–13 septos) y en los segundos el margen talino es lateral y las ascosporas más pequeñas (25–35  $\times$  5–7.5, 9–11 septos). *G. ingarum* es una especie rara en Chamela con solo algunas recolectas pero, junto con *G. bungartzii* son las únicas dos especies de *Graphis* con labios estriados encontradas en el área. *G. ingarum* tiene lirelas cortas y margen talino completo delgado apicalmente y carece de sustancias, por otra parte, *G. bungartzii* tiene margen talino lateral y ácido norestético y connorestético.

DISTRIBUCIÓN—**Asia:** Filipinas (Linsangan-Tabaquero *et al.*, 2013); **América:** *Caribe:* Guadalupe (Lücking *et al.*, 2009a); *América del Norte:* **México:** Veracruz y Jalisco. Nuevo registro nacional y para América del Norte.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Veracruz: San Andrés Tuxtla, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas (UNAM), próximo al tanque del agua, 18°35'8.6" N, 95°4'43.1" O, 207 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de *Pseudolmedia oxyphyllaria*, Enero 2009, *Barcenas-Peña y Miranda* 1805; Ejido Adolfo López Mateos, Selva del Marinero, 18°26'0.5" N, 94°57'44.1" O, 345 m, sobre corteza de *Pseudolmedia oxyphyllaria*, Abril 2009, *Barcenas-Peña y Miranda* 829. Jalisco: La Huerta, Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala, Estación de Biología Chamela (UNAM), próximo al vereda Tejón, 19°30'34.4" N, 105°2'21" O, 95 m, bosque tropical estacionalmente seco, sobre corteza de *Lonchocarpus constrictus*, Noviembre 2011, *Barcenas-Peña* 3638, 3639 (todos en MEXU).

*Graphis insulana* (Müll. Arg.) Lücking & Sipman, *Fieldiana Botany* 46 (1): 84.

Fig. 21E.

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco grisáceo. Lirelas inmersas a errumpentes, no ramificadas a irregularmente ramificadas, margen talino completo, 1–2 mm de largo, 0.2–0.3 mm de ancho, labios enteros. Excípulo lateralmente carbonizado. Himenio insperso. Ascosporas 1 por asca, muriformes, 82.5–102.5  $\times$  25–27.5  $\mu\text{m}$ , hialinas. Ácido norestético presente (CCF).

NOTAS—Solo se recolectó un ejemplar de *Graphis insulana*, el cual es un poco pequeño, pero se pueden distinguir completamente sus caracteres. Estos son semejantes a los de *G. pseudoserpens*. Estas especies se distinguen por su química secundaria y tamaño de las ascosporas. La primera presenta ácido norestíctico y ascosporas muy grandes de hasta 102.5  $\mu\text{m}$ , mientras tanto *G. pseudoserpens* no presenta ningun metabolito secundaria y tiene ascosporas pequeñas de hasta 35  $\mu\text{m}$ .

DISTRIBUCIÓN—**Asia:** Filipinas (Lücking *et al.*, 2008a, 2009a), India (Lücking *et al.*, 2009a; Chitale *et al.*, 2011), Singapur (Sipman, 2015b); **Oceanía:** Australia (Lücking *et al.*, 2008a, 2009a; Archer, 2009), Fiyi (Lücking *et al.*, 2008a, 2009a), Islas Marianas (Lücking *et al.*, 2008a, 2009a), Papúa Nueva Guinea (Aptroot, 2015); **África:** Santo Tomas y Príncipe (Lücking *et al.*, 2008a, 2009a), Sierra Leona (Lücking *et al.*, 2008a, 2009a); **América:** *América Central:* Costa Rica (Lücking *et al.*, 2008a, 2009a), Panamá (van den Boom y Sipman, 2013); *América del Norte:* **México:** Jalisco. Nuevo registro nacional y para América del Norte.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Jalisco: La Huerta, Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala, Estación de Biología Chamela (UNAM), próximo a la vereda Búho, 19°29'54.7" N, 105°2'17.6" O, 59 m, selva mediana subperennifolia, sobre corteza de un forofito no identificado, Noviembre 2008, *Barcenás-Peña* 956 (MEXU).

*Graphis leptocarpa* Fée, Essai Crypt. Exot. (Paris): 36, pl. 10, fig. 2 (1825).

Fig. 21F

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco grisáceo. Lirelas errumpentes, parcialmente ramificadas, margen talino lateral, 1–3.5 mm de largo, hasta 0.1 mm de ancho, labios enteros. Excípulo lateralmente carbonizado. Himenio insperso. Ascosporas 8 por asca, con 8–9 septos transversales, 25–30.5  $\times$  5–7.5  $\mu\text{m}$ , hialinas. Ácido estíctico presente (CCF).

NOTAS—Ver notas de *Graphis handelii*.

DISTRIBUCIÓN—**Asia-Oceanía:** Papúa Nueva Guinea (Aptroot, 2015); **Asia:** Filipinas (GBIF, 2015), Japón (GBIF, 2015); **Oceanía:** Australia (Archer, 2001), Hawái (GBIF, 2015); **África:** Morne, Isla Mauricio (Wirth y Hale, 1978), Sur de África sin localidad exacta (GBIF, 2015); **América:** *América del Sur:* Brasil (Redinger, 1935), sin localidad exacta (Wirth y Hale, 1978; Lücking *et al.*, 2008a); *América Central:* Costa Rica (Lücking *et al.*, 2008a); *Caribe:* Cuba (Rosabal y Aragón, 2010), Guadalupe (GBIF, 2015); *América del Norte:* EE. UU. (Lücking *et al.*, 2011; Seavey y Seavey, 2011), **México:** Veracruz. Nuevo registro nacional.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Veracruz: San Andrés Tuxtla, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas (UNAM), próximo al tanque de agua, 18°35'8.6" N, 95°04'43.1" O, 228 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de *Pseudolmedia oxyphyllaria*, *Barcenas-Peña y Miranda* 1660, 1445 (MEXU).

***Graphis cf. leptoclada*** Müll. Arg., Flora 65: 335 (1882).

Fig. 21G

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco verdoso. Lirelas errumpentes, no ramificadas a parcialmente ramificadas, margen talino lateral a completo apicalmente delgado, 1–1.5 mm de largo, 0.2–0.4 mm de ancho, labios estriados. Excípulo lateralmente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 8 por asca, con 9–11 septos transversales, 25–55 × 5–7.5 µm, hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—Los ejemplares estudiados de la región de Los Tuxtlas no reúnen satisfactoriamente las características de *Graphis leptoclada* ya que las ascosporas de esta especie son ligeramente más grandes. Lo anterior se puede deber a que los ejemplares estudiados son inmaduros. *G. cf. leptoclada* forma parte del grupo 13 de este estudio que se caracteriza por labios estriados, excípulo lateralmente carbonizado, himenio no insperso y ascosporas transversalmente septadas. Las especies que forman este grupo solo se diferencian por la superposición de las lirelas en el talo, la forma del margen talino y el tamaño de las ascosporas. *G. cf. leptoclada* podría ser confundida con *G. tenella* debido a que ambas poseen lirelas errumpentes con margen talino lateral y solo se distinguen porque *G. leptoclada* tiene ascosporas más grandes que puede llegar a medir hasta 55 µm de largo con 9–11 septos, mientras que *G. tenella* tiene ascosporas más pequeñas de hasta 27.5 µm de longitud con 5–6 septos.

DISTRIBUCIÓN—**Asia-Oceanía:** Indonesia (Archer, 2001, 2015; Lücking *et al.*, 2009a); **Oceanía:** Australia (Archer, 2001); **América:** *América del Sur:* Brasil (Dal Forno, 2009); *América Central:* Costa Rica (Lücking *et al.*, 2008a), Panamá (van den Boom y Sipman, 2013); *Caribe:* Puerto Rico (Lücking *et al.*, 2009a); *América del Norte:* **México:** Fue reportada para Veracruz por Pérez-Pérez *et al.* (2015).

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Veracruz: San Andrés Tuxtla, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas (UNAM), próximo a la Laguna Zacatal, 18°35'7.1" N, 95°05'23.4" O, 242 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de un forofito no identificado, Mayo 2011, *Barcenas-Peña* 2031; 18°35'4.7" N, 94°5'18.9" O, 252 m, sobre corteza de un forofito no identificado, Mayo 2011, *Barcenas-Peña* 2035 (MEXU).



*Graphis librata* C. Knight, Transactions of the New Zealand Institute 16: 404 (1884).

Fig. 21H

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco grisáceo. Lirelas errumpentes, parcialmente ramificadas, margen talino lateral, 1–3 mm de largo, 0.15–0.25 mm de ancho, labios enteros.

Excípulo lateralmente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 8 por asca, con 5–9 septos transversales, 20–30 × 5–8 µm, hialinas. Ácido norestético y connoestético presentes (CCF).

NOTAS—Esta especie es muy similar a *Graphis filiformis*, *G. cincta* y *G. lineola*. *G. librata* es diferente de *G. filiformis* porque tiene lirelas más cortas, *G. cincta* y *G. lineola* tienen un himenio insperso (tipo A).

DISTRIBUCIÓN—**Asia-Oceanía:** Indonesia (GBIF, 2015); **Asia:** Bangladés (Aptroot, 2015), Filipinas (Linsangan-Tabaquero *et al.*, 2013), India (Adawadkar y Makhija, 2007; Lücking *et al.*, 2008a; Chitale *et al.*, 2011), Vietnam (Aptroot y Sparrius, 2006; Joshi *et al.*, 2013b; Checklist of the Lichens of Vietnam, 2015), Singapur (Sipman, 2015a, b); **Oceanía:** Australia (Archer, 2001), Nueva Zelanda (Hayward, 1977), Papúa Nueva Guinea (GBIF, 2015); **África:** Santa Helena (GBIF, 2015), Sur de África sin localidad exacta (Lücking *et al.*, 2008a); **Europa:** *Inglaterra* (GBIF, 2015); **América:** *América del Sur:* Bolivia (Schiefelbein *et al.*, 2014), Brasil (Staiger, 2002; Martins, 2006; Lücking *et al.*, 2008a; Dal Forno, 2009), Islas Galápagos (Aptroot, 2015), Venezuela (Neuwirth, 2008); *América Central:* Costa Rica (Lücking *et al.*, 2008a), Panamá (van den Boom y Sipman, 2013); *Caribe:* Cuba (Rosabal y Aragón, 2010), Guadalupe (Wirth y Hale, 1978), Puerto Rico (GBIF, 2015), República Dominicana (Wirth y Hale, 1978); *América del Norte:* EE. UU. (Staiger, 2002; Lücking *et al.*, 2008a; Seavey y Seavey, 2011), **México:** Fue reportada para Veracruz por Pérez-Pérez *et al.* (2015). Nuevo registro para Jalisco.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México: Jalisco: La Huerta, Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala, Estación de Biología Chamela (UNAM), próximo al arroyo Hornitos, 19°30'54.7" N, 105°2'6.5" O, 61 m, bosque tropical estacionalmente seco, sobre corteza de *Cordia elaeagnoides*, Junio 2011, *Barcenas-Peña* 3694, 3695 (MEXU).

*Graphis lineola* Ach., Lichenogr. Univ.: 264 (1810).

Fig. 22A

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco grisáceo. Lirelas errumpentes, irregularmente ramificadas, margen talino lateral, (1) 2.2–3 (4) mm de largo, 0.1–0.2 mm de ancho, labios enteros.

Excípulo lateralmente carbonizado. Himenio insperso. Ascosporas 8 por asca, con 7–9

septos transversales, (20-) 27.5–30 (35) × 5–7 (-8) μm, hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—*Graphis lineola* es caracterizada por sus lirelas errumpentes con labios enteros, excípulo lateralmente carbonizado e himenio insperso similar a *G. cincta*, sin embargo, *G. cinta* presenta ácido norestíctico. *G. lineola* también recuerda a *G. librata* y *G. filiformis*, pero estas difieren por su himenio no insperso y, además, también presentan ácido norestíctico.

DISTRIBUCIÓN—**Asia:** China (Lücking *et al.*, 2008a), Filipinas (GBIF, 2015), Vietnam (Checklist of the Lichens of Vietnam, 2015); **Oceanía:** Australia (Archer, 2009), Hawái (GBIF, 2015), Papúa Nueva Guinea (GBIF, 2015); **África:** Seychelles (GBIF, 2015), Sierra Leona (Lücking *et al.*, 2009a); **América:** *América del Sur:* Colombia (Rincón-Espitia y Lücking, 2011; Peláez *et al.*, 2013), Uruguay (Osorio, 1972); *América Central:* Costa Rica (Lücking *et al.*, 2008a); *Caribe:* Antillas (Lücking *et al.*, 2009a), Jamaica (GBIF, 2015), República Dominicana (GBIF, 2015); *América del Norte:* EE. UU. (Seavey y Seavey, 2011; Perlmutter *et al.*, 2012), **México:** Jalisco y Veracruz. Nuevo registro nacional.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Veracruz: San Andrés Tuxtla, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas (UNAM), próximo al tanque de agua, 18°35'8.2" N, 95°04'37.4" O, 176 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de *Pseudolmedia oxyphyllaria*, Enero 2009, *Barcenás-Peña y Miranda* 1817, 1829. Jalisco: La Huerta, Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala, Estación de Biología Chamela (UNAM), próximo al arroyo Hornitos, 19°30'58.8" N, 105°2'8.6" O, 66 m, bosque tropical estacionalmente seco, sobre corteza de *Lonchocarpus constrictus*, Junio 2011, *Barcenás-Peña* 3736; 19°31'3" N, 105°2'8.9" O, 72 m, sobre corteza de un árbol no identificado, *Barcenás-Peña* 3739 (todos en MEXU).

***Graphis longula*** Kremp., Flora 59: 380 (1876).

Fig. 22B

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco. Lirelas errumpentes, no ramificadas a parcialmente ramificadas, margen talino lateral, 1–2 mm de largo, 0.3–0.4 mm de ancho, labios estriados.

Excípulo completamente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 8 por asca, con 11–13 septos transversales, 32.5–57.5 × 7.5–10 μm, hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—*Graphis longula* a simple vista podría ser confundida con *G. glauconigra*. Ambas forman parte de un grupo de especies (grupo 16) que comparten características como labios estriados, excípulo completamente carbonizado, himenio no insperso y ascosporas septadas transversalmente. Estas dos especies se distinguen principalmente porque *G. longula* tiene lirelas

con margen talino lateral y ascosporas ligeramente más grandes (57.5  $\mu\text{m}$ ), mientras que *G. glauconigra* tiene un margen talino lateral grueso y apical delgado y ascosporas de 52.5  $\mu\text{m}$ .  
**DISTRIBUCIÓN—Asia-Oceanía:** Indonesia (GBIF, 2015); **Asia:** Filipinas (Lücking *et al.*, 2009a); **Oceanía:** Australia (Archer, 2006, 2009); **América:** *América del Sur:* Brasil (Wirth y Hale, 1978; Dal-Forno, 2009; Lücking *et al.*, 2009a; Feuerstein, 2014), Colombia (GBIF, 2015), Islas Galápagos (Bungartz *et al.*, 2013); *América Central:* Costa Rica (Lücking *et al.*, 2008a); *Caribe:* Dominica (Wirth y Hale, 1978), Saba, Antillas Holandesas (GBIF, 2015), Trinidad y Tobago (GBIF, 2015); *América del Norte:* Canadá (Wirth y Hale, 1978), EE. UU. (Lücking *et al.*, 2011), **México:** Fue descrita para Chiapas por Wirth y Hale (1963), es nuevo registro para Veracruz.

**ESPECÍMENES EXAMINADOS—México.** Veracruz: Catemaco, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Ejido Adolfo López Mateos, Selva del Marinero, 18°26'0.4" N, 94°57'47.3"O, 368 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de *Spondias radlkoferi*, Abril 2009, *Barcenás-Peña y Miranda* 858; sobre corteza de *Myriocarpa longipes*, Abril 2009, *Barcenás-Peña y Miranda* 857 (MEXU).

***Graphis marusae* B. Peña & Lücking, Phytotaxa 18: 62 (2011).**

Fig. 16A–B

**TIPO:** MÉXICO. Veracruz: Catemaco, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Selva del Marinero, Ejido Adolfo López Mateos, 18°26'N, 94°28'O, 345 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de *Astrocaryum mexicanum*, Abril 2009, *Barcenás-Peña* 1077 (Holotipo, MEXU).

**DESCRIPCIÓN:** *Talo* corticícola, hasta 5 cm de diámetro, 50–100  $\mu\text{m}$  de grosor, continuo, superficie lisa, gris verdoso pálido, brillante; protalo ausente. Talo con corteza superior cartilaginosa, capa algal irregular y cristales de oxalato de calcio. *Apotecio* lireliforme, flexuoso, comúnmente ramificado, prominente, sin o con margen talino distinguible basal a lateral 1–5 mm de largo, 0.2–0.3 mm de ancho, 0.1–0.25 mm de alto; *disco* cerrado, margen propio grueso; *labios* enteros pero eventualmente estriados, margen talino indistinto, delgado, basal a casi lateral, gris verdoso, labios negro-gris casi totalmente expuestos; *excípulo* entero a apicalmente crenulado, completamente carbonizado, 80–120  $\mu\text{m}$  de ancho, negro, basalmente cubierto por una delgada capa de talo; *hipotecio* prosoplectenquimatoso, 10–20  $\mu\text{m}$  de alto, incoloro; *himenio* 100–150  $\mu\text{m}$  de alto, incoloro, no insperso; *epitecio* indistinto; *paráfisis* no ramificadas; *ascas* fusiformes, 90–120  $\times$  25–35  $\mu\text{m}$ ; *ascosporas* 8 por asca, oblongas, con 9–13 septos transversales, 50–70  $\times$  10–15  $\mu\text{m}$ , 4–5 veces más largas que anchas, hialinas. *Metabolitos secundarios* (CCF): Ninguna sustancia detectada.

**DISTRIBUCIÓN Y HÁBITAT:** *Graphis marusae* es conocida de la Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas en Veracruz, México, un relicto de la selva alta perennifolia. Fue encontrada en la corteza de *Astrocaryum mexicanum* y *Pseudolmedia oxyphyllaria* en el sotobosque expuesto entre los 200-345 m de elevación.

**COMENTARIOS TAXONÓMICOS:** Debido al excípulo completamente carbonizado, el himenio no insperso y ascosporas medianas ( $50\text{--}70 \times 10\text{--}15 \mu\text{m}$ ) y transversalmente septadas, esta especie podría ser confundida con *Graphis cognata* Müll. Arg. con labios enteros y con *G. longula* Kremp., *G. asterizans* Nyl. y *G. glauconigra* Vain. con labios estriados (Lücking *et al.*, 2009a). La última especie es similar principalmente en los labios enteros que eventualmente pueden convertirse en estriados, pero difiere en las lirelas más cortas con margen talino distinto y conspicuo. *G. asterizans* también tiene margen talino distinguible y lirelas radialmente ramificadas. *G. longula* difiere en los labios levemente estriados y el margen talino lateral, el cual también forma líneas blancas entre las estrías de los labios. La especie más similar a *G. marusae* es *G. cognata*. Se distingue porque tiene un talo blanco-gris y lirelas más cortas con labios negros azabache y margen talino basal.

**ETIMOLOGÍA:** Esta nueva especie es dedicada a nuestra mentora y colega, la Dra. María de los Ángeles Herrera Campos, por su importante contribución a la liquenología en México y especialmente en la taxonomía del género *Usnea*.

***Graphis modesta*** Zahlbr., Cat. Lich. Univ. 2: 318 (1911).

Fig. 22C

**DIAGNOSIS**—Talo corticado, liso, blanco. Lirelas inmersas a errumpentes, radialmente ramificadas, margen talino lateral, 3–6 mm de largo, 0.2 mm de ancho, labios enteros, disco expuesto blanco pruinoso. Excípulo completamente carbonizado. Himenio insperso. Ascosporas 8 por asca, con 6–8 septos transversales,  $20\text{--}28 \times 6\text{--}8 \mu\text{m}$ , hialinas Ácido estíctico presente (CCF).

**NOTAS**—*Graphis modesta* es similar a *G. scripta*, principalmente porque ambas especies presentan disco expuesto blanco pruinoso e himenio no insperso. Sin embargo, *G. modesta* tiene excípulo completamente carbonizado y ácido estíctico, mientras que *G. scripta* presenta excípulo lateralmente carbonizado y carece de sustancias secundarias.

DISTRIBUCIÓN—**Asia:** India (Adawadkar y Makhija, 2007; Chitale *et al.*, 2011), **Oceanía:** Islas Salomón (Lücking *et al.*, 2009a; Archer, 2015), Vanuatu (GBIF, 2015); **América:** *América del Sur:* Islas Galápagos (Bungartz *et al.*, 2013); *América del Norte:* EE. UU. (Seavey y Seavey, 2011), **México:** Jalisco y Veracruz. Nuevo registro nacional.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México: Veracruz: San Andrés Tuxtla, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas (UNAM), próximo al tanque de agua, 18°35'8.6" N, 95°4'43.1" O, 207 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de *Pseudolmedia oxyphyllaria*, Enero 2009, *Barcenas-Peña y Miranda* 4625. Jalisco: La Huerta, Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala, Estación de Biología Chamela (UNAM), próximo al arroyo Hornitos, 19°31'4.8" N, 105°2'8.67" O, 82 m, bosque tropical estacionalmente seco, sobre corteza de *Guapira macrocarpa*, Junio 2011, *Barcenas-Peña* 3787, próximo a la vereda Búho, 19°29'57.2" N, 105°2'14.2" O, 83 m, sobre corteza de un forofito no identificado, Noviembre 2008, *Barcenas-Peña* 945 (MEXU).

*Graphis multisulcata* (Müll. Arg.) Lücking & Chaves, Fieldiana Botany 46 (1): 92 (2008).

Fig. 22D

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco. Lirelas errumpentes, no ramificadas a parcialmente ramificadas, margen talino completo apicalmente delgado, 1–1.5 mm de largo, 0.1–0.2 mm de ancho, labios estriados. Excípulo completamente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 4–8 por asca, muriformes, 20–32.5 × 7.5–12 µm, hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—Esta especie es particularmente interesante porque a pesar de que sus lirelas no son muy grandes (1.5 mm de largo), ni prominentes, sus ascosporas son medianas (32.5 µm de longitud) y muriformes. Estas son más frecuentes en especies con lirelas prominentes del tipo de *Graphis acharii*. *G. multisulcata* y *G. consanguinea* son casi iguales, si no fuera porque *G. multisulcata* presenta en cada asca de 4 a 8 ascosporas significativamente más pequeñas (32.5 µm de largo) y *G. consanguinea* presenta en cada asca solo una espora que puede medir hasta 105.5 µm de largo.

DISTRIBUCIÓN—**América:** *América del Sur:* Brasil (Lücking *et al.*, 2008a; Aptroot, 2015), Colombia (Lücking *et al.*, 2008a); *América del Norte:* **México:** Veracruz. Nuevo registro nacional y para América del Norte.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Veracruz: Catemaco, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Ejido Adolfo López Mateos, Selva del Marinero, 18°26'1.4" N, 94°57'56.8" O, 300 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de *Lauraceae* no identificada, Abril 2009, *Barcenas-Peña y Miranda* 859; sobre corteza de *Persea schiedeana*, *Barcenas-Peña y Miranda* 860 (MEXU).

*Graphis nanodes* Vain., Annales Academiae Scientiarum Fennicae 15 (6): 209 (1921).

Fig. 22E

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco. Lirelas errumpentes a prominentes, irregularmente ramificadas, margen talino lateral, 1.5–4 mm de largo, 0.1–0.2 mm de ancho, labios enteros.

Excípulo lateralmente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 8 por asca, muriformes, 25–30 × 10–12.5 µm, hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—Esta especie es similar a *Graphis multisulcata* en el himenio no insperso y las ascosporas muriformes. Se diferencian en la longitud y posición de las lirelas y el grado de carbonización del excípulo. En *G. nanodes* las lirelas son más largas (hasta 4 mm) y con excípulo lateralmente carbonizado, mientras que en *G. multisulcata* estas alcanzan 1.5 mm y el excípulo es completamente carbonizado.

DISTRIBUCIÓN—**Asia:** Corea (Joshi *et al.*, 2013a), Filipinas (Lücking *et al.*, 2009a; Archer, 2015); **Oceanía:** Papúa Nueva Guinea (Aptroot, 2015); **América:** *América del Sur:* Colombia (Rincón-Espitia y Lücking, 2011); *América del Norte:* **México:** Veracruz. Nuevo registro nacional y para América del Norte.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Veracruz: San Andrés Tuxtla, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas (UNAM), próximo al tanque de agua, 18°35'8.6" N, 95°4'43.1" O, 207 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de *Pseudolmedia oxyphyllaria*, Enero 2009, *Barcenás-Peña y Miranda* 1807, 1428 (MEXU).

*Graphis nuda* (H. Magn.) Staiger, Bibliotheca Lichenol. 85: 245 (2002).

Fig. 22F

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco grisáceo. Lirelas sésiles, no ramificadas a parcialmente ramificadas, sin margen talino, 0.7–1 mm de largo, 0.2–0.3 mm de ancho, labios enteros. Excípulo completamente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 8 por asca, muriformes, 25–37.5 × 12.5–15 µm, hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—*Graphis nuda*, *G. plurispora* y *G. subradiata* son las únicas especies que en este estudio forman el grupo 8, el cual se caracteriza por labios enteros, excípulo completamente carbonizado, himenio no insperso y ascosporas muriformes, y no presentan metabolitos secundarios. No obstante, las tres especies son diferentes debido a que *G. plurispora* y *G. subradiata* tienen lirelas errumpentes con margen talino lateral, así como diferente número de ascosporas por asca. La primera tiene de 4 a 6 ascosporas (de hasta 40.5 µm de longitud) por

asca, en la segunda solo hay una espora (de hasta 62.5 µm de longitud) por asca. Por su parte, *G. nuda* tiene lirelas sésiles sin margen talino lateral y 8 ascosporas (hasta de 37.5 µm de longitud) por asca.

**DISTRIBUCIÓN—Asia:** Malasia (GBIF, 2015); **Oceanía:** Hawái (Staiger, 2002; Lücking *et al.*, 2008a); **América:** *América del Sur:* Brasil (Staiger, 2002), Venezuela (GBIF, 2015); *América Central:* Costa Rica (Lücking *et al.*, 2008a; Aptroot, 2015); *América del Norte:* **México:** Veracruz. Nuevo registro nacional.

**ESPECÍMENES EXAMINADOS—México.** Veracruz: Catemaco, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Ejido Adolfo López Mateos, Selva del Marinero, 18°26'1.2" N, 94°57'56.8" O, 300 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de *Persea schiedeana*, Abril 2009, *Barcenás-Peña y Miranda* 2059 (MEXU).

*Graphis oligospora* Zahbr., Symbol. Sinic., pars III: 39-45 (1930).

Fig. 22G

**DIAGNOSIS—**Talo corticado, rugoso, gris verdoso. Lirelas errumpentes, no a parcialmente ramificadas, margen talino lateral, 0.5–0.6 mm de largo, 0.1 mm de ancho, labios enteros.

Excípulo apicalmente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 8 por asca, con 7–10 septos transversales, 25–37.5 × 5–7.5 µm, hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).

**NOTAS—**En los tres ecosistemas estudiados (selva alta perennifolia, selva baja caducifolia y parte de bosque mesófilo) solo *Graphis glaucescens* podría ser confundida con *G. oligospora*; ambas presentan lirelas errumpentes, labios enteros, excípulo apicalmente carbonizado, himenio no insperso y ascosporas transversalmente septadas. *G. glaucescens* tiene disco y labios cubiertos por pruina blanca, mientras que *G. oligospora* no presenta pruina. Asimismo, las ascosporas de *G. glaucescens* son ligeramente más grandes (hasta 45 µm de largo y 7–10 septos) que las de *G. oligospora* (hasta 37.5 µm de longitud y 5–7 septos).

**DISTRIBUCIÓN—Asia:** China (Lücking *et al.*, 2009a); **América:** *América del Norte:* **México:** Aptroot (2015) muestra una fotografía de *G. oligospora* de México sin datos exactos de localidad. Nuevo registro para Veracruz.

**ESPECÍMENES EXAMINADOS—México.** Veracruz: San Andrés Tuxtla, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas (UNAM), próximo a la Laguna Zacatal, 18°35'4.7" N, 95°5'18.9" O, 252 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de *Astrocaryum mexicanum*, Mayo 2011, *Barcenás-Peña* 4621 (MEXU).

*Graphis oxyclada* Müll. Arg., Flora 68: 512 (1885).

Fig. 22H

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco verdoso. Lirelas prominentes, irregularmente ramificadas, margen talino lateral, (1) 2–5 mm de largo, 0.1–0.2 (3) mm de ancho, labios enteros. Excípulo completamente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 8 por asca, con 6–9 (11) septos transversales, 25–32.5 (40) × 5–7.5 (9)  $\mu\text{m}$ , hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).  
 NOTAS—*Graphis oxyclada* puede ser confundida con *G. nanodes*, sin embargo, el excípulo de *G. oxyclada* es completamente carbonizado y posee ascosporas transversalmente septadas. *G. nanodes*, tiene excípulo lateralmente carbonizado y sus ascosporas son muriformes. *G. oxyclada* es muy similar a *G. chamelensis*, ambas poseen lirelas prominentes, parcialmente ramificadas con labios enteros, excípulo completamente carbonizado e himenio no insperso. No obstante, *G. oxyclada* tiene lirelas con margen talino lateral, ascosporas ligeramente más pequeñas y carece de sustancias, mientras que *G. chamelensis* presenta margen talino basal a lateral y ácido norestíctico.

DISTRIBUCIÓN—**Asia:** Filipinas (Aptroot, 2015); **África:** Kenia (Lücking *et al.*, 2008a), Sierra Leona (Lücking *et al.*, 2009a); **América:** *América del Sur:* Brasil (Cáceres, 2007), Islas Galápagos (Bungartz *et al.*, 2013); *América Central:* Costa Rica (Lücking *et al.*, 2008a); *América del Norte:* EE. UU. (Lendemer, 2010; Lücking *et al.*, 2011; Seavey y Seavey, 2011; Perlmutter *et al.*, 2012), **México:** Jalisco y Veracruz. Nuevo registro nacional.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Veracruz: Catemaco, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Ejido Adolfo López Mateos, Selva del Marinero, 18°26'1.4" N, 94°57'56.8" O, 300 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de *Lauraceae* no identificada, Abril 2009, *Barcenás-Peña y Miranda* 862, 1087. Jalisco: La Huerta, Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala, Estación de Biología Chamela (UNAM), próximo al arroyo Hornitos, 19°31'4.8" N, 105°2'8.67" O, 61 m, bosque tropical estacionalmente seco, sobre corteza de *Caesalpinea eriostachys*, Junio 2011, *Barcenás-Peña* 3768, 3769 (todos en MEXU).

***Graphis palmicola*** Makhija & Adaw., Mycotaxon 91: 378 (2005).

Fig. 23A

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanquecino. Lirelas inmersas a errumpentes, irregularmente ramificadas, margen talino basal a lateral, 1–2 mm de largo, 0.2–0.3 mm de ancho, labios enteros, disco abierto sin pruina. Excípulo completamente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 8 por asca, con 5–7 septos transversales, 27.5–30 × 7.5–10  $\mu\text{m}$ , hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).



NOTAS—Archer (1999), describe *Graphina palmicola* con excípulo de lateral a completamente carbonizado y ascosporas muriformes. En este documento *Graphis palmicola* es descrita de acuerdo a Lücking *et al.* (2009a), con labios enteros, excípulo completamente carbonizado, himenio no insperso y ascosporas transversalmente septadas. Por lo tanto, *G. palmicola* es muy parecida a *G. modesta*, pero *G. palmicola* no tiene pruina ni metabolitos secundarios, por otro lado *G. modesta* tiene el disco cubierto con pruina blanca y presenta ácido estético. Asimismo, *G. palmicola* podría ser confundida con *G. subdisserpens*, pero esta última tiene el disco cerrado y las ascosporas son más grandes hasta 65  $\mu\text{m}$  de longitud.

DISTRIBUCIÓN—**Asia:** India (Lücking *et al.*, 2009a); **Oceanía:** Australia (Archer, 1999); **América:** *América del Norte:* **México:** Veracruz. Nuevo registro nacional y para el Continente Americano.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Veracruz: San Andrés Tuxtla, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas (UNAM), próximo a la Laguna Zacatal, 18°35'4.7" N, 95°5'18.9" O, 252 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de *Pseudolmedia oxyphyllaria*, Mayo 2011, *Barcenás-Peña* 1254 (MEXU).

*Graphis pinicola* Zahlbr., Symbolae Sinica 3: 40 (1930).

Fig. 23B

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco. Lirelas errumpentes, no ramificadas a irregularmente ramificadas, margen talino lateral, 1.5–3 mm de largo, 0.2–0.3 mm de ancho, labios enteros. Excípulo lateralmente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 8 por asca, con 7–10 septos transversales, (25) 32.5–50  $\times$  7.5–10  $\mu\text{m}$ , hialinas Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—Esta especie podría ser confundida con *Graphis librata* y *G. lineola* principalmente por tener lirelas cortas y errumpentes con margen talino lateral, labios enteros y excípulo lateralmente carbonizado. *G. librata* presenta ácidos noestético y connoestético, mientras que *G. lineola* tiene himenio insperso.

DISTRIBUCIÓN—**Asia:** China (Lücking *et al.*, 2009a), Filipinas (Linsangan-Tabaquero *et al.*, 2013), India (Lücking *et al.*, 2009a); **África:** Sierra Leona (Lücking *et al.*, 2009a); **América:** *América del Sur:* Bolivia (Flakus *et al.*, 2013; Kukwa *et al.*, 2013), Colombia (Rincón-Espitia y Lücking, 2011; Peláez *et al.*, 2013); *América del Norte:* EE. UU. (Lendemmer, 2010; Seavey y Seavey, 2011; Perlmutter *et al.*, 2012), **México:** Jalisco y Veracruz. Nuevo registro nacional.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Veracruz: San Andrés Tuxtla, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas (UNAM), próximo al tanque de agua, 18°35'8.6" N, 94°04'43.1" O, 207

m, selva alta perennifolia, sobre corteza de *Faramea occidentalis*, Enero 2009, *Barcenas-Peña y Miranda* 1871; sobre corteza de *Pseudolmedia oxyphyllaria*, Enero 2009, *Barcenas-Peña y Miranda* 1837. Jalisco: La Huerta, Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala, Estación de Biología Chamela (UNAM), próximo al arroyo Hornitos, 19°30'56.1" N, 105°2'7.2" O, 59 m, bosque tropical estacionalmente seco, sobre corteza de *Cordia elaeagnoides*, Junio 2011, *Barcenas-Peña* 3770; 19°30'54.7" N, 105°2'6.5" O, 61 m, sobre corteza de *Thouinia paucidentata*, *Barcenas-Peña* 3771 (todos en MEXU).

***Graphis plurispora*** (Redinger) Lücking & Chaves, *Fieldiana Botany* 46 (1): 100 (2008).

Fig. 23C

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco verdoso. Lirelas errumpentes, no ramificadas a irregularmente ramificadas, margen talino lateral, 1–4 mm de largo, 0.2–0.5 mm de ancho, labios estriados. Excípulo completamente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 4–6 por asca, muriformes, 30–40.5 × 10–12.5 µm, hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—*Graphis plurispora* con la combinación única de lirelas con excípulo completamente carbonizado e himenio no insperso forma parte de un grupo de especies con ascosporas muriformes que están presente en Los Tuxtlas (*G. aff. illinata*, *G. multisulcata*, *G. nandodes*, *G. puiggari* y *G. pseudoserpens*). Estas especies presentan lirelas errumpentes con diferentes combinaciones de caracteres morfológicos pero se diferencian de otras especies con ascosporas muriformes porque presentan por lo regular lirelas prominentes con carbonización abundante en el excípulo e inspersion tipo B (grupo *acharii*).

DISTRIBUCIÓN—**África:** Sur de África (Aptroot, 2015); **América:** *América del Sur:* Brasil (Lücking *et al.*, 2008a; Lücking *et al.*, 2009a), Colombia (Rincón-Espitia y Lücking, 2011; Peláez *et al.*, 2013); *América Central:* Costa Rica (Lücking *et al.*, 2008a), Panamá (van den Boom y Sipman, 2013); *Caribe:* Dominica (Wirth y Hale, 1978), Martinica (GBIF, 2015); *América del Norte:* **México:** Jalisco. Nuevo registro nacional y para América del Norte.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Veracruz: Catemaco, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Ejido Adolfo López Mateos, Selva del Marinero, 18°26'1.4" N, 94°57'56.8" O, 300 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de *Lauraceae* no identificada, Abril 2009, *Barcenas-Peña y Miranda* 881; 18°26'0.3" N, 94°57'45.47" O, 365 m, sobre corteza de *Virola guatemalensis*, Abril 2009, *Barcenas-Peña y Miranda* 1113 (MEXU).

***Graphis proserpens*** Vain., *Bot. Tidsskr.* 29: 132 (1909).

Fig. 23D

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco verdoso. Lirelas errumpentes a prominentes, radialmente ramificadas, margen talino basal a lateral, 4–9 mm de largo, 0.2–0.3 mm de ancho, labios estriados. Excípulo apical a periféricamente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 4–8 por asca, con 9–11 septos transversales,  $30\text{--}42.5 \times 5\text{--}7.5 \mu\text{m}$ : Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—*Graphis proserpens* es la única especie en la región de El Cielo con lirelas muy largas y radialmente ramificadas. Se encontraron pocos ejemplares y algunas veces dañados, sin embargo los caracteres conservados permitieron su identificación. La especie más similar a *G. proserpens* es *G. chlorotica*, diferenciándose únicamente por el tamaño de las lirelas y su ramificación, así como ligeramente por el tamaño de las ascosporas. Las lirelas de *G. proserpens* son radialmente ramificadas con margen talino de basal a lateral y las ascosporas de hasta 42.5  $\mu\text{m}$  de largo. Por su parte, las lirelas en *G. chlorotica* son irregularmente ramificadas con margen talino lateral y las ascosporas de hasta 37.5  $\mu\text{m}$ .

DISTRIBUCIÓN—**Asia:** China (Aptroot, 2015), Corea (Joshi *et al.*, 2013a), Filipinas (Linsangan-Tabaquero *et al.*, 2013), India (Adawadkar y Makhija, 2007; Lücking *et al.*, 2008a, 2009a), Japón (GBIF, 2015), Vietnam (Aptroot y Sparrius, 2006; Joshi *et al.*, 2013b; Checklist of the Lichens of Vietnam, 2015); **África:** Reunión (Staiger, 2002); **América:** *América del Sur:* Bolivia (Kukwa *et al.*, 2013), Brasil (Staiger, 2002; Lücking *et al.*, 2008a), Colombia (Rincón-Espitia y Lücking, 2011); *América Central:* Costa Rica (Lücking *et al.*, 2008a, 2009), Panamá (van den Boom y Sipman, 2013); *América del Norte:* Canadá (GBIF, 2015), EE. UU. (GBIF, 2015), **México:** Fue descrita por Wirth y Hale (1963) para Morelos. Nuevo registro para Tamaulipas.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Tamaulipas: Gómez Farías, Reserva de la Biósfera El Cielo, Rancho El Cielo, 23°06'9.23" N, 99°11'32.2" O, 1222 m, bosque mesófilo de montaña, sobre corteza de *Meliosma alba*, Mayo 2010, *Barcenás-Peña* 1022; 23°06'11.7" N, 99°11'25.2" O, 1248 m, sobre corteza de *Meliosma alba*, Mayo 2010, *Barcenás-Peña* 1066 (MEXU).

*Graphis pseudoserpens* Chaves & Lücking, Fieldiana Botany 46 (1): 101 (2008).

Fig. 23E

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco verdoso. Lirelas errumpentes a prominentes, no ramificadas, margen talino lateral, 0.5–1.2 mm de largo, 0.1–0.2 mm de ancho, labios enteros a estriados. Excípulo lateralmente carbonizado. Himenio insperso. Ascosporas 8 por asca, muriformes,  $17.5\text{--}35 \times 10\text{--}12.5 \mu\text{m}$ , hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—*Graphis pseudoserpens* presenta lirelas con los labios estriados, que en los ejemplares recolectados en la región de Los Tuxtlas pueden ir de enteros a estriados. *G. pseudoserpens* es una de las pocas especies recolectadas con labios estriados, excípulo lateralmente carbonizado, himenio insperso y ascosporas muriformes. Esta especie es semejante a *G. puiggarii*, aunque esta última se distingue por presentar un himenio no insperso y ascosporas ligeramente más pequeñas (30 µm de largo).

DISTRIBUCIÓN—**América:** *América Central:* Costa Rica (Lücking *et al.*, 2008a), Panamá (van den Boom y Sipman, 2013); *América del Norte:* **México:** Veracruz. Nuevo registro nacional y para América del Norte.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Veracruz: Catemaco, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Ejido Adolfo López Mateos, Selva del Marinero, 18°26'0.8" N, 94°57'52" O, 365 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de *Turpinia occidentalis*, Abril 2009, *Barcenás-Peña y Miranda* 891 (MEXU).

*Graphis puiggarii* (Müll. Arg.) Lücking, *Fieldiana Botany* 46 (1): 102 (2008).

Fig. 23F

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco. Lirelas errumpentes, irregularmente ramificadas, margen talino grueso lateral y apicalmente delgado, 1.5–3 mm de largo, 0.1–0.2 mm de ancho, labios estriados. Excípulo lateralmente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 8 por asca, muriformes, 25–30 × 10–12.5 µm, hialinas Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—*Graphis puiggarii* es similar a especies como *G. multisulcata* y *G. pseudoserpens* debido a que las tres poseen lirelas errumpentes con labios estriados y ascosporas muriformes. *G. multisulcata* posee un excípulo completamente carbonizado y ascosporas más grandes (hasta 60 µm) que *G. puiggarii* (hasta 30 µm). Por otra parte, *G. pseudoserpens* presenta un margen talino lateral y ascosporas más grandes (hasta 60 µm) que *G. puiggarii* que tiene ascosporas más pequeñas y un margen talino completo apicalmente delgado.

DISTRIBUCIÓN—**América:** *América del Sur:* Bolivia (Schiefelbein *et al.*, 2014), Brasil (Lücking *et al.*, 2008a; Archer, 2015), Colombia (Peláez *et al.*, 2013), Ecuador (Aptroot, 2015), Paraguay (Lücking *et al.*, 2008a); *América Central:* Costa Rica (Lücking *et al.*, 2008a); *América del Norte:* **México:** Veracruz. Nuevo registro nacional y para América del Norte.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Veracruz: San Andrés Tuxtla, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas (UNAM), próximo al tanque de agua, 18°35'8.6" N, 94°04'43.1" O, 207 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de *Pseudolmedia oxyphyllaria*, Enero 2009, *Barcenás-Peña y Miranda*

1797, 1801; próximo a la Laguna Zacatal, 18°35'04.7" N, 95°0.5'18.9" O, 252 m, sobre corteza de *Pseudolmedia oxyphyllaria*, Mayo 2011, *Barcenás-Peña* 1252 (MEXU).

***Graphis pyrrhocheiloides*** Zahlbr., *Catalogus Lichenum Universalis* 2: 321 (1923).

Fig. 23G

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco grisáceo. Lirelas inmersas a errumpentes, irregularmente ramificadas, margen talino lateral, 2–5 mm de largo, 0.2–0.3 mm de ancho, labios enteros, disco expuesto, blanco pruinoso. Excípulo lateralmente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 8 por asca, con 7–13 septos transversales, 25–50 × 6–9 µm, hialinas. Ácido norestíctico presente (CCF).

NOTAS—*Graphis pyrrhocheiloides* es similar a *G. scripta* porque ambas tienen lirelas inmersas-errumpentes e irregularmente ramificadas, con margen talino lateral, labios enteros, disco expuesto blanco pruinoso, excípulo lateralmente carbonizado e himenio no insperso, pero *G. pyrrhocheiloides* tiene ácido norestíctico y *G. scripta* carece de metabolitos secundarios.

DISTRIBUCIÓN—**Asia:** India (Adawadkar y Makhija, 2007; Chitale *et al.*, 2011), Malasia (Zahlbruckner, 1923), Tailandia (Lücking *et al.*, 2009a; Seavey *et al.*, 2014), Vietnam (Checklist of the Lichens of Vietnam, 2015); **Oceanía:** Australia (Aptroot, 2015); **América:** *América del Sur:* Brasil (Dal Forno, 2009; Cáceres *et al.*, 2014a; Feuerstein, 2014); *América del Norte:* EE. UU. (Seavey *et al.*, 2014), **México:** Jalisco. Nuevo registro nacional.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Jalisco: La Huerta, Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala, Estación de Biología Chamela (UNAM), próximo a la vereda Tejón, 19°30'31.5" N, 105°2'27.3" O, 87 m, bosque tropical estacionalmente seco, sobre corteza de *Apoplanesia paniculata*, Noviembre 2011, *Barcenás-Peña* 3654; sobre corteza de *Bursera sp.*, *Barcenás-Peña* 3673 (MEXU).

***Graphis rimulosa*** (Mont.) Trevis., *Spighe et Paglie*: 11 (1853).

Fig. 23H

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco. Lirelas de errumpentes a prominentes, no ramificadas, margen talino basal a lateral, 1–2 mm de largo, 0.2–0.5 mm de ancho, labios estriados. Excípulo completamente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 4–8 por asca, con 8–12 septos transversales, 30–45 × 7.5–10 µm, hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—*Graphis rimulosa* y *G. dupaxana* son muy parecidas, no obstante se distinguen fácilmente debido a que la primera tiene lirelas no ramificadas más cortas (hasta 2 mm de largo)

y ascosporas de hasta 45  $\mu\text{m}$  de longitud. Por su parte, *G. dupaxana* presenta lirelas irregularmente ramificadas que pueden medir hasta 3.5 mm y ascosporas de hasta 35  $\mu\text{m}$ .

**DISTRIBUCIÓN—Asia-Oceanía:** Indonesia (Aptroot, 2015); **Asia:** China (Seaward y Aptroot, 2005), Filipinas (Linsangan-Tabaquero *et al.*, 2013), India (GBIF, 2015), Taiwán (Aptroot, 2015), Vietnam (Aptroot y Sparrius, 2006; Joshi *et al.*, 2013b; Checklist of the Lichens of Vietnam, 2015); **Oceanía:** Australia (Archer, 2001, 2009; Lücking *et al.*, 2008a), Papúa Nueva Guinea (GBIF, 2015); **Europa:** Inglaterra (Wirth y Hale, 1978); **América:** *América del Sur:* Guyana (Lücking *et al.*, 2008a), Islas Galápagos (Bungartz *et al.*, 2010; Bungartz *et al.*, 2013), Uruguay (Osorio, 1972); *América Central:* Costa Rica (Lücking *et al.*, 2008a); *Caribe:* Dominica (Wirth y Hale, 1978), Jamaica (GBIF, 2015); *América del Norte:* EE. UU. (Lücking *et al.*, 2011, Seavey y Seavey, 2011), **México:** Fue descrita para Hidalgo por Wirth y Hale (1963). Nuevo registro para Veracruz.

**ESPECÍMENES EXAMINADOS—** México. Veracruz: San Andrés Tuxtla, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas (UNAM), próximo a la vereda Vigía 5, 18°35'8.6" N, 95°4'46.5" O, 242 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de *Pseudolmedia oxyphyllaria*, Enero 2009, *Barcenás-Peña y Miranda* 1775; Catemaco, Ejido Adolfo López Mateos, Selva del Marinero, 18°26'1.4" N, 94°57'56.8" O, 300 m, sobre corteza de *Persea schiedeana*, Abril 2009, *Barcenás-Peña y Miranda* 893 (MEXU).

***Graphis robertusii*** Barcenás-Peña, Herrera-Campos & R. Miranda, Rev. Mex. Biodivers. 86: 561 (2015).

Fig. 16C–D

**TIPO:** MÉXICO. Veracruz: Catemaco, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Selva del Marinero, Ejido Adolfo López Mateos, 18°26'1.4" N, 94°57'56.8" O, 300 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de *Lauraceae* no identificada, Abril 2009, *Barcenás-Peña* 839 (holotipo, MEXU).

**DESCRIPCIÓN:** *Talo* corticícola, 1–3 cm de diámetro, 50–100  $\mu\text{m}$  de grosor, continuo, superficie lisa, gris verdoso pálido, protalo ausente. Talo con corteza superior gruesa y cartilaginosa, capa algal irregular y cristales de oxalato de calcio. *Apotecio* lireliforme, flexuoso, parcialmente ramificado, errumpente, 3–7 mm de largo, 0.1–0.2 mm de ancho, 0.1–0.2 mm de alto; *disco* cerrado, margen propio grueso; *labios* enteros, blancos, pruinosos, con margen talino lateral, del mismo color que el talo y separado del excípulo (margen doble); *excípulo* entero, completamente carbonizado, 50–70  $\mu\text{m}$  de ancho, negro, lateralmente cubierto por el talo y cristales de oxalato de calcio, parte basal interna café; *hipotecio* prosoplectenquimatoso, 20–30  $\mu\text{m}$  de alto, de incoloro a pálido-amarillento; *himenio* 90–120  $\mu\text{m}$  de alto, incoloro, inspersión

tipo A (Lücking, 2009a); *paráfisis* hialinas, no ramificadas; *epitecio* granuloso, 10–20 µm de alto, café; *ascas* fusiformes, 80–90 × 10–20 µm; *ascosporas* 4–8 por asca, fusiformes, con 7–9 septos transversales, 30–40 × 7–9 µm, 5–6 veces más largas que anchas, hialinas. *Metabolitos secundarios* (CCF): ácidos estíctico, salazínico y conestíctico (accesorio). *Sustrato*: corteza de ramas de dosel de *Lauraceae* no identificada, *Clarisia biflora*, *Pseudolmedia oxyphyllaria*, *Cojoba arborea*, *Croton schiedeanus* y *Pleuranthodendron lindenii*.

COMENTARIOS TAXONÓMICOS: La combinación de caracteres morfológicos, anatómicos, así como su hábitat ubican a *Graphis robertusii* dentro del grupo de *G. scripta* cuyas especies se desarrollan en sitios semiexpuestos a baja altitud entre 0-1000 m (Lücking *et al.*, 2008a), condiciones ecológicas que concuerdan con aquellas de los sitios donde la nueva especie fue recolectada. *G. robertusii* se caracteriza químicamente por la presencia de ácidos estíctico, salazínico y en ocasiones ácido conestíctico, lo que la convierte en la primera especie con esta combinación química dentro del grupo *G. scripta*. Actualmente, este grupo está conformado por 42 especies, sin embargo, Lücking (2012) estima que podría alcanzar las 90 especies. Es interesante mencionar que la combinación de caracteres presentados por *G. robertusii*: disco cerrado con pruina, excípulo completamente carbonizado y esporas transversalmente septadas, se acerca estrechamente a una de las especies esperadas en el estudio de Lücking (2012), con excepción que *G. robertusii* se caracteriza por presentar ácido estíctico (mayor) mientras que en la especie más cercana presentaría ácido norestíctico.

Las especies del grupo mencionado más similares a *Graphis robertusii* son: *G. aperiens*, *G. arbusculaeformis*, *G. descissa*, *G. discarpa*, *G. gonimica* y *G. imshaugii*. Estas especies poseen ascosporas transversalmente septadas y excípulo completamente carbonizado de la misma manera que la especie aquí descrita, sin embargo, se diferencian de esta al menos en dos caracteres. El himenio de *G. robertusii* es insperso, mientras que en *G. descissa*, *G. caesiocarpa* y *G. imshaugii* es no insperso. Los labios de *G. arbusculaeformis*, *G. descissa* y *G. gonimica* carecen de pruina contrastando con los labios de *G. robertusii*. Por otro lado, el margen talino lateral separado del excípulo (margen doble) es una característica especial que solo presentan dos especies del grupo: *G. imshaugii* y *G. robertusii*.

Las especies comparadas tienen cinco combinaciones químicas distintas, siendo *Graphis robertusii* la que presenta un mayor número de metabolitos. *G. imshaugii* tiene los ácidos estíctico y conestíctico; *G. aperiens*, *G. caesiocarpa* y *G. gonimica* solo presentan ácido norestíctico, *G.*

*descissa* el metabolito secundario principal es el ácido estíctico y *G. arbusculaeformis* carece de metabolitos secundarios.

Finalmente, *Graphis discarpa* no pertenece al grupo *G. scripta* (Lücking, 2012), no obstante es parecida a *G. robertusi*, entre otras cosas, por la presencia de lirelas con margen doble, mientras que los caracteres que las separan son el himenio, no insperso en *G. discarpa* e insperso en *G. robertusii*, y la diferente combinación química.

ETIMOLOGÍA: Esta especie es nombrada en honor al Dr. Robert Lücking, mentor y colaborador, por su constante apoyo y su importante contribución al desarrollo de la liquenología en México.

***Graphis rosae-emiliae*** Barcenas-Peña & Lücking, *Lichenologist* 46: 74 (2014).

Fig. 16E–F

Ver descripción en apéndice.

***Graphis sayeri*** Müll. Arg. *Regensburg* 70: 401 (1887).

Fig. 24A

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco verdoso. Lirelas inmesas, no ramificadas a parcialmente ramificadas, margen talino basal, 1–1.5 mm de largo, 0.08–0.2 mm de ancho, labios enteros cubiertos con pruina blanca. Excípulo apicalmente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 8 por asca, con 9–13 septos transversales,  $35\text{--}47.5 \times 7.5\text{--}10 \mu\text{m}$ , hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—*Graphis sayerii* es muy parecida a *G. epimelaena*. Se distinguen porque *G. sayerii* tiene el disco cerrado y ascosporas ligeramente más pequeñas (50  $\mu\text{m}$  de largo) que *G. epimelaena* (60  $\mu\text{m}$  de largo) y disco ligeramente abierto.

DISTRIBUCIÓN—**Oceanía:** Australia (Archer, 1999, 2001, 2009; Lücking *et al.*, 2008a);

**América:** *América del Sur:* Honduras (GBIF, 2015), Paraguay (Lücking *et al.*, 2009a); *América del Norte:* **México.** Jalisco. Nuevo registro nacional y para América del Norte.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Jalisco: La Huerta, Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala, Estación de Biología Chamela (UNAM), próximo a la vereda Calandria, 19°30'11.2" N, 105°1'58" O, 153 m, bosque tropical estacionalmente seco, sobre corteza de *Cordia alliodora*, Septiembre 2011, Barcenas-Peña 3474 (MEXU).



*Graphis scripta* (L.) Ach., Kongliga Vetenskaps Academiens Nya Handlingar 30: 145 (1809).

Fig. 24B

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco grisáceo. Lirelas inmersas a errumpentes, parcialmente ramificadas, margen talino lateral, 1–5 mm de largo, 0.2–0.3 mm de ancho, labios enteros, disco abierto. Excípulo lateralmente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 8 por asca, con 5–13 septos transversales, 25–45 × 6–9 µm, hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—*Graphis scripta* podría ser confundida con *G. modesta*. No obstante, se pueden observar claramente sus diferencias en el excípulo lateralmente carbonizado y las ascosporas más grandes de *G. scripta* (25–45 × 6–9 µm, con 5–13 septos), mientras que en *G. modesta* presenta un excípulo completamente carbonizado ascosporas mas pequeñas (20–28 × 6–8 µm, con 6–8 septos) y ácido estictico. Cabe mencionar, que en el bosque mesófilo de montaña de El Cielo, solo se recolectó un ejemplar de esta especie en el que no se observaron ascosporas, no obstante el resto de los caracteres y la amplia distribución geográfica de la especie parece indicar que se trata de *G. scripta*.

DISTRIBUCIÓN—**Asia-Europa:** Rusia (GBIF, 2015); **Asia:** Corea (Joshi *et al.*, 2013a), Japón (GBIF, 2015), India (GBIF, 2015), Pakistán (Aptroot, 2015), Vietnam (Checklist of the Lichens of Vietnam, 2015); **Oceanía:** Hawái (GBIF, 2015), Tasmania (Kantvilas, 1989); **África:** Sur de África (GBIF, 2015); **Europa:** Alemania (Staiger, 2002), Austria (Staiger, 2002), Azores (GBIF, 2015), España (GBIF, 2015), Estonia (GBIF, 2015), Finlandia (Staiger, 2002), Grecia (GBIF, 2015), Inglaterra (GBIF, 2015), Irán (GBIF, 2015), Irlanda (GBIF, 2015), Italia (GBIF, 2015), Noruega (GBIF, 2015), Polonia (GBIF, 2015), Suecia (Staiger, 2002; Lücking *et al.*, 2008a, 2009; Aptroot, 2015), Turquía (GBIF, 2015); **América:** *América del Sur:* Chile (GBIF, 2015), Colombia (Rincón-Espitia y Lücking, 2011), Guyana (GBIF, 2015), Uruguay (Osorio, 1972); *América Central:* Costa Rica (Lücking *et al.*, 2008a, 2009a); *América del Norte:* Alaska (GBIF, 2015), Canadá (Staiger, 2002), EE. UU. (Hansen *et al.*, 2008; Seavey y Seavey, 2011; Perlmutter *et al.*, 2012), **México:** Fue reportada para Michoacán (Bouly de Lesdain (1914) como *Opegrapha recta* y en Yucatán por Hedrick (1935). Staiger y Kalb (2004) la reportaron para Chihuahua. Es nuevo registro para Jalisco, Veracruz y Tamaulipas.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Veracruz: San Andrés Tuxtla, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas (UNAM), próximo al tanque de agua, 18°35'8.6" N, 95°4'46.5"O, 242 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de un fororofito no identificado, Enero 2009, *Barcenás-Peña y Miranda* 1715.

Jalisco: La Huerta, Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala, Estación de Biología Chamela (UNAM), próximo al arroyo Hornitos, 19°30'53.9" N, 105°2'6.2" O, 53 m, bosque tropical estacionalmente seco, sobre corteza de *Guapira macrocarpa*, Junio 2011, *Barcenás-Peña* 3783; 19°31'1.5" N, 105°2'9" O, 75 m, sobre corteza de *Croton sp.*, *Barcenás-Peña* 3789. Tamaulipas: Gómez Farías, Reserva de la Biósfera El Cielo, Rancho El Cielo, 23°06'9.23" N, 99°11'32.2" O, 1222 m, bosque mesófilo de montaña, sobre corteza de *Eugenia capuli*, Mayo 2010, *Barcenás-Peña* 1072 (todos en MEXU).

***Graphis striatula*** (Ach.) Spreng., Syst. Veg. Lich. 4: 250 (1827).

Fig. 24C

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco. Lirelas prominentes, irregularmente ramificadas, sin margen talino a basal, 1–2 mm de largo, 0.2–0.3 mm de ancho, labios estriados. Excípulo lateralmente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 8 por asca, con 9–12 septos transversales, 45–55 × 7.5–10 µm, hialinas Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—Müller (1887) separó *Graphis striatula* var. *sublaevis* como *G. duplicata* de *G. striatula* porque la primera presentaba lirelas errumpentes y la segunda lirelas prominentes. Wirth y Hale (1963) apoyan la propuesta de Müller, ya que *G. duplicata* (*G. striatula* var. *sublaevis*) y *G. striatula* son distinguibles por la morfología de sus lirelas (*G. duplicata* parcialmente ramificadas, 1–6 cm de largo; *G. striatula* parcialmente a radialmente ramificadas 1–3 cm de largo) así como por el número de septos y el tamaño de sus ascosporas (*G. duplicata* 7–11 septos, 25–45 × 6–8 µm; *G. striatula* 9–15 septos, 40–60 × 8–12 µm). Los ejemplares de *G. striatula* estudiados aquí presentan lirelas prominentes irregularmente ramificadas y esporas de 45–55 × 7.5–10 µm con 9–12 septos, mientras que *G. duplicata* tiene lirelas errumpentes no ramificadas a parcialmente ramificadas y esporas de 25–35 × 7.5–10 µm y 7–10 septos transversales.

DISTRIBUCIÓN—**Asia:** Filipinas (Staiger, 2002; Linsangan-Tabaquero *et al.*, 2013), Japón (GBIF, 2015), Vietnam (Checklist of the Lichens of Vietnam, 2015); **Oceanía:** Australia (Archer, 2009), Hawái (Staiger, 2002), Papúa Nueva Guinea (GBIF, 2015); **África:** Guinea (Staiger, 2002), Sierra Leona (GBIF, 2015); **América:** *América del Sur:* Brasil (Staiger, 2002; Cáceres, 2007; Dal-Forno, 2009; Lücking *et al.*, 2009a; Feuerstein, 2014), Guyana (Lücking *et al.*, 2009a), Guayana Francesa (GBIF, 2015), Islas Galápagos (GBIF, 2015); *América Central:* Costa Rica (Lücking *et al.*, 2008a), Panamá (van den Boom y Sipman, 2013); *Caribe:* Haití (GBIF, 2015), Puerto Rico (Staiger, 2002), República Dominicana (Staiger, 2002); *América del Norte:* EE. UU. (Staiger, 2002; Seavey y Seavey, 2011), **México:** Fue registrada próximo a

Orizaba (Puebla/Veracruz) por Nylander (1858) con dos variedades, var. *sublaevis* y var. *pulverulenta*. Pérez-Pérez *et al.* (2015) la reportaron para Veracruz.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Veracruz: Catemaco, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Ejido Adolfo López Mateos, Selva del Marinero, 18°26'1.4" N, 94°57'56.8" O, 300 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de *Lauraceae* no identificada, Abril 2009, *Barcenás-Peña y Miranda* 896, 897 (MEXU).

***Graphis subdisserpens*** Nyl., Bull. Soc. Linn, Normandie 7: 175 (1873).

Fig. 24D

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, grisáceo. Lirelas inmersas a errumpentes, no ramificadas, margen talino lateral, 0.4–0.6 mm de largo, 0.1–0.2 mm de ancho, labios enteros. Excípulo completamente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 6 por asca, con 11–13 septos transversales, 50–70 × 7.5–12 µm, hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—*Graphis subdisserpens* y *G. palmicola* son parecidas, aunque la primera presenta ascosporas más grandes (de hasta 65 µm de longitud) que la segunda (hasta 32.5 µm de longitud).

Asimismo, las lirelas de *G. subdisserpens* tienen disco cerrado y de *G. palmicola* disco abierto.

DISTRIBUCIÓN—**Asia-Oceanía:** Indonesia (Shumm y Aptroot, 2012); **Asia:** Filipinas (Linsangan-Tabaquero *et al.*, 2013), India (Lücking *et al.*, 2009a; Sethy *et al.*, 2012), Tailandia (Sethy *et al.*, 2012); **Oceanía:** Australia (Lücking *et al.*, 2009a); **América:** *América del Sur:* Colombia (Salas *et al.*, 2014); *América del Norte:* **México:** Veracruz. Nuevo registro nacional y para América del Norte.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Veracruz: San Andrés Tuxtla, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas (UNAM), próximo a la Laguna Zacatal, 18°35'4.7" N, 95°5'18.9" O, 252 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de un forofito no identificado, Mayo 2011, *Barcenás-Peña* 4622 (MEXU).

***Graphis subimmersa*** (Fée) A. Massal., Memor. Liche.: 111 (1853)

Fig. 24E

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco verdoso. Lirelas errumpentes, no ramificadas, margen talino basal, 0.8–1 mm de largo, 0.1–0.2 mm de ancho, labios enteros. Excípulo completamente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 6–8 por asca, con 11–12 septos transversales, 57.5–62.5 × 10–12.5 µm, hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—*Graphis subimmersa* forma parte del grupo 7 de este estudio, la especie más similar a ella es *G. immersicans*. Esta tiene lirelas irregularmente ramificadas y ascosporas más pequeñas

de hasta 32.5  $\mu\text{m}$  de largo, mientras que las lirelas de *G. subimmersa* no son ramificadas, aunque podrían llegar a ramificarse y sus ascosporas son más grandes de hasta 70  $\mu\text{m}$  de largo.

**DISTRIBUCIÓN—Oceanía:** Australia (Archer 2006, 2009); **América:** *América del Sur:* Brasil (Dal Forno, 2009), Venezuela (Dal Forno, 2009), sin datos exactos de localidad (Lücking *et al.*, 2009a); *América del Norte:* **México:** Veracruz. Nuevo registro nacional y para América del Norte.

**ESPECÍMENES EXAMINADOS—México.** Veracruz: San Andrés Tuxtla, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas (UNAM), próximo a la Laguna Zacatal, 18°35'0.5" N, 95°5'22.2" O, 246 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de un forofito no identificado, Mayo 2011, *Barcenas-Peña* 4623 (MEXU).

*Graphis submarginata* Lücking, Fieldiana Botany 46: 112 (2008).

Fig. 24F

**DIAGNOSIS—**Talo corticado, liso, blanco grisáceo. Lirelas errumpentes, raramente ramificadas, margen talino lateral, 1–3 mm de largo, 0.1–0.2 mm de ancho, labios enteros, disco expuesto blanco pruinoso. Excípulo lateralmente carbonizado. Himenio insperso (tipo A). Ascosporas 8 por asca, con 5–9 septos transversales, 25–35  $\times$  6–8  $\mu\text{m}$ , hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).

**NOTAS—**Particularmente se observó que en Chamela los ejemplares de *Graphis submarginata* tienen el disco ligeramente cerrado. *G. submarginata* es similar a *G. scripta*, pero esta última tiene el himenio no insperso, mientras que en *G. submarginata* este es insperso.

**DISTRIBUCIÓN—Asia-Oceanía:** Indonesia (Lücking *et al.*, 2008a); **América:** *América del Sur:* Brasil (Cáceres, 2007; Käffer *et al.*, 2010); *América Central:* Costa Rica (Lücking *et al.*, 2008a); *América del Norte:* **México:** Jalisco. Nuevo registro nacional y para América del Norte.

**ESPECÍMENES EXAMINADOS—México.** Jalisco: La Huerta, Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala, Estación de Biología Chamela (UNAM), próximo al arroyo Hornitos, 19°30'56.1" N, 105°2'7.2" O, 59 m, bosque tropical estacionalmente seco, sobre corteza de *Cordia alliodora*, Junio 2011, *Barcenas-Peña* 2039, próximo a la vereda Búho, 19°29'57.2" N, 105°2'14.2" O, 83 m, sobre corteza de un forofito no identificado, Noviembre 2008, *Barcenas-Peña* 920 (MEXU).

*Graphis subradiata* (Nyl.) Lücking, Lichenologist 41 (4): 441 (2009).

Fig. 24G

**DIAGNOSIS—**Talo corticado, liso, blanco verdoso. Lirelas errumpentes, no ramificadas a irregularmente ramificadas, margen talino lateral grueso y apicalmente delgado, 1.5–4 mm de

largo, 0.2–0.3 mm de ancho, labios estriados. Excípulo completamente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 1 por asca, muriformes,  $50\text{--}62.5 \times 15\text{--}20 \mu\text{m}$ . Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—*Graphis subradiata* podría ser confundida con *G. glauconigra* ya que ambas comparten varias características de las lirelas, como su longitud (1 a 4 mm), margen talino completo delgado apicalmente, labios estriados, excípulo completamente carbonizado e himenio no insperso. Sin embargo, con respecto a las ascosporas la diferencia es obvia entre estas dos especies, *G. glauconigra* presenta ascosporas septadas de hasta  $52.5 \mu\text{m}$  (4–8 por asca) y *G. subradiata* tiene ascosporas muriformes de hasta  $32 \mu\text{m}$  (1 por asca).

DISTRIBUCIÓN—**América:** *América del Sur:* Bolivia (Schiefelbein *et al.*, 2014), Brasil (Lücking *et al.*, 2008a, 2009a; Rincón-Espitia y Lücking, 2011), Colombia (Lücking *et al.*, 2008a, 2009a); *América del Norte:* **México:** Tamaulipas. Nuevo registro nacional y para América del Norte.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Tamaulipas: Gómez Farías, Reserva de la Biósfera El Cielo, Rancho El Cielo,  $23^{\circ}06'9.23'' \text{N}$ ,  $99^{\circ}11'32.2'' \text{O}$ , 1222 m, bosque mesófilo de montaña, sobre corteza de *Columbrina elliptica*, Mayo 2010, *Barcenás-Peña* 1073; sobre corteza de *Eugenia capuli*, *Barcenás-Peña* 1071 (MEXU).

*Graphis subtecta* (Nyl.) Lücking, Lichenologist 41 (4): 79 (2009).

Fig. 24H

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco verdoso. Lirelas errumpentes, irregularmente ramificadas, margen talino apical delgado, 1–1.5 mm de largo, 0.1–0.2 mm de ancho, labios enteros. Excípulo completamente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 2–8 por asca, muriformes,  $25\text{--}32.5 \times 7.5\text{--}12.5 \mu\text{m}$ , hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—*Graphis subtecta* se asemeja a *G. plurispora*. Esta última tiene margen talino lateral y de 4 a 6 ascosporas por asca. *G. subtecta* tiene margen talino apical delgado y ascosporas que pueden llegar hasta 8 por asca.

DISTRIBUCIÓN—**América:** *América del Sur:* Brasil (Cáceres *et al.*, 2014a), Colombia (Lücking *et al.*, 2009a; Rincón-Espitia y Lücking, 2011); *América del Norte:* **México:** Veracruz. Nuevo registro nacional y para América del Norte.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Veracruz: San Andrés Tuxtla, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas (UNAM), próximo a la Laguna Zacatal,  $18^{\circ}35'3.5'' \text{N}$ ,  $95^{\circ}5'14.3'' \text{O}$ , 250 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de *Eugenia mexicana*, Mayo 2011, *Barcenás-Peña* 1255 (MEXU).

*Graphis cf. subvirginea* Nyl., Transactions of the Linnaean Society of London 25: 452 (1866).

Fig. 25A

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco grisáceo. Lirelas errumpentes, radialmente ramificadas, margen talino lateral a completo, 3–3.5 mm de largo, 0.1–0.2 mm de ancho, labios enteros. Excípulo completamente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 8 por asca, con 7–11 septos transversales,  $27.5\text{--}32.5 \times 7.5\text{--}10 \mu\text{m}$ , hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—*Graphis cf. subvirginea* esta representada en este estudio por un solo ejemplar un poco dañado, y sus características no coinciden completamente con la descripción de *G. subvirginea* (Lücking *et al.*, 2008a) en lo que referente a la ramificación de las lirelas ya que *G. subvirginea* presenta lirelas raramente ramificadas y *G. cf. subvirginea* tiene lirelas radialmente ramificadas.

DISTRIBUCIÓN—**América:** *América del Sur:* Brasil (Lücking *et al.*, 2008a), Colombia (Rincón-Espitia y Lücking, 2011); *América Central:* Costa Rica (Lücking *et al.*, 2008a); *América del Norte:* México: Jalisco. Nuevo registro nacional y para América del Norte.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Jalisco: La Huerta, Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala, Estación de Biología Chamela (UNAM), próximo a la vereda Búho,  $19^{\circ}29'57.9''$  N,  $105^{\circ}2'18.1''$  O, 58 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de un forofito no identificado, Noviembre 2008, *Barcenás-Peña* 927 (MEXU).

*Graphis cf. symplecta* Nyl., Ann. Sci. Nat., Bot., Sér 4, 20: 263 (1863).

Fig. 25B

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, verde blanquesino. Lirelas errumpentes, irregularmente ramificadas, margen talino lateral a completo, apicalmente delgado, 5–4 mm de largo, 0.4–0.5 mm de ancho, labios estriados. Excípulo apical a periféricamente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas no presentes: Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—Esta especie solo se encontró una vez en la Reserva de Los Tuxtlas y, aunque el ejemplar recolectado no presenta ascosporas, el resto de las características corresponden con *Graphis symplecta*. Esta especie por su apariencia podría ser confundida con *G. multisulcata*. Sin embargo, el excípulo es apicalmente carbonizado, el himenio no insperso y las ascosporas transversalmente septadas en *G. symplecta*, mientras que en *G. multisulcata* el excípulo esta completamente carbonizado, el himenio es insperso y las ascosporas son muriformes.

DISTRIBUCIÓN—**América:** *América del Sur:* Brasil (Staiger, 2002), Colombia (Lücking *et al.*, 2008a; Rincón-Espitia y Lücking, 2011); *América Central:* Costa Rica (Lücking *et al.*, 2008a),

Panamá (van den Boom y Sipman, 2013); *Caribe*: San Vicente y las Granadinas, Indias Occidentales (GBIF, 2015); *América del Norte*: **México**: Veracruz. Nuevo registro nacional y para América del Norte.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Veracruz: Catemaco, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Ejido Adolfo López Mateos, Selva del Marinero, 18°26'1.4" N, 94°57'56.8" O, 300 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de *Lauraceae* no identificada *Barcenas-Peña y Miranda* 894 (MEXU).

***Graphis cf. syzigii*** Aptroot, *Lichenologist* 41 (4): 441 (2009).

Fig. 25C

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco verdoso. Lirelas errumpentes a prominentes, no ramificadas a irregularmente ramificadas, margen talino basal a lateral, 2–4 mm de largo, 0.2–0.4 mm de ancho, labios estriados. Excípulo completamente carbonizado. Himenio insperso. Ascosporas 8 por asca, con (8) 9–12 septos transversales, 22.5–50 × 5–7.5 µm, hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—*Graphis syzigii* es semejante a *G. rosae-emiliae*. Ambas presentan labios estriados, excípulo completamente carbonizado, himenio insperso y ascosporas septadas transversalmente. *G. syzigii* fue descrita originalmente con ácido estético y ascosporas de 25–35 × 5–7 µm con 9–13 septos (Lücking *et al.*, 2009a), sin embargo, en las muestras recolectadas tanto en Los Tuxtlas como en el Cielo, no se observó ningún metabolito secundario. No obstante, estos dos caracteres (presencia de ácido estético y tamaño de las ascosporas) la diferencian de *G. rosae-emiliae*, la cual no presenta ninguna sustancia secundaria como se describe originalmente (Barcenas-Peña *et al.*, 2014) y las ascosporas son ligeramente más grandes de 45–55 × 5–10 µm y 9–13 septos.

DISTRIBUCIÓN—**América**: *América Central*: Costa Rica (Lücking *et al.*, 2009a); *América del Norte*: **México**: Veracruz y Tamaulipas. Nuevo registro nacional y para América del Norte.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Veracruz: San Andrés Tuxtla, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas (UNAM), próximo al tanque de agua, 18°35'8.2" N, 95°4'37.4" O, 176 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de *Pseudolmedia oxyphyllaria*, Enero 2009, *Barcenas-Peña y Miranda* 1851, 1854. Tamaulipas: Gómez Farías, Reserva de la Biósfera El Cielo, Rancho El Cielo, 23°06'9.23" N, 99°11'32.2" O, 1222 m, bosque mesófilo de montaña, sobre corteza de *Bernardia interrupta*, Mayo 2010, *Barcenas-Peña* 1053; sobre corteza de *Liquidambar styraciflua*, *Barcenas-Peña* 1054 (todas en MEXU).

***Graphis tejonensis*** Barcenas-Peña, R. Miranda & Lücking *sp. nov.* (*ined.*).

Fig. 17A–B

TIPO: MÉXICO. Jalisco: La Huerta, Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala, Estación de Biología Chamela (UNAM), próximo a la vereda Tejón, 19°30'10.45" N, 105°02'49.03" O, 57 m, selva baja caducifolia, sobre corteza de *Lonchocarpus sp.*, Mayo 2010, *Miranda 2197* (Holotipo, MEXU).

DESCRIPCIÓN: *Talo* corticícola, 2–3.5 cm de diámetro, 130–150  $\mu\text{m}$  de grosor, continuo, superficie lisa, blanco, protalo presente. Talo ecorticado, capa algal irregular y cristales de oxalato de calcio. *Apotecio* lireliforme, flexuoso, irregularmente ramificado, inmerso a errumpente, 1.5–2.5 mm de largo, 0.1–0.2 mm de ancho, 0.1–0.2 mm de alto; *disco* abierto con pruina, margen propio grueso; *labios* enteros, negros, pruinosos, con margen talino lateral; *excípulo* entero, apicalmente carbonizado, 20–27.5  $\mu\text{m}$  de ancho, negro, lateralmente cubierto por el talo y cristales de oxalato de calcio, parte basal interna café; *hipotecio* prosoplectenquimatoso, 40–50  $\mu\text{m}$  de alto, de incoloro a pálido amarillento; *himenio* 115–140  $\mu\text{m}$  de alto, incoloro, no insperso; *paráfisis* hialinas, no ramificadas; *epitecio* granuloso, 15–20  $\mu\text{m}$  de alto, café oscuro; *ascas* elipsoides, 70–90  $\times$  12–20  $\mu\text{m}$ ; *ascosporas* 6–8 por asca, fusiformes, con 10–12 septos transversales, 30–42.5  $\times$  7–10  $\mu\text{m}$ , 4–6 veces más largas que anchas, hialinas. *Metabolitos secundarios* (CCF): ácido norestíctico.

COMENTARIOS TAXONÓMICOS: La especie más similar a *Graphis tejonensis* es *G. alboglaucescens*. Ambas presentan lirelas inmersas con margen talino lateral, irregularmente ramificadas con el disco expuesto blanco pruinoso y ácido norestíctico. Sin embargo, las lirelas de *G. alboglaucescens* son inmersas, de 0.5–2 mm de largo y sus ascosporas muy pequeñas de 15–25  $\times$  4–5  $\mu\text{m}$ . En contraste, las lirelas de *G. tejonensis* son de inmersas a errumpentes, ligeramente más grandes ya que pueden sobrepasar los 2 mm de largo, asimismo, las ascosporas en esta especie son más grandes 30–42.5  $\times$  7–10  $\mu\text{m}$ .

ETIMOLOGÍA: El nombre de esta especie se debe al sitio de recolecta, ya que fue encontrada en sitios próximos a la vereda nombrada Tejón, dentro de la Estación de Biología de Chamela, Jalisco.

***Graphis tenella*** Ach., Syn. Meth. Lich. 81 (1814).

Fig. 25D

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco. Lirelas errumpentes, no ramificadas a parcialmente ramificadas, margen talino lateral, 1–3.5 mm de largo, 0.1–0.2 mm de ancho, labios estriados. Excípulo lateralmente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 8 por asca, con 5–6 septos transversales, 25–27.5  $\times$  5–7  $\mu\text{m}$ , hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).



NOTAS—Ver notas de *Graphis cf. leptoclada*.

DISTRIBUCIÓN—**Asia:** Filipinas (Linsangan-Tabaquero *et al.*, 2013), Japón (GBIF, 2015), India (Lücking *et al.*, 2009a), Singapur (GBIF, 2015), Vietnam (Checklist of the Lichens of Vietnam, 2015); **Oceanía:** Australia (Archer, 2001, 2009), Hawái (GBIF, 2015), Papúa Nueva Guinea (Aptroot, 2015); **África:** Guinea (Staiger, 2002; Archer, 2001; Lücking *et al.*, 2009a); **América:** *América del Sur:* Brasil (Cáceres, 2007), Colombia (Rincón-Espitia y Lücking, 2011), Islas Galápagos (Bungartz *et al.*, 2010; Bungartz *et al.*, 2013), Perú (Rivas Plata y Lücking, 2013); *América Central:* Costa Rica (Lücking *et al.*, 2008a), Panamá (van den Boom y Sipman, 2013); *Caribe:* Jamaica (Staiger, 2002; Lücking *et al.*, 2009a), Saba, Antillas Holandesas (Aptroot, 2015), Trinidad y Tobago (GBIF, 2015); *América del Norte:* EE. UU. (GBIF, 2015; Seavey y Seavey, 2011), **México:** Fue reportada para Chiapas por Müller (1894) y para Veracruz por Pérez-Pérez *et al.* (2015).

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Veracruz: San Andrés Tuxtla, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas (UNAM), próximo al tanque de agua, 18°35'8.2" N, 94°04'37.4" O, 176 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de *Pseudolmedia oxyphyllaria*, Enero 2009, *Barcenás-Peña y Miranda* 903; próximo a la laguna Zacatal, 18°35'7.1" N, 95°05'23.4" O, 242 m, sobre corteza de un forofito no identificado, Mayo 2011, *Barcenás-Peña* 2053 (MEXU).

***Graphis tuxtensis*** Barcenás-Peña & Herrera-Campos *sp. nov.* (*ined.*).

Fig. 17C–D.

TIPO: MÉXICO. Veracruz: San Andrés Tuxtla, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas (UNAM), próximo a la Laguna Zacatal, 18°35'7.1" N, 95°05'23.4" O, 242 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de *Orthion oblanceolatum*, Mayo 2008, *Barcenás-Peña* 1238 (Holotipo, MEXU).

DESCRIPCIÓN: *Talo* corticícola, 1–2 cm de diámetro, 50–100 µm de grosor, continuo, superficie lisa, blanco verdoso, protalo presente. Talo con corteza superior gruesa y cartilaginosa, capa algal irregular y cristales de oxalato de calcio. *Apotecio* lireliforme, ligeramente flexuoso, no ramificada, errumpente, 1–2 mm de largo, 0.3–0.4 mm de ancho, 0.1–0.2 mm de alto; *disco* cerrado, margen propio grueso; *labios* estriados, negros, con margen talino lateral grueso y delgado apicalmente; *excípulo* entero, lateralmente carbonizado, 40–50 µm de ancho, negro, lateralmente cubierto por el talo y cristales de oxalato de calcio, parte basal interna clara; *hipotecio* prosoplectenquimatoso, 20–30 µm de alto, de incoloro a pálido amarillento; *himenio* 80–100 µm de alto, insperso; *paráfisis* hialinas, no ramificadas; *epitecio* granuloso, 10–15 µm de alto, café oscuro; *ascas* fusiformes, 70–90 × 12–25 µm; *ascosporas* 8 por asca, fusiformes, con

9–11 septos transversales,  $30\text{--}50 \times 7\text{--}8 \mu\text{m}$ , 4–6 veces más largas que anchas, hialinas.

*Metabolitos secundarios* (CCF): Ninguna sustancia detectada.

COMENTARIOS TAXONÓMICOS: *Graphis tuxtlensis* es una especie con características especiales principalmente debido a la presencia de lirelas con labios estriados, excípulo lateralmente carbonizado, himenio insperso y ascosporas transversalmente septadas. Estos caracteres ponen a *G. tuxtlensis* fuera de alguno de los 20 grupos separados por Lücking *et al.* (2009a). No obstante, *G. tuxtlensis* podría ubicarse junto con *G. duplicatoinspersa*, que es actualmente la única especie con las características antes mencionadas, formando un nuevo grupo. *G. tuxtlensis* se diferencia de *G. duplicatoinspersa* porque la primera posee lirelas errumpentes ligeramente más cortas de 1–2 mm de largo, así como ascosporas marcadamente más grandes de hasta  $50 \mu\text{m}$  de largo, mientras que en *G. duplicatoinspersa* las lirelas pueden ser errumpentes a prominentes de hasta 3 mm de largo y las ascosporas pueden medir hasta  $35 \mu\text{m}$  de largo.

ESPECÍMENES EXAMINADOS: México. Veracruz: San Andres Tuxtla, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas (UNAM), próximo a la Laguna Zacatal,  $18^{\circ}35'7.1''$  N,  $95^{\circ}05'23.4''$  O, 242 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de *Orthion oblanceolatum*, Mayo 2008, Barcenas-Peña 4615;  $18^{\circ}35'03.5''$  N,  $95^{\circ}05'14.10''$  O, 300 m, sobre corteza de *Eugenia mexicana*, Mayo 2008, Barcenas-Peña 1238 (Paratipos, MEXU).

ETIMOLOGÍA: El nombre de esta especie se debe al sitio de recolecta, debido a que fue hallada en los terrenos de la Estación de Biología tropical de Los Tuxtlas, Veracruz.

*Graphis urandrae* Vain., Annal. Acad. Scient. Fennic., ser A. 15: 255 (1921).

Fig. 25E

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, gris. Lirelas prominentes, parcialmente ramificadas, margen talino lateral, 1–4 mm de largo, 0.1–0.2 mm de ancho, labios enteros. Excípulo lateralmente carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 8 por asca, con 5–9 septos transversales,  $20\text{--}30 \times 6\text{--}8 \mu\text{m}$ , hialinas. Ninguna sustancia detectada (CCF).

NOTAS—*Graphis urandrae* es similar a *G. chamelensis* y a *G. oxyclada* principalmente por las lirelas prominentes con labios enteros e himenio no insperso. Sin embargo, las dos últimas presentan lirelas con excípulo completamente carbonizado y ascosporas con más septos (7–10 y 9–11 respectivamente), mientras que *G. urandrae* tiene un excípulo lateralmente carbonizado y

ascosporas con menos septos (5–9). Por otro lado, *G. urandrae* presenta ácido norestictico como *G. chamelensis*, pero difiere de *G. oxyclada* la que carece de sustancias secundarias.

**DISTRIBUCIÓN—Asia:** Filipinas (Lücking *et al.*, 2009a), India (Adawadkar y Makhija, 2007); **América:** *América del Sur:* Bolivia (Kukwa *et al.*, 2013), Colombia (Peláez *et al.*, 2013); *América del Norte:* **México:** Jalisco y Veracruz. Nuevo registro nacional y para América del Norte.

**ESPECÍMENES EXAMINADOS—México.** Veracruz: San Andrés Tuxtla, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas (UNAM), próximo a la vereda Vigía 5, 18°35'9.3" N, 95°4'52.3" O, 450 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de *Licaria velutina*, Enero 2009, *Barcenas-Peña y Miranda* 4626. Jalisco: La Huerta, Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala, Estación de Biología Chamela (UNAM), próximo al arroyo Hornitos, 19°30'54.7" N, 105°2'6.5" O, 61 m, bosque tropical estacionalmente seco, sobre corteza de *Cordia elaeagnoides*, Junio 2011, *Barcenas-Peña* 2056C; 19°30'53.9" N, 105°2'6.2" O, 53 m, sobre corteza de *Caesalpinea eriostachys*, *Barcenas-Peña* 2057B (MEXU).

***Hemithecium complanatum*** Barcenas-Peña, R. Miranda & Lücking *sp. nov.* (*ined.*).

Fig. 17E–F

**TIPO:** MÉXICO. Jalisco: La Huerta, Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala, Estación de Biología Chamela (UNAM), próximo al arroyo Hornitos, 19°30'53.9" N, 105°02'06.2" O, 53 m, selva baja caducifolia, sobre corteza de *Thouinia sp.*, Junio 2011, *Barcenas-Peña* 3689 (Holotipo, MEXU).

**DESCRIPCIÓN:** *Talo* corticícola, 1–4 cm de diámetro, 50–100 µm de grosor, continuo, superficie lisa, blanco verdoso pálido, protalo ausente. Talo con corteza superior gruesa y cartilaginosa, capa algal irregular y cristales de oxalato de calcio. *Apotecio* lireliforme, flexuoso, irregularmente ramificado, inmerso, 2.5–4 mm de largo, 0.1–0.2 mm de ancho, 0.1–0.2 mm de alto; *disco* cerrado, margen propio grueso; *labios* no desarrollados, con margen talino completo; *excípulo* entero, no carbonizado, lateralmente cubierto por el talo y cristales de oxalato de calcio; *hipotecio* paraplectenquimatoso, 25–35 µm de alto, de incoloro a café pálido; *himenio* 200–240 µm de alto, incoloro, insperso; *paráfisis* hialinas, no ramificadas; *epitecio* indistinto; *ascas* elipsoides, 112.5 × 37.5 µm; *ascosporas* 1 por asca, elipsoides, muriformes 75–100 × 27.5–30 µm, 4–5 veces más largas que anchas, hialinas. *Metabolitos secundarios* (CCF): ácido norestictico.

**COMENTARIOS TAXONÓMICOS:** Estudios filogenéticos moleculares indican que el género *Hemithecium s. str.* es cercanamente relacionado *Graphis* o anidado dentro del mismo, por lo que *Graphis* podría contener especies que actualmente se ubican en *Hemithecium*, tales como las

especies con excípulo no carbonizado (Staiger *et al.*, 2006; Lücking *et al.*, 2008a, 2009a; Mangold *et al.*, 2008). *Hemithecium sensu* Staiger se reconoce por sus ascocarpos lireloides, por lo general con labios bien desarrollados, excípulo no carbonizado, himenio de claro a insperso y ascosporas transversalmente septadas a muriformes, I+ violeta (de 25 a 110  $\mu\text{m}$  de largo). *Hemithecium complanatum* no cumple estrictamente con estos caracteres, principalmente por carecer de labios bien desarrollados, sin embargo, el resto de los caracteres mencionados la ubican dentro de este género. Las características que diferencian a *H. complanatum* de otras especies dentro del género son: himenio insperso, ascas con una espora hasta de 100  $\mu\text{m}$  de largo y la presencia de ácido norestíctico. Una de las especies que podría ser confundida con *H. complanatum* es *H. chlorocarpum*, ya que comparten algunas semejanzas como el excípulo no carbonizado y ascas conteniendo solo una espora muriforme casi del mismo tamaño. Sin embargo, *H. chlorocarpum* posee lirelas más cortas (hasta 2 mm de largo) con labios bien desarrollados, excípulo a veces estriado, himenio claro y ausencia de metabolitos secundarios. Otra especie similar es *H. flabillatum* debido a que posee lirelas del mismo tamaño que *H. complanatum* (hasta 4 mm de largo) y labios no desarrollados; no obstante *H. flabillatum* presenta himenio claro, excípulo estriado, ocho ascosporas por asca, ascosporas más pequeñas (hasta 63  $\mu\text{m}$ ) y ningún metabolito secundario.

ESPECÍMENES EXAMINADOS: México. Jalisco: La Huerta, Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala, Estación de Biología Chamela (UNAM), 19°30'53.9" N, 105°02'06.2" O, 53 m, bosque tropical estacionalmente seco, sobre corteza de un forofito no identificado, Junio 2011, *Barcenás-Peña* 3688 (Paratipo, MEXU).

ETIMOLOGÍA: El nombre de esta especie se debe a la morfología aplanada e inmersa de sus lirelas.

***Hemithecium rufopallidum*** (Vain.) Staiger, *Bibliotheca Lichenologica* 85: 291 (2002).

Fig. 25F

DIAGNOSIS—Talo corticado, liso, blanco amarillento. Lirelas errumpentes, irregularmente ramificadas, margen talino lateral, 3–4 mm de largo, 0.1–0.2 mm de ancho, labios enteros.

Excípulo no carbonizado. Himenio no insperso. Ascosporas 4–8 por asca, muriformes, 45–52.5  $\times$  10–22.5  $\mu\text{m}$ , hialinas. Ninguna sustancia secundaria detectada (CCF).

NOTAS—En algunos ejemplares recolectados no se observaron labios bien desarrollados los cuales son característicos de *Hemithecium*, sin embargo, se observaron otros caracteres

importantes en el género como el excípulo no carbonizado, himenio no insperso, ascosporas muriformes y ausencia de sustancias químicas secundarias.

DISTRIBUCIÓN—**América:** *América del Sur:* Guayana Francesa (Aptroot, 2015); *América Central:* Costa Rica (Sipman, 2008), Panamá (van den Boom y Sipman, 2013); *Caribe:* Dominica (Staiger, 2002), Guadalupe (Staiger, 2002); *América del Norte:* **México:** Sipman (2006) reportó esta especie para Chiapas. Nuevo registro para Veracruz.

ESPECÍMENES EXAMINADOS—México. Veracruz: San Andrés Tuxtla, Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas (UNAM), próximo a la vereda Vigía 5, 18°35'9.3" N, 95°4'52.3" O, 450 m, selva alta perennifolia, sobre corteza de un forofito no identificado, Enero 2009, *Barcenás-Peña y Miranda* 1260; próximo al tanque del agua, 18°35'8.6" N, 95°4'43.1" O, 207 m, sobre corteza de *Pseudolmedia oxyphyllaria*, Enero 2009, *Barcenás-Peña y Miranda* 2073 (MEXU).

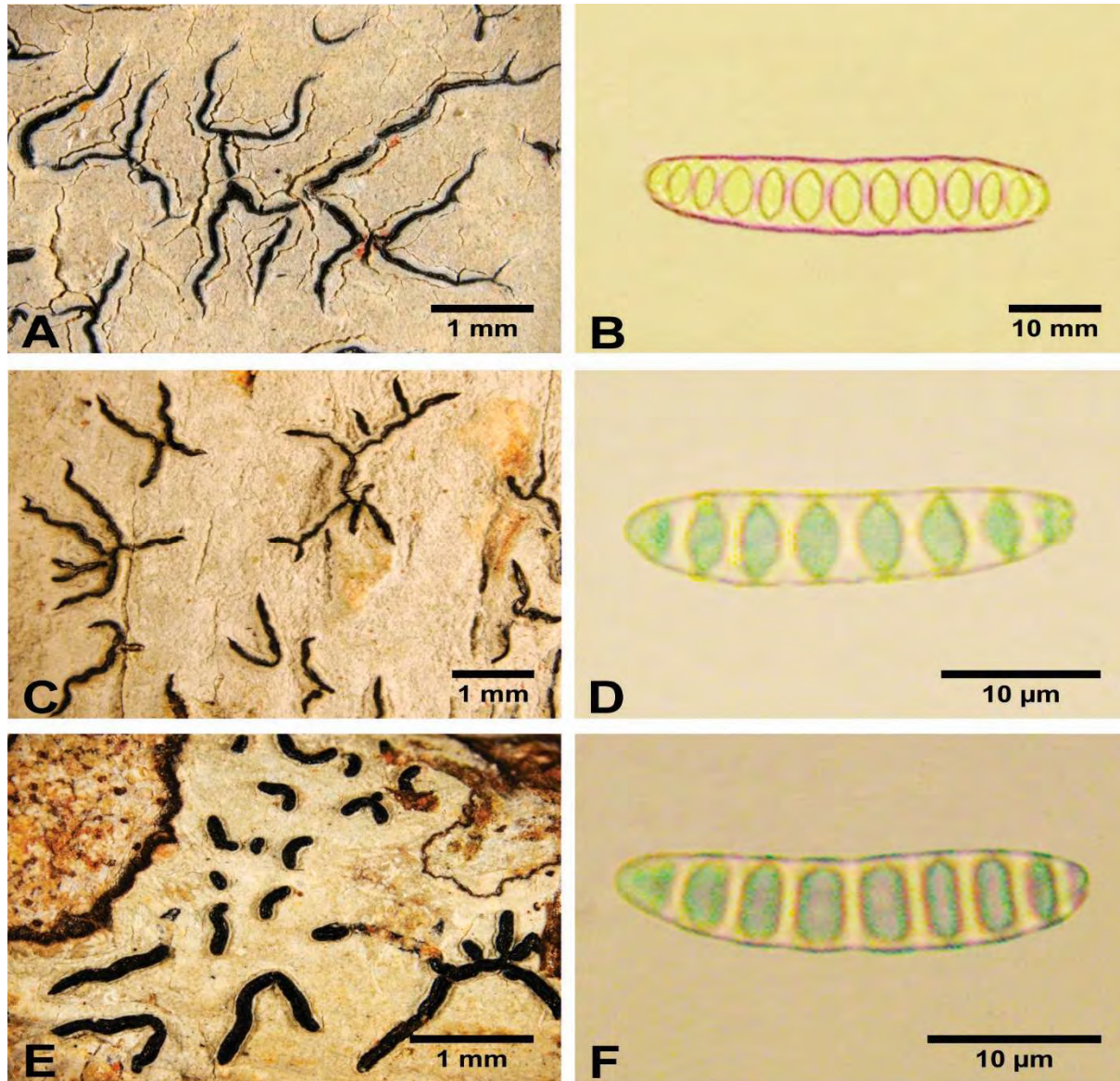


Figura 15. Nuevas especies: *G. atilanoi* sp. nov. (ined.); (A) Talo blanco, con lirelas inmersas a erumpentes, irregularmente ramificadas, con labios enteros, disco abierto con pruina y margen talino lateral; (B) Esporas hialinas, fusiformes con 11 septos transversales y lóculos lenticulares. *G. bungartzii*; (C) Talo blanco con lirelas erumpentes, irregularmente ramificadas, con labios estriados, disco cerrado y margen talino lateral; (D) Esporas hialinas, fusiformes con 7 septos transversales y lóculos lenticulares. *G. chamelensis*; (E) Talo gris verdoso con lirelas prominentes, parcialmente ramificadas, con labios enteros, disco cerrado y margen talino basal a lateral; (F) Esporas hialinas, fusiformes con 8 septos transversales y lóculos lenticulares.

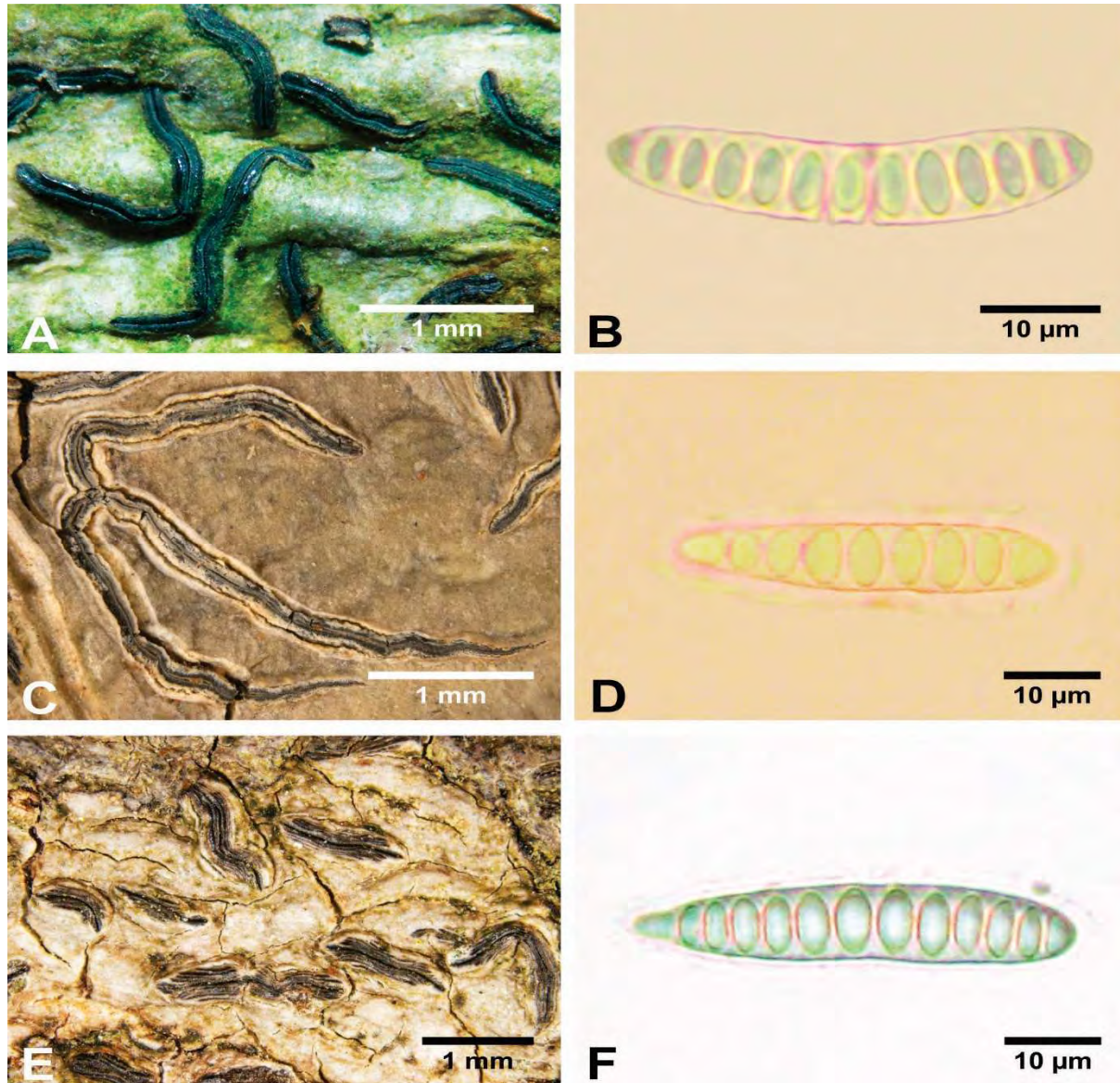


Figura 16. Nuevas especies: *G. marusae*; (A) Talo gris verdoso con lirelas erumpentes a prominentes, escasamente ramificadas, con labios enteros a estriados, disco cerrado y con una capa delgada de talo; (B) Esporas hialinas, fusiformes con 12 septos transversales y lóculos lenticulares. *G. robertusii*; (C) Talo gris verdoso con lirelas erumpentes, irregularmente ramificadas, con labios enteros, disco cerrado y excípulo separado del margen talino lateral (margen doble); (D) Esporas hialinas, fusiformes con 8 septos transversales y lóculos lenticulares. *G. rosae-emiliae*; (E) Talo gris verdoso con lirelas erumpentes, no ramificadas, con labios estriados, disco cerrado y margen talino lateral; (F) Esporas hialinas, fusiformes con 12 septos transversales y lóculos lenticulares.

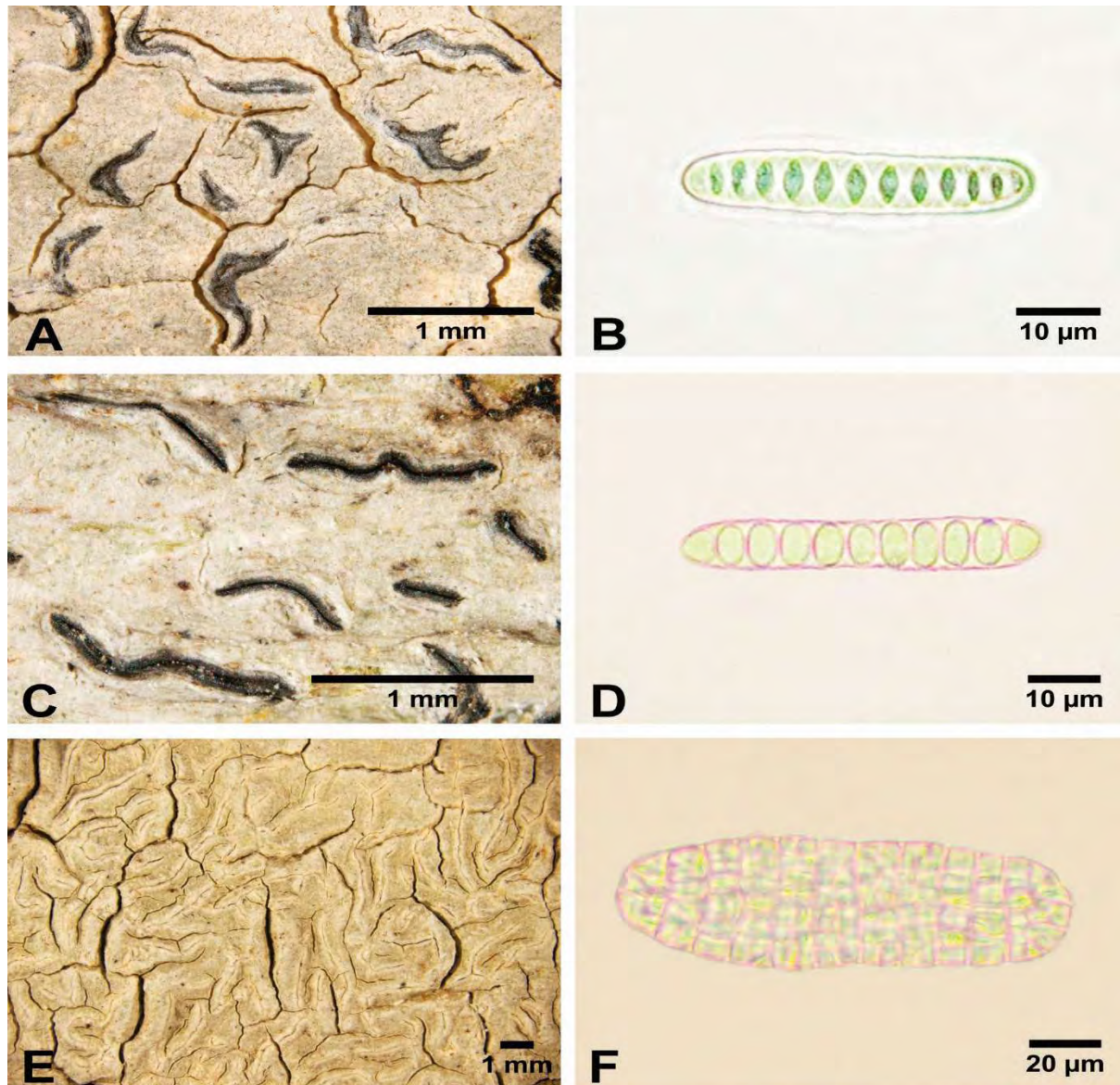


Figura 17. Nuevas especies: *G. tejonensis* sp. nov. (ined.); (A) Talo blanco, ecorticado con lirelas inmersas a erumpentes, irregularmente ramificadas, con labios enteros a estriados, disco abierto con pruina y margen talino lateral; (B) Esporas hialinas, fusiformes con 12 septos transversales y lóculos lenticulares. *G. tuxtensis* sp. nov. (ined.); (C) Talo blanco verdoso con lirelas erumpentes, no ramificadas, con labios enteros a estriados, disco cerrado y margen talino lateral grueso y delgado apicalmente; (D) Esporas hialinas, fusiformes con 10 septos transversales y lóculos lenticulares. *Hemithecium complanatum* sp. nov. (ined.); (E) Talo blanco verdoso con lirelas inmersas, irregularmente ramificadas, con labios no desarrollados, disco cerrado y margen talino completo; (F) Esporas hialinas, fusiformes y muriformes.



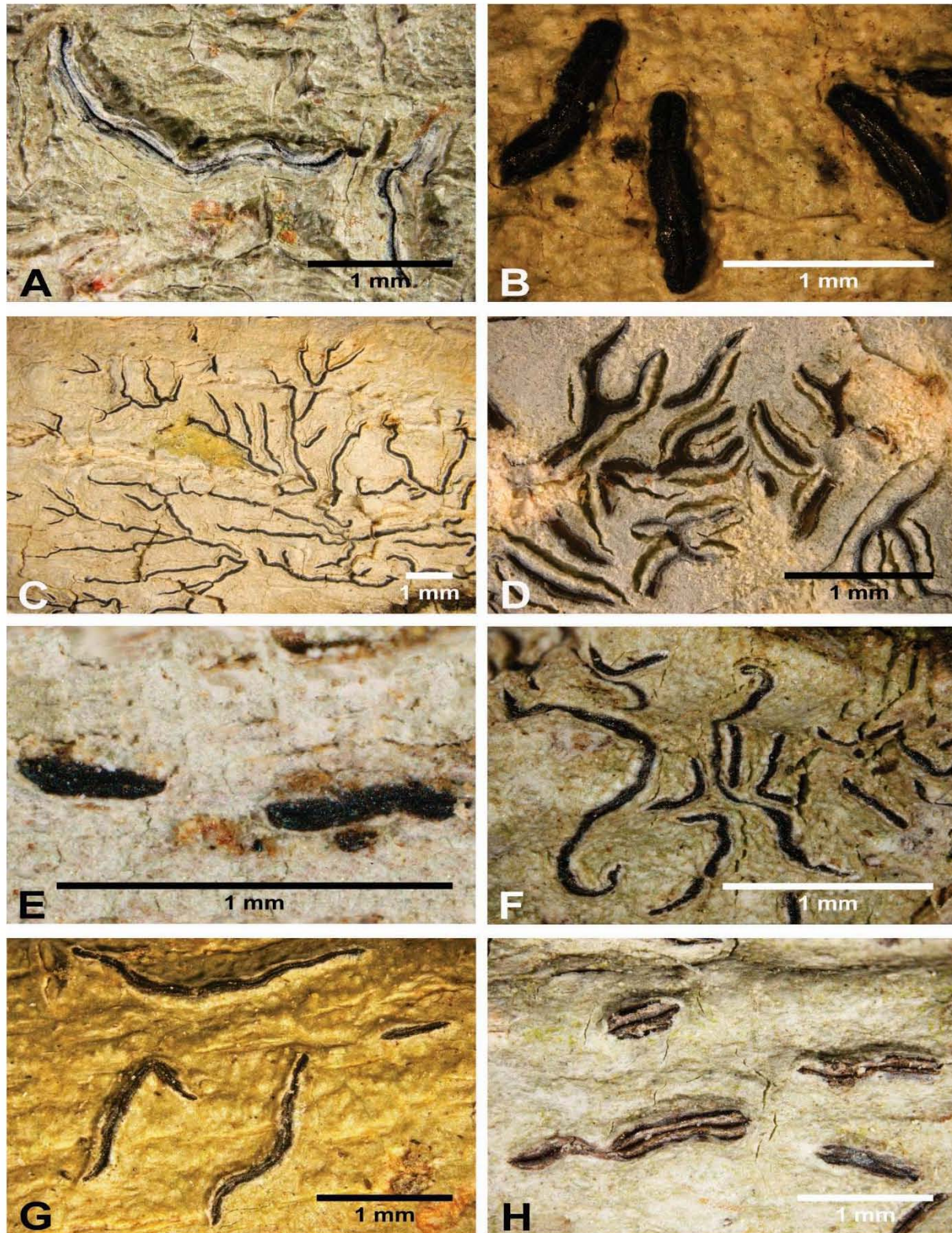


Figura 18. Especies de *Graphis*: Talos con apotecios. (A) *G. acharii*. (B) *G. cf. adpressa*. (C) *G. albisima*. (D) *G. alboglaucescens*. (E) *G. anfractuosa*. (F) *G. cf. arbusculaeformis*. (G) *G. aurita*. (H) *G. bettinae*.

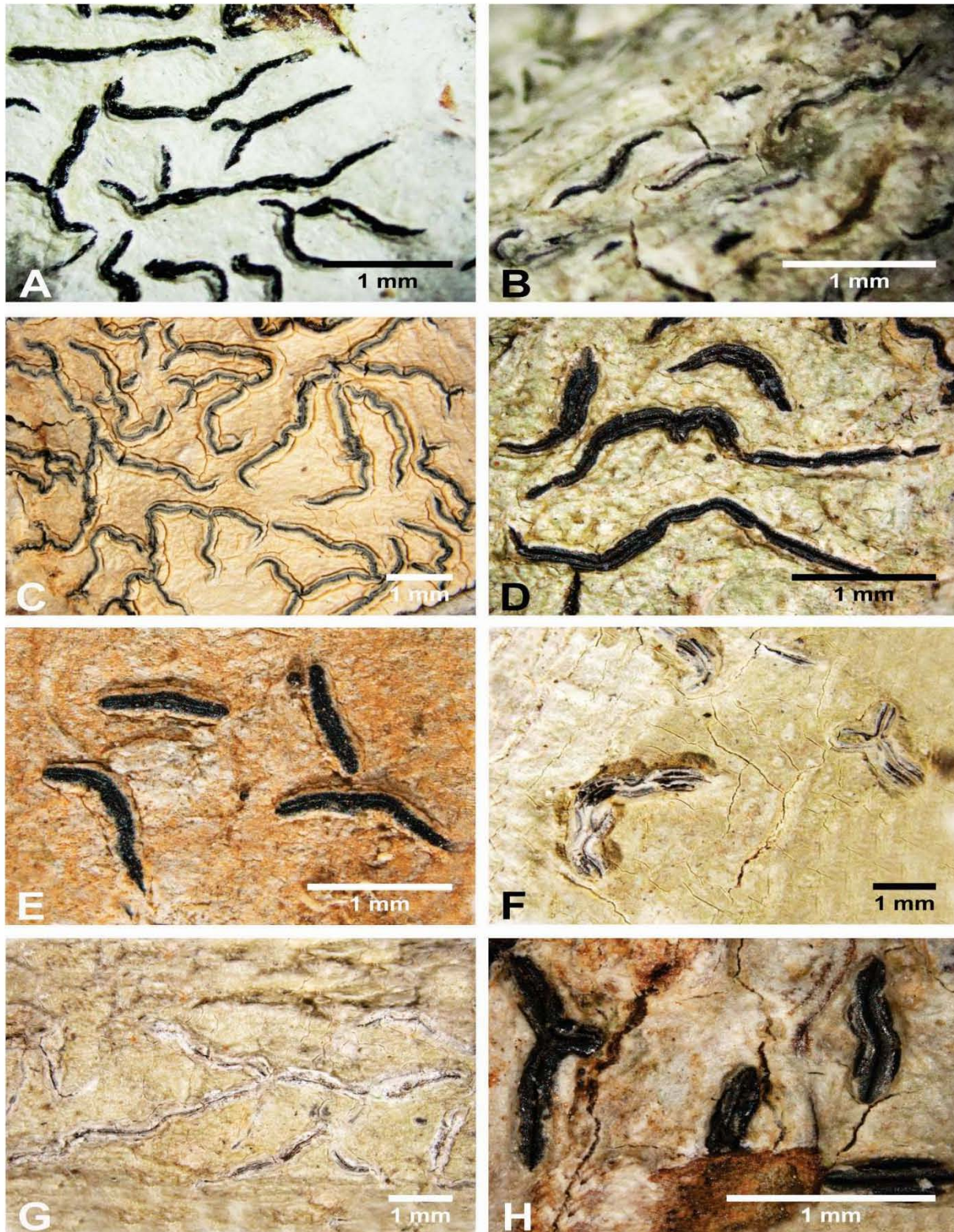


Figura 19. Especies de *Graphis*: Talos con apotecios. (A) *G. brahmanensis*. (B) *G. aff. breussi*. (C) *G. caesiella*. (D) *G. chlorotica*. (E) *G. cincta*. (F) *G. cinerea*. (G) *G. consanguinea*. (H) *G. dupaxana*.

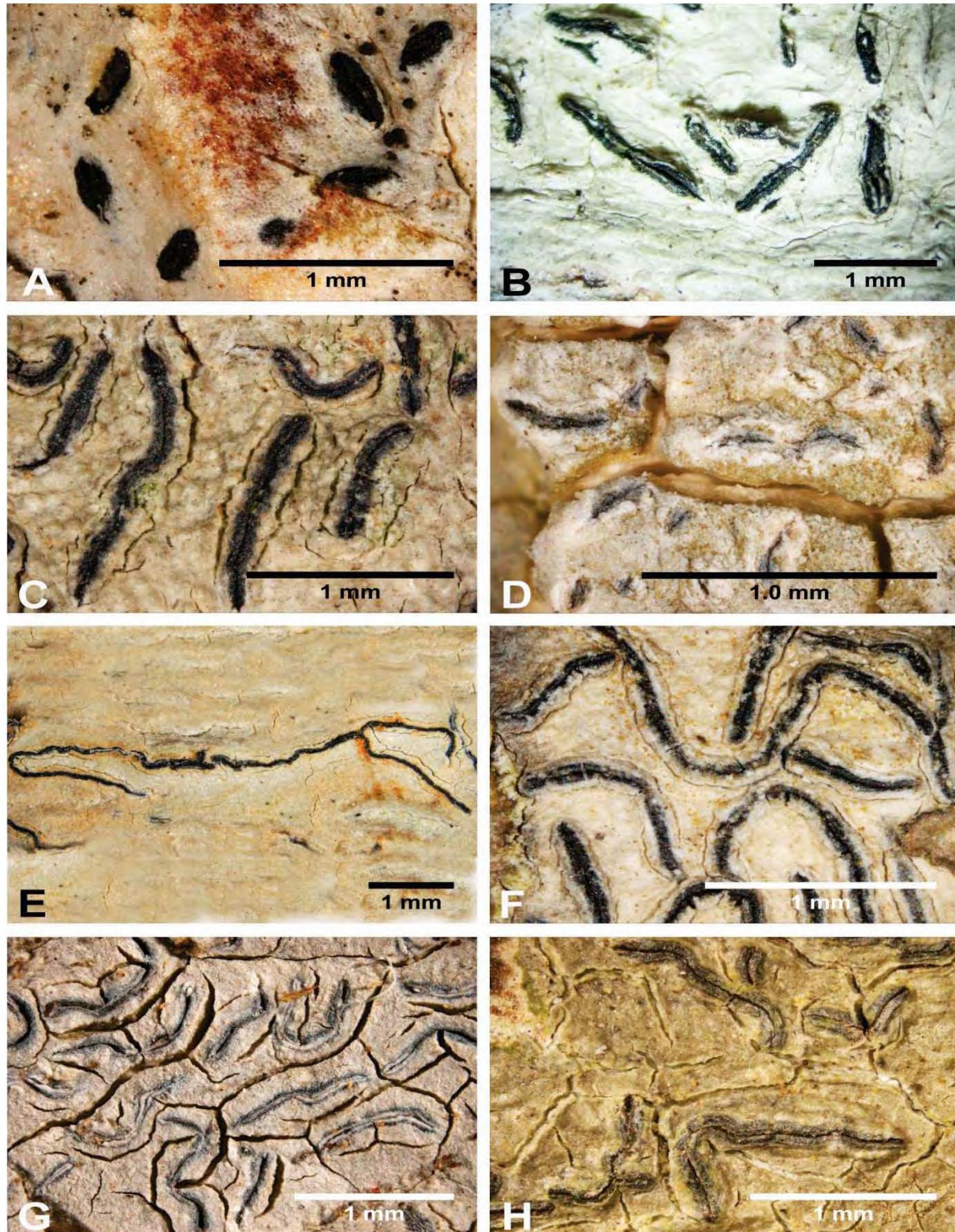


Figura 20. Especies de *Graphis*: Talos con apotecios. (A) *G. duplicata*. (B) *G. aff. duplicatoinpersa*. (C) *G. elongata*. (D) *G. epimelaena*. (E) *G. filiformis*. (F) *G. furcata*. (G) *G. glaucescens*. (H) *G. glauconigra*.

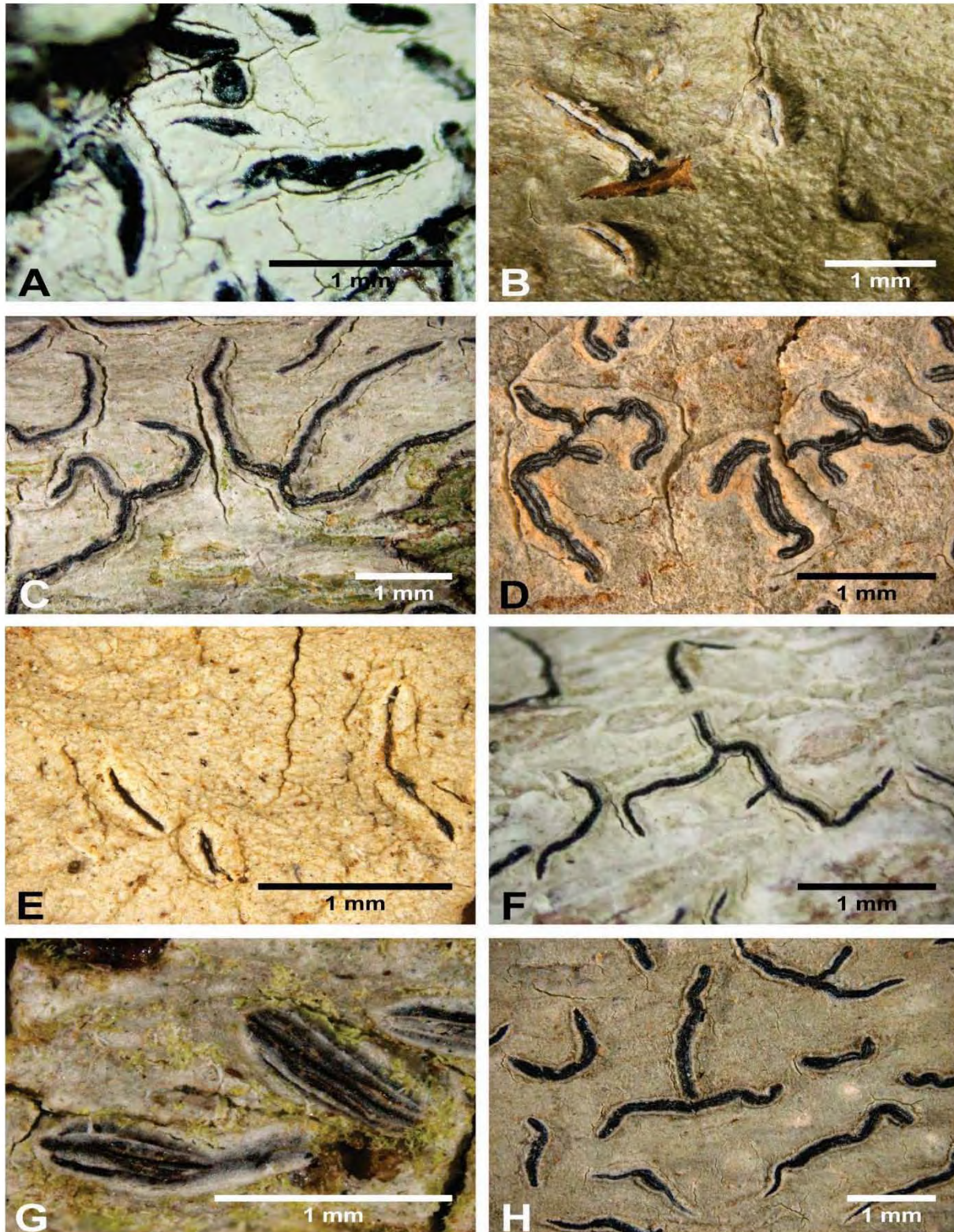


Figura 21. Especies de *Graphis*: Talos con apotecios. (A) *G. handellii*. (B) *G. aff. illinata*. (C) *G. immersicans*. (D) *G. ingarum*. (E) *G. insulana*. (F) *G. leptocarpa*. (G) *G. cf. leptoclada*. (H) *G. librata*.

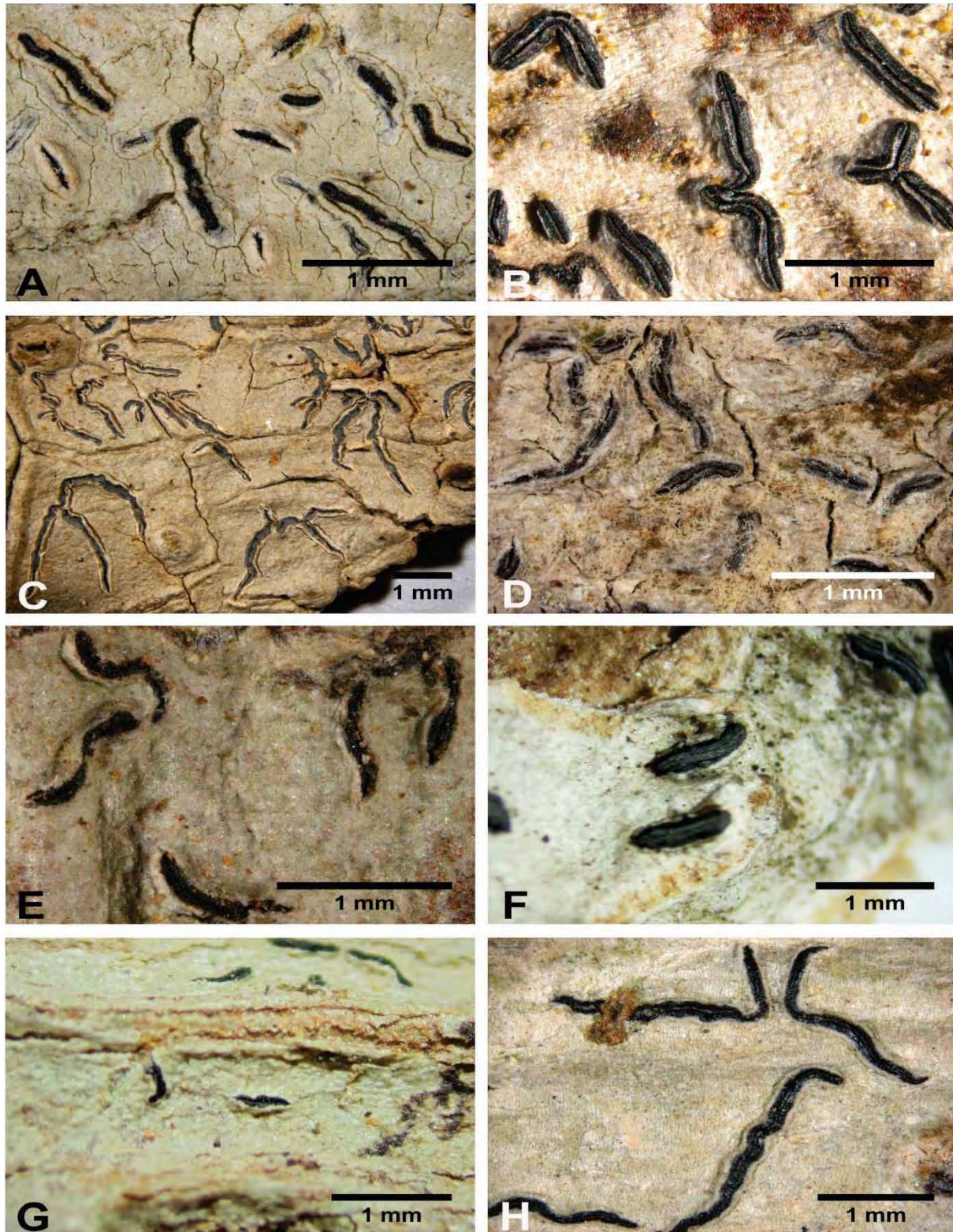


Figura 22. Especies de *Graphis*: Talos con apotecios. (A) *G. lineola*. (B) *G. longula*. (C) *G. modesta*. (D) *G. multisulcata*. (E) *G. nanodes*. (F) *G. nuda*. (G) *G. oligospora*. (H) *G. oxyclada*.

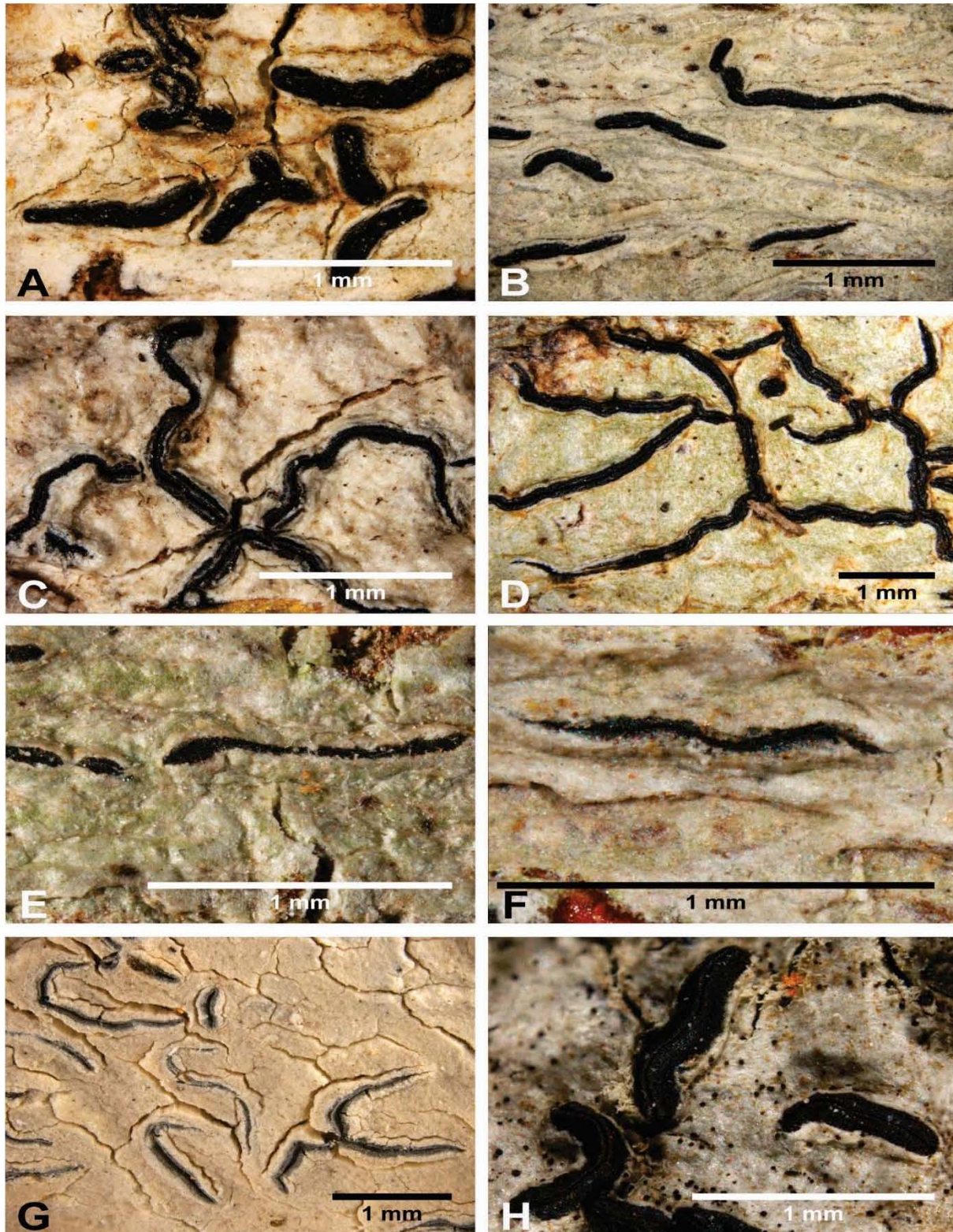


Figura 23. Especies de *Graphis*: Talos con apotecios. (A) *G. palmicola*. (B) *G. pinicola*. (C) *G. plurispora*. (D) *G. proserpens*. (E) *G. pseudoserpens*. (F) *G. puggarii*. (G) *G. pyrrhocheiloides*. (H) *G. rimulosa*.

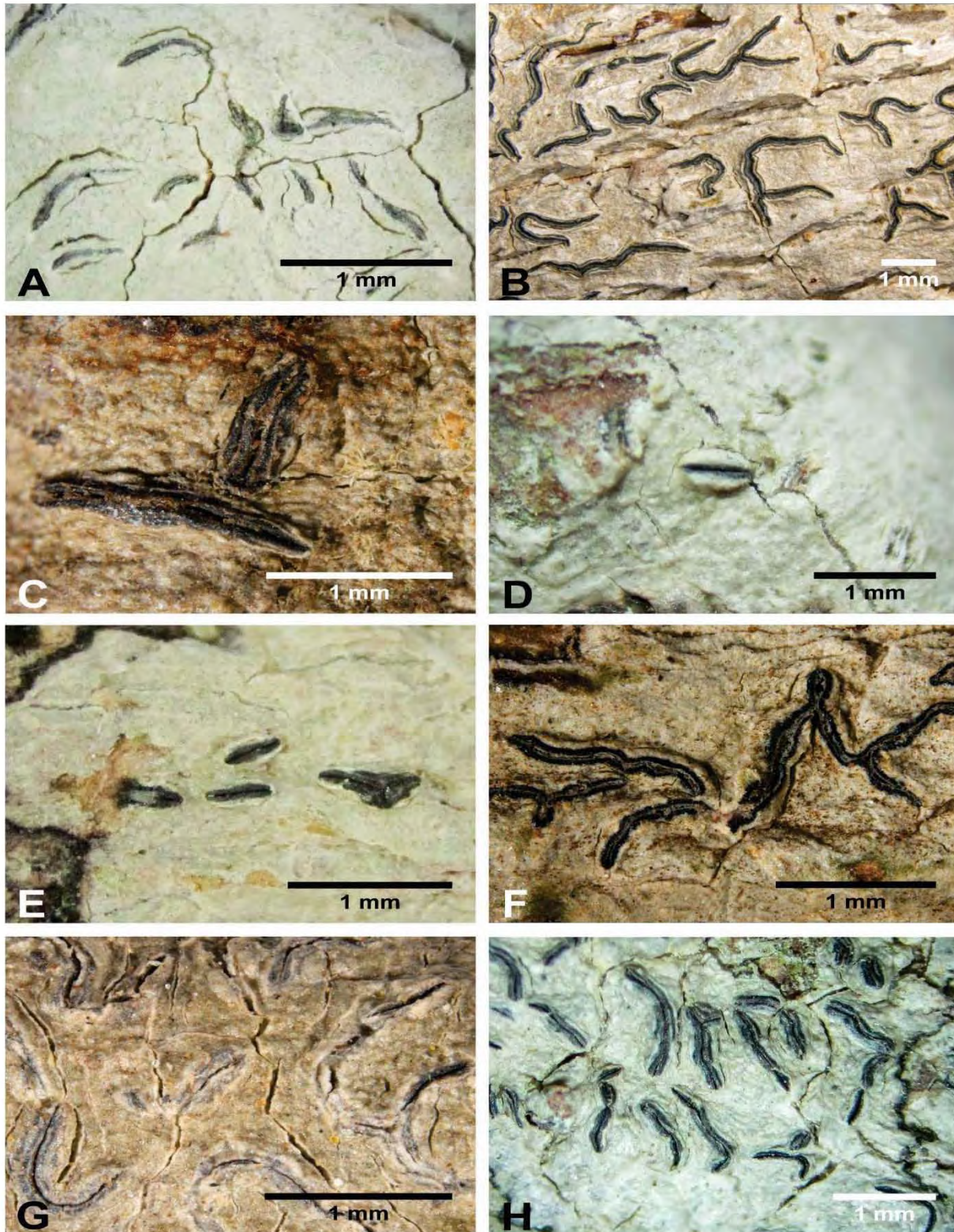


Figura 24. Especies de *Graphis*: Talos con apotecios. (A) *G. sayeri*. (B) *G. scripta*. (C) *G. striatula*. (D) *G. subdisserpens*. (E) *G. subimmersa*. (F) *G. submarginata*. (G) *G. subradiata*. (H) *G. subtecta*.

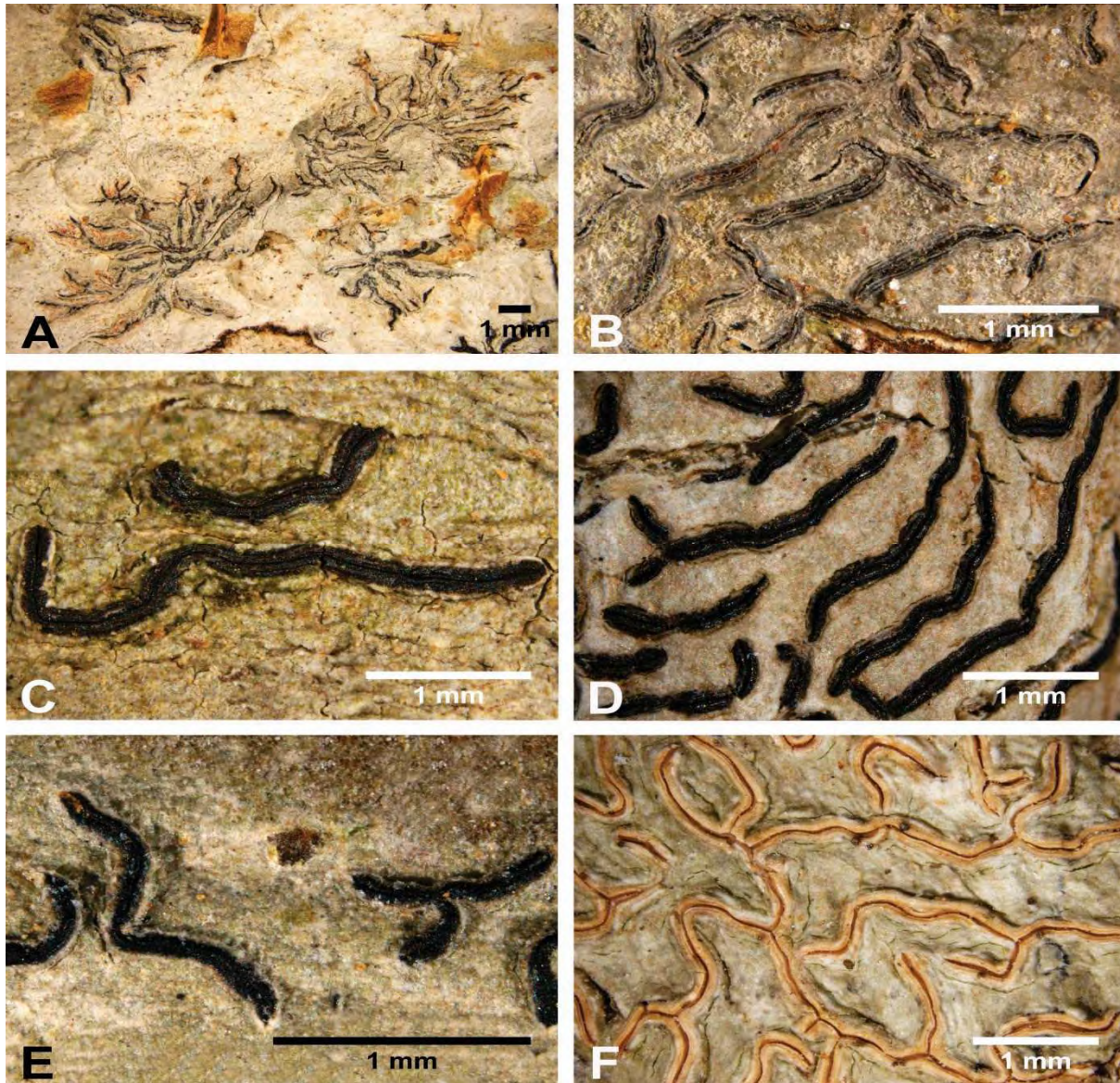


Figura 25. Especies de *Graphis*: Talos con apotecios. (A) *G. cf. subvirginea*. (B) *G. cf. symplecta*. (C) *G. cf. syzygii*. (D) *G. tenella*. (E) *G. urandrae*. (F) *Hemithecium rufopallidum*.



---

## **4. COMPARACIÓN ENTRE TIPOS DE VEGETACIÓN**

---

#### **4. COMPARACIÓN ENTRE TIPOS DE VEGETACIÓN**

En nuestro planeta se han descrito una amplia variedad de tipos de vegetación, 32 de los cuales de acuerdo a Rzedowski (1978) están reportados para México. Esto se debe a la complejidad geográfica que presenta el país, primero por su ubicación entre la zona tropical y templada y segundo por su orografía accidentada, ya que largas cadenas montañosas recorren su territorio (Rzedowski, 1978; Ramamoorthy *et al.*, 1993). Lamentablemente, en la actualidad solo las zonas más escabrosas y de difícil acceso son las mejor conservadas y las que poseen las áreas naturales más extensas. En México existen 92 áreas naturales protegidas, en las cuales se encuentra representada la variedad de ecosistemas del país. Tres de estas áreas son la Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, la Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala y la Reserva de la Biósfera El Cielo (Ceballos *et al.*, 2014).

En la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas, la vegetación predominante es la selva alta perennifolia que es considerada la comunidad vegetal más compleja del planeta; el calor y la lluvia constante en la mayor parte del año, entre otros aspectos, contribuyen a la diversificación de especies de fauna y flora (Rzedowski, 1978; Ceballos *et al.*, 2014). La vegetación exhibe distintos estratos arbóreos debido a la altura de sus componentes que puede llegar hasta 40 m. Este ecosistema geográficamente se restringe a las zonas intertropicales, por lo que en México se encuentra su distribución más norteña en el Continente Americano. Originalmente se distribuía en el este y sureste del país: sureste de San Luis Potosí y Norte de Veracruz, regiones limítrofes de Hidalgo, Puebla y Oaxaca, hasta el norte y noroeste de Chiapas, así como Tabasco, Campeche y Quintana Roo (Rzedowski, 1978). En la actualidad los estados de Chiapas, Campeche y Quintana Roo siguen siendo los más grandes reservorios de la selva alta perennifolia en México. En otros estados esta limitada solo a algunas porciones: en la península de Yucatán, la selva El Ocote en la región limítrofe de Chiapas, Oaxaca y Veracruz, y algunos relictos en el estado de Veracruz como la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas (Reyes *et al.*, 2010).

La selva baja caducifolia es el ecosistema preponderante en la Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala (Ceballos *et al.*, 1999). Las selvas secas tropicales son menos biodiversas que las selvas tropicales húmedas (Bezaury, 2010). No obstante, concentran una alta diversidad biológica probablemente causada por la adaptación de su flora y fauna a las presiones climáticas, debido a que la lluvia solo se presenta en menos de la mitad del año. Esto se observa principalmente en la vegetación, que en temporada seca los árboles pierden sus hojas y la vegetación presenta una

tonalidad grisácea. Al llegar la temporada lluviosa los árboles se cubren de hojas y la selva recupera su color verde. La vegetación presenta una altura de 15 m por lo que no existen estratos arbóreos diferenciables más allá del sotobosque y dosel. Este ecosistema también está restringido a las zonas tropicales, en donde también México representa el límite norte de su distribución en América (Trejo, 2010). Dentro del país, el área ocupada por la selva baja caducifolia representa la más extensa de Latinoamérica (Gentry, 1988). Se ubica en distintos manchones en la vertiente atlántica: en el sur de Tamaulipas, sureste de San Luis Potosí, norte de Veracruz y noreste de Querétaro, norte de la Península de Yucatán y Campeche. Pero las zonas más grandes se extienden principalmente en la vertiente del Pacífico desde Sinaloa hasta Chiapas penetrando al centro del país a través de las cuencas de los ríos Lerma, Santiago y Balsas hacia Jalisco, Nayarit, Colima, Michoacán, Guerrero, Puebla, Oaxaca y Morelos (Rzedowski, 1978). Grandes áreas de la selva baja caducifolia han sido destruidas, sin embargo, aún cubre una superficie considerable de su distribución original y una de estas áreas es la Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala en Jalisco (Trejo, 2010).

El bosque mesófilo es un ecosistema ampliamente distribuido en la Reserva de la Biósfera El Cielo. Este ecosistema posee una fauna silvestre muy variada y una enorme riqueza vegetal resultado de una compleja historia biogeográfica donde se han mezclado elementos holárticos y neotropicales (Rzedowski, 2006). El ambiente es caracterizado por una constante humedad en forma de vapor y temperaturas relativamente bajas que probablemente han influido para que el bosque mesófilo posea una biodiversidad por unidad de área superior al de cualquier otro tipo de vegetación en México (López-Pérez *et al.*, 2011). Sus componentes arbóreos pueden medir hasta 40 m de altura, observándose distintos estratos. Este ecosistema al contrario de la selva alta perennifolia y la selva baja caducifolia es de afinidad boreal y en nuestro país su distribución es limitada y fragmentaria. Originalmente se presentaba desde el suroeste de Tamaulipas incluyendo porciones de San Luis Potosí, Hidalgo, Puebla y Veracruz hasta el norte de Oaxaca, así como en Chiapas, norte de Sinaloa, Jalisco, Nayarit, Colima y Michoacán, Cuenca del Balsas y Valle de México. Solo en la Sierra Madre del Sur de Guerrero y Oaxaca existen manchones considerables (Rzedowski, 1978). Por su aporte maderable y servicios ecosistémicos como la provisión de agua, este ecosistema ha sido severamente explotado en nuestro país (Bonfil y Madrid, 2006) y el área que actualmente ocupa es significativamente menor; una de las zonas de bosque mesófilo sin

perturbación se encuentra en la Reserva de la Biósfera de El Cielo en Tamaulipas (Puig *et al.*, 1987).

Finalmente, resulta evidente que los tres ecosistemas de estudio presentan ambientes contrastantes, por lo que su composición y estructura de la vegetación también son distintos. En este capítulo se comparan la diversidad de líquenes costrosos corticícolas del género *Graphis* con el objetivo de analizar si esta diferencia en la vegetación también es reflejada en la diversidad de las especies del *Graphis*.

#### 4.1. Curvas de acumulación de especies en cada tipo de vegetación

En la selva alta perennifolia, Los Tuxtlas (Fig. 26A); se observó que en la primer etapa de la curva de acumulación hay un crecimiento del número de especies muestreado que llega hasta aproximadamente las 35 especies en 7 puntos de muestreo. Posteriormente, hay un crecimiento menor hasta llegar a aproximadamente 42 especies en 25 puntos de muestreo y luego la curva comienza a estandarizarse y presentar leves cambios ya que los muestreos realizados en los siguientes 5 puntos solo aumentaron 6 especies. Sin embargo, en el resultado del estimador de diversidad Chao2 graficado se observa que el muestreo realizado en la selva alta perennifolia aún no considera toda la diversidad de especies de *Graphis* que realmente podría existir.

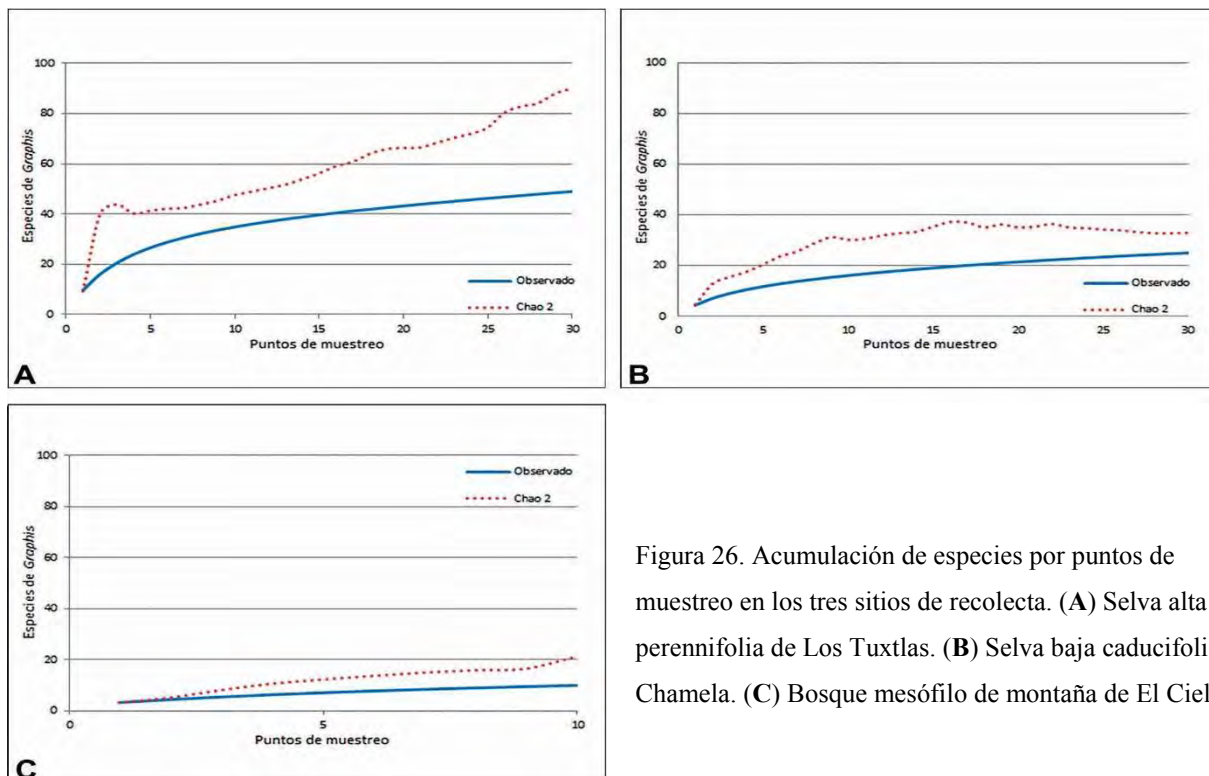


Figura 26. Acumulación de especies por puntos de muestreo en los tres sitios de recolecta. (A) Selva alta perennifolia de Los Tuxtlas. (B) Selva baja caducifolia de Chamela. (C) Bosque mesófilo de montaña de El Cielo.

En la selva baja caducifolia de Chamela (Fig. 26B) se observó una curva creciendo hasta llegar a aproximadamente a 18 especies en 13 puntos de muestreo. Después se observa una fase de transición en la que en 25 puntos el número de especies llegó a 23. La curva comienza a asintotizarse en la fase estacionaria debido a que en los siguientes cinco puntos de muestreo solo se encontraron dos especies más. Entretanto, la curva del estimador Chao2 parece que también comienza a estabilizarse en una asíntota.

Por otra parte, en el bosque mesófilo de El Cielo (Fig. 26C) se observa que la curva de acumulación continúa creciendo, debido a que el muestreo aún no abarcó toda la diversidad existente en el bosque mesófilo de montaña. El resultado del estimador Chao2 muestra que esta diversidad podría ser mayor de 22 especies (Fig. 26C).

En los datos obtenidos se observa que en la selva alta perennifolia y la selva baja caducifolia la curva de acumulación de especies creció hasta que en número de especies mostró un aumento significativamente menor. Pero en ninguno de los ecosistemas estudiados se logró registrar la riqueza de especies total de la comunidad de *Graphis* (Fig. 26A y B).

## **4.2 Comparación de los tres tipos de vegetación: Selva alta perennifolia, Los Tuxtlas, Veracruz; selva baja caducifolia, Chamela, Jalisco; y bosque Mesófilo, El Cielo, Tamaulipas**

### **4.2.1 Diversidad alfa en cada punto de muestreo**

El número de especies encontrado en casi todos los puntos de muestreo de la selva alta perennifolia, Los Tuxtlas fue más alto, seguido de la selva baja caducifolia y finalmente el bosque mesófilo de montaña (Fig. 27). En particular, en la selva alta perennifolia se obtuvieron valores de  $\bar{X}=11.708$  y  $S=5.536$ . Se observó que el punto de muestreo con mayor número de especies (23) fue el 4, el cual se ubica dentro de la Estación de Biología tropical de Los Tuxtlas muy cerca de un tanque de agua por lo que existe cierta perturbación y claros en la vegetación. El punto 13 con menor número de especies se ubicó en los terrenos del Ejido Adolfo López Mateos en una depresión del terreno. Sin embargo, el punto 11 que también estuvo ubicado dentro del ejido a solo 100 m del punto 13 tuvo el segundo valor más grande de diversidad alfa (22 especies). Por su parte, en la selva baja caducifolia de Chamela ( $\bar{X}=4.551$ ,  $S=2.733$ ), los puntos con valores más bajos de diversidad alfa estuvieron ubicados en su mayoría en la cima del cerro Calandria. Esta es la zona más alta de la estación de Biología de Chamela. Allí hay una fuerte

incidencia solar y las corrientes de aire son frecuentes; el punto con el valor más alto de riqueza de especies fue el 22 ubicado cerca del arroyo Hornitos, por lo cual presenta alta humedad y alta incidencia solar. En el bosque mesófilo los puntos con mayor diversidad alfa fueron el 5 y 10. No obstante, no se observó alta variación entre los diez puntos de muestreo realizados ya que el número de especies encontrado fue de dos a cinco especies ( $\bar{X}=3.4$ ,  $S=1.074$ ).

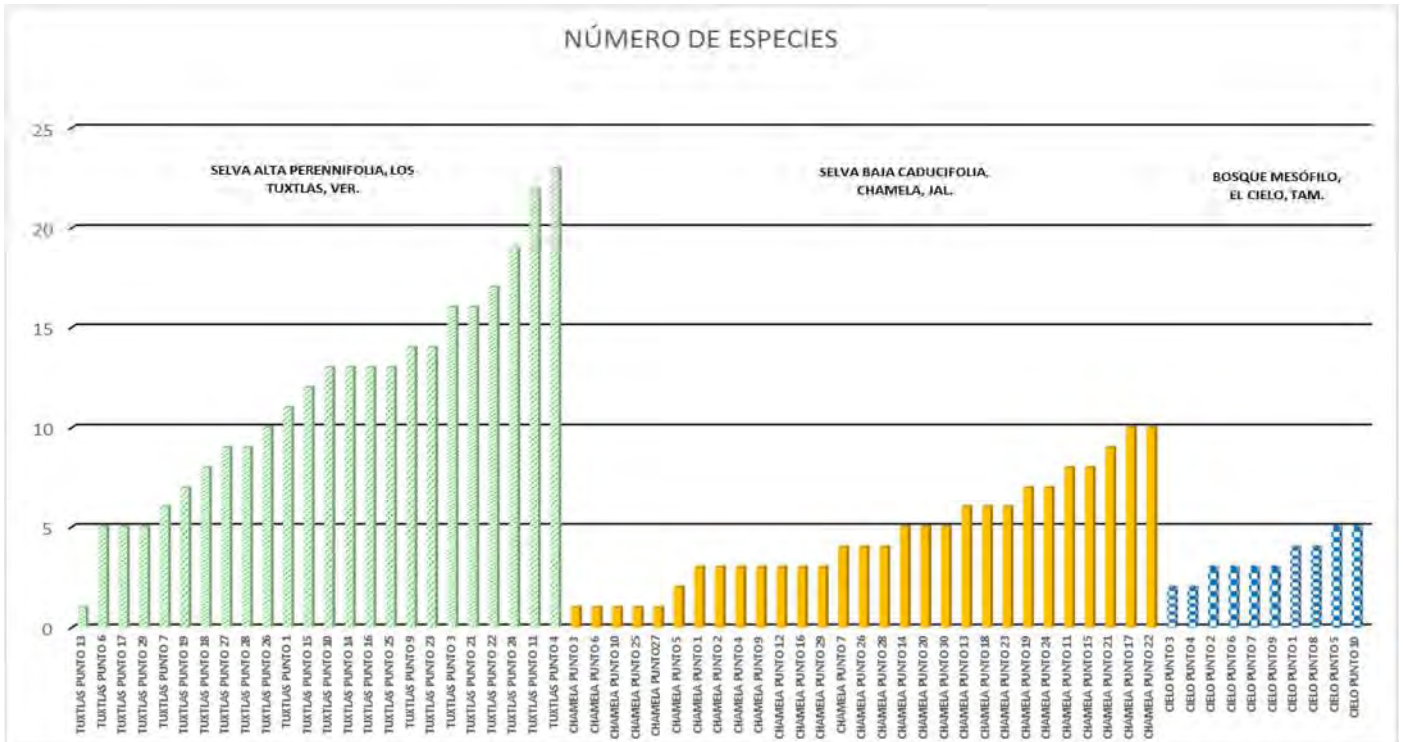


Figura 27. Número de especies de *Graphis* en cada punto de muestreo de cada tipo de vegetación, ordenados de menor a mayor. En la selva alta perennifolia (barras verdes con líneas diagonales) los puntos 1 a 10 corresponden al transecto trazado en la Estación de Biología Los Tuxtlas próximo al cerro Vigía 5; los puntos 11 a 20 al transecto trazado en los terrenos del Ejido Adolfo López Mateos y los puntos 21 a 30 al transecto trazado próximo a la Laguna Zacatal. En la selva baja caducifolia (barras naranjas sólidas) los puntos del 1 al 10 corresponden al transecto trazado próximo a la vereda Calandria; los puntos 11 a 20 al transecto próximo a la vereda Tejón, y los puntos del 21 al 30 en el transecto marcado cerca del arroyo Hornitos, todos dentro de la Estación de Biología de Chamela. En el Cielo (barras azules cuadrículadas), los diez puntos de muestreo corresponden al transecto marcado dentro de los terrenos del rancho El Cielo. En todos los transectos se omitieron los puntos donde no se encontró ninguna especie de *Graphis*.

#### 4.2.2 Análisis de Kruskal-Wallis de la diversidad entre los tres tipos de vegetación

El análisis de Kruskal-Wallis entre el número de especies de cada uno de los puntos de los tres sitios de estudio, mostró diferencias significativas ( $H = 28.773$  con 2 grados de libertad,  $P < 0.001$ ). Se observa que en la selva alta perennifolia de Los Tuxtlas, el número de especies más alto fue 23, el valor menor de 6 especies y la mediana de 13 indicando que la riqueza de especies se concentra entre el rango 9 a 16 especies en este grupo; en el bosque mesófilo de montaña el valor más alto fue de 5, el menor de 2 y la mediana de 3, por lo que se encuentra más inclinada hacia los valores más bajos del rango intercuartílico y la diversidad de especies va de 2 a 3 especies en este tipo de vegetación. En la selva baja caducifolia el valor más alto fue de 9, el menor de 1 y la mediana de 4, de igual forma se encuentra inclinada hacia los valores bajos del rango intercuartílico y el número de especies es de 3 a 4 en este grupo (Fig. 28). El análisis de Kruskal-Wallis mostró que ambas la riqueza y composición de especies es distinta entre los tres sitios.

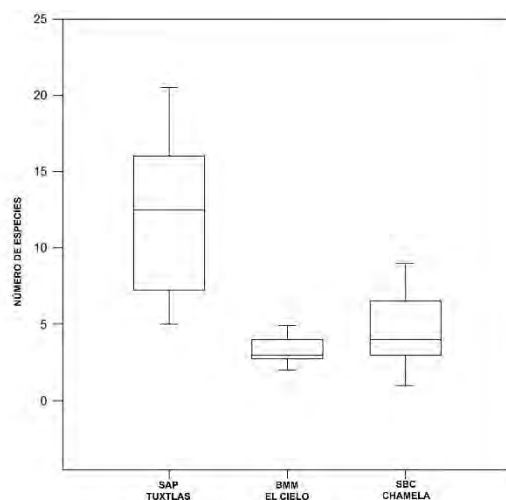


Figura 28. Análisis de Kruskal-Wallis entre el número de especies de cada tipo de vegetación. La línea media representa el promedio, la caja representa la desviación estándar y las líneas externas representan los valores mínimos y máximos.

#### 4.2.3 Diversidad gamma en cada tipo de vegetación (alfa regionalmente)

La diversidad gamma considerada como el número de especies total de los puntos de muestreo en cada tipo de vegetación resultó en: 47 especies en la selva alta perennifolia, 26 en la selva caducifolia y 11 en el bosque mesófilo de montaña (Fig. 29, ver cuadro 4, cap. 2). Hay un caso especial es en la selva baja caducifolia de Chamela ya que dentro de los transectos recolectados

se encontraron 26 especies que son el número que se utilizó en este y los siguientes análisis, no obstante, el número de especies aumentó a 29 en este sitio debido a posteriores recolectas oportunistas. Las tres especies adicionales que resultaron de estas recolectas no se utilizaron en los análisis porque no fueron recolectados con el mismo método y no pueden ser objeto de comparación.

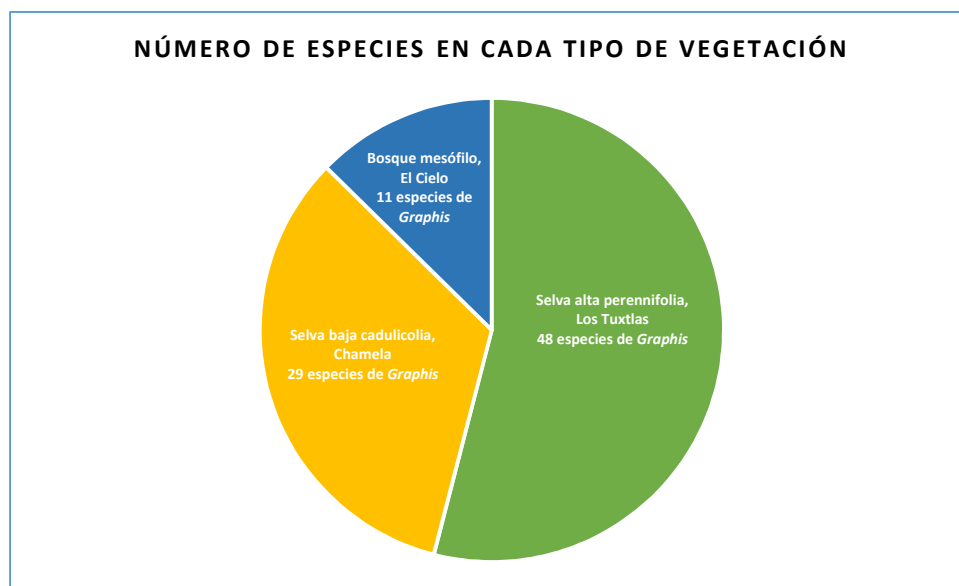


Figura 29: Diversidad alfa por tipo de vegetación.

#### 4.2.4 Diversidad beta entre los tres tipos de vegetación

La diversidad beta calculada con el índice de similitud de Sørensen para las tres comparaciones es decir; entre la selva alta-selva baja fue de 0.135, selva alta-bosque mesófilo fue de 0.101, selva baja-bosque mesófilo de 0.108 (Cuadro 6).

Cuadro 6. Diversidad beta entre los tres tipos de vegetación calculada utilizando en índice de similitud de Sørensen

TIPO DE VEGETACIÓN	Selva alta perennifolia, Los Tuxtlas	Selva baja cadulifolia, Chamela	Bosque mesófilo, El Cielo
Selva alta perennifolia, Los Tuxtlas	1		
Selva baja cadulifolia, Chamela	0.135	1	
Bosque mesófilo, El Cielo	0.101	0.108	1

En una escala de 0-1, para la diversidad beta o recambio de especies de *Graphis* los valores encontrados son bajos (cerca de cero), por lo que se trata de sitios con pocas especies en común y cada uno constituyendo una diversidad mayormente única.



#### 4.2.5 Análisis de conglomerados de la composición de especies entre los tres ecosistemas

El análisis mostró la formación de tres grupos principales A, B y C (Fig. 30): El grupo A está compuesto por los puntos de muestreo de los tres transectos de la selva alta perennifolia de Los Tuxtlas. Esos puntos comparten similitud en la composición de especies de *Graphis*, es decir, los puntos son muy similares entre sí y las especies son distintas a las de los otros grupos B y C. El grupo B está formado por los puntos de muestreo del bosque mesófilo, por lo que las especies que se encontraron en estos puntos son similares entre sí y son más similares a la composición de las especies de *Graphis* de la selva alta perennifolia (Grupo A). Por su parte, el grupo C se encuentra más separado del A y B. El grupo C está integrado principalmente por los puntos de muestreo de la selva baja caducifolia. Hay dos puntos de la selva alta perennifolia (TUXE\_P06 y TUXL\_P03) que comparten especies con la selva baja caducifolia, probablemente por presentar condiciones microambientales similares.

De acuerdo a lo anterior, en el análisis de conglomerados se observa una clara separación de los puntos de muestreo por tipo de vegetación. Esta separación es basada en la similitud en la composición de especies de *Graphis*, siendo más cercanos la selva alta perennifolia y el bosque mesófilo de montaña, sin perder de vista que en este último no se concluyó por completo el trabajo de muestreo.

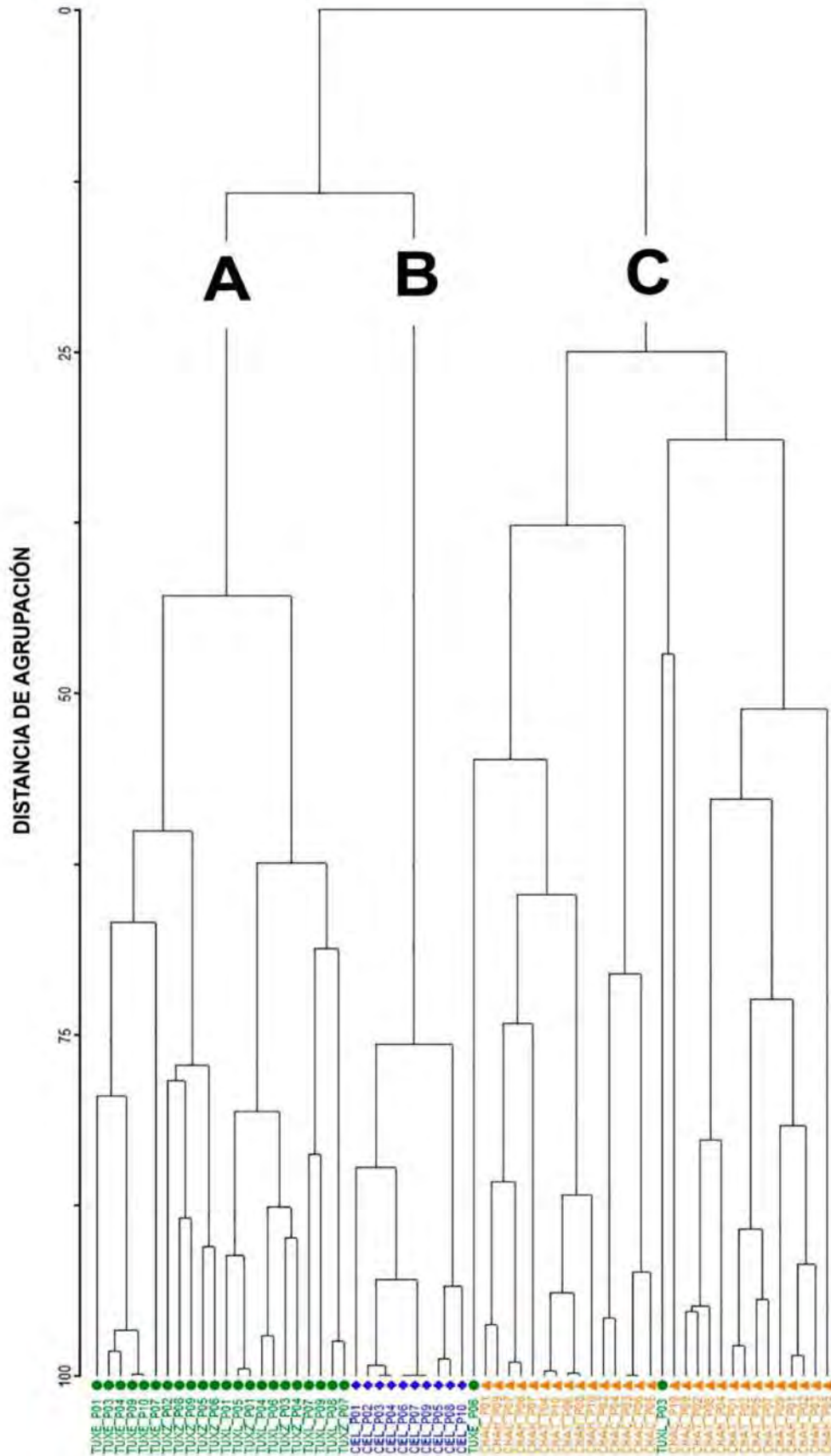


Figura 30. Análisis de conglomerados entre los puntos de muestreo de los tres tipos de vegetación. Se distinguen tres principales grupos: A, B y C en base al índice de similitud de Sørensen y beta flexible -0.25. En la selva alta perennifolia (círculos verdes) los puntos TUXE\_P01 a TUXE\_P10 corresponden al transecto trazado en la Estación de Biología Los Tuxtlas próximo al cerro Vigía 5; los puntos TUXL\_P11 a TUXL\_20 al transecto trazado en los terrenos del Ejido Adolfo López Mateos, y los puntos TUXZ\_21 a TUXZ\_30 al transecto trazado próximo a la Laguna Zacatal. En la selva baja caducifolia (triángulos naranjas) los puntos del CHAC\_P01 al CHAC\_P10 corresponden al transecto trazado próximo a la vereda Calandria; los puntos CHAT\_P11 a CHAT\_P20 al transecto próximo a la vereda Tejón, y los puntos del CHAH\_P21 al CHAC\_P30 al transecto marcado cerca del arroyo Hornitos, todos dentro de la Estación de Biología de Chamela. En el Cielo (rombos azules), los diez puntos de muestreo corresponden al transecto marcado dentro de los terrenos del rancho El Cielo.

#### 4.2.6 Análisis de Kruskal-Wallis de la diversidad entre los tres grupos del análisis de cluster

Los grupos resultantes del análisis de conglomerados agrupados por similitud en composición de especies entre los puntos de los transectos de los tres ecosistemas permitieron realizar un análisis de Kruskal-Wallis. Este se realizó para buscar posibles diferencias significativas entre la diversidad de especies de los grupos formados. Los grupos están básicamente integrados por especies de cada tipo de bosque. Por lo cual, el resultado de dicho análisis no difiere del realizado con los datos directos de cada tipo de vegetación. La gráfica muestra diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos ( $H = 21.986$  con 2 grados de libertad,  $P < 0.001$ ) (Fig. 31).

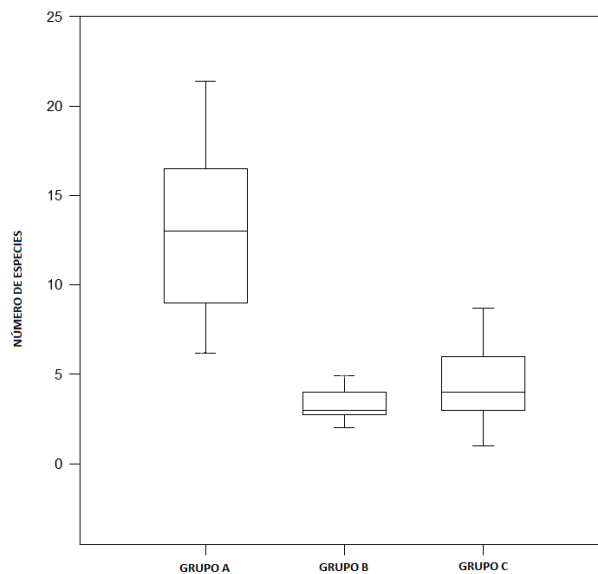


Figura 31. Análisis de Kruskal-Wallis entre los grupos resultantes del análisis de conglomerados. La línea media representa el promedio, la caja representa la desviación estándar y las líneas externas representan los valores mínimos y máximos.

#### **4.2.7 Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMS) de la composición de especies entre los tres ecosistemas**

El análisis de NMS exhibió al igual que el análisis de conglomerados la agrupación de los puntos de muestreo de cada tipo de vegetación por su similitud en la composición de especies de *Graphis* (Fig. 32). En la primer elipse (triángulos naranjas, esquina superior izquierda) están agrupados los puntos de muestreo de la selva baja caducifolia de Chamela. La segunda elipse (círculos verdes, esquina superior derecha) esta conformada por los puntos de muestreo de la selva alta perennifolia de Los Tuxtlas. Sin embargo, existen al menos dos puntos que se encuentran muy cercanos a los puntos de muestreo graficados de la selva baja caducifolia, es decir, estos puntos de muestreo presentan mayor similitud en la composición de especies de *Graphis*. Lo mismo ocurre con el punto diez próximo a la vereda Calandria de la selva baja caducifolia (CHAC\_P10), que se encuentra dentro de la segunda elipse formada principalmente por los puntos de muestreo de la selva alta perennifolia. Los puntos de muestreo del bosque mesófilo representados con los rombos azules (centro inferior de la gráfica) se encuentran agrupados y muy cercanos a los puntos de muestreo de la selva alta perennifolia. Esto se debe a que comparten mayor similitud en la composición de especies los puntos de muestreo de estos tipos de vegetación.

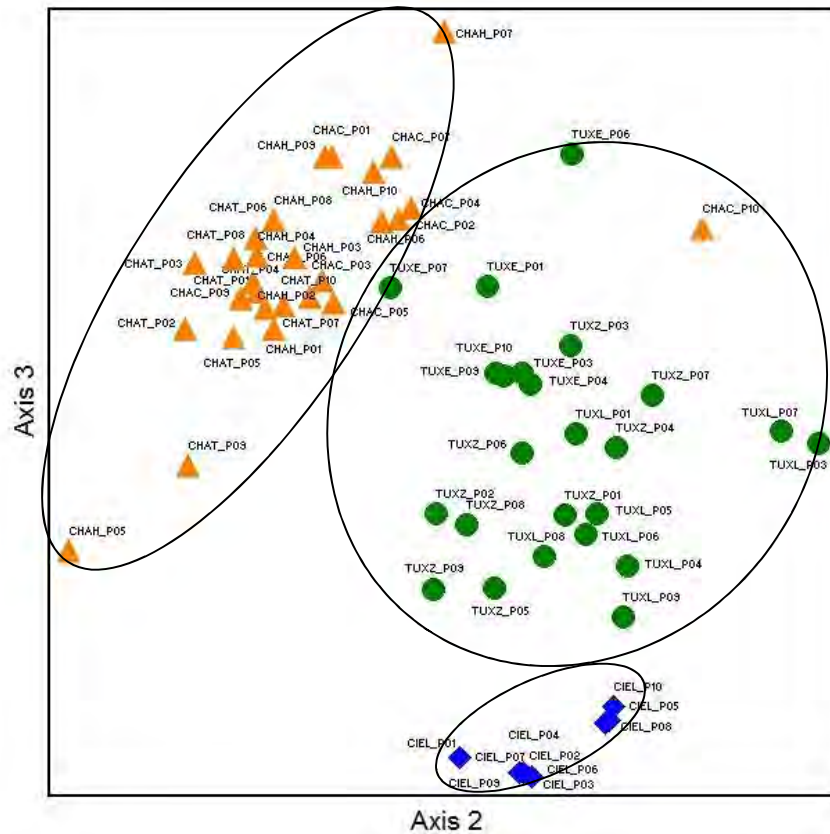


Figura 32. Análisis NMS entre los puntos de muestreo de los tres tipos de vegetación. En la selva alta perennifolia (círculos verdes) los puntos TUXE\_P01 a TUXE\_P10 corresponden al transecto trazado en la Estación de Biología Los Tuxtlas próximo al cerro Vigía 5; los puntos TUXL\_P11 a TUXL\_P20 al transecto trazado en los terrenos del Ejido Adolfo López Mateos, y los puntos TUXZ\_P21 a TUXZ\_P30 al transecto trazado próximo a la Laguna Zacatal. En la selva baja caducifolia (triángulos naranjas) los puntos del CHAC\_P01 al CHAC\_P10 corresponden al transecto trazado próximo a la vereda Calandria; los puntos CHAT\_P11 a CHAT\_P20 al transecto próximo a la vereda Tejón y los puntos del CHAH\_P21 al CHAH\_P30 en el transecto marcado cerca del arroyo Hornitos, todos dentro de la Estación de Biología de Chamela. En el Cielo (rombos azules), los diez puntos de muestreo corresponden al transecto marcado dentro de los terrenos del rancho El Cielo.

#### 4.2.8 Análisis de especies indicadoras por tipo de vegetación

El análisis de especies indicadoras mostró que en el caso de la selva alta perennifolia de Los Tuxtlas, el valor de  $p$  más bajo ( $p= 0.0002$ ) es para *G. robertusii*, *G. pinicola* y *G. tenella* y *H. rufopallidum*. En la selva caducifolia, Chamela, las especies *G. cincta* ( $p= 0.0002$ ), *G. caesiella* ( $p= 0.0004$ ), *G. lineola* ( $p= 0.0158$ ) y *G. filiformis* ( $p= 0.0026$ ) presentan los valores de  $p$  más

bajo. Por su parte, en el bosque mesófilo, los valores de  $p$  más bajo los presentaron *G. acharii* ( $p=0.0002$ ), *G. chlorotica* ( $p=0.0002$ ) y *G. proserpens* ( $p=0.002$ ) (Cuadro 7).

Con lo cual se puede observar que estas especies podrían ser características de cada tipo de vegetación correspondiente.

Cuadro 7. Resultado de análisis de especies indicadoras para cada tipo de vegetación. Se muestra el indicador observado y esperado, la desviación estándar y el valor de  $p$ .

ESPECIE DE <i>GRAPHIS</i>	INDICADOR OBSERVADO IV	INDICADOR ESPERADO IV	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	$p$
Selva alta perennifolia				
<i>G. robertusii</i>	66.7	15.9	5.31	<b>0.0002</b>
<i>G. pinicola</i>	62.8	24.3	5.18	<b>0.0002</b>
<i>G. tenella</i>	62.5	15.3	5.3	<b>0.0002</b>
<i>H. rufopallidum</i>	54.2	14	5.21	<b>0.0002</b>
<i>G. glauconigra</i>	65.2	20.6	5.42	<b>0.0004</b>
<i>G. plurispora</i>	50	13.3	5.28	<b>0.0004</b>
<i>G. cf. leptoclada</i>	45.8	12.7	5.2	<b>0.0008</b>
<i>G. bettinae</i>	45.8	12.7	5.19	<b>0.0012</b>
<i>G. puiggarii</i>	41.7	12.1	5.24	<b>0.0012</b>
<i>G. ingarum</i>	42.6	13.5	5.29	<b>0.0016</b>
<i>G. duplicata</i>	33.3	10.7	4.75	<b>0.0026</b>
<i>G. immersicans</i>	37.5	11.4	4.87	<b>0.004</b>
<i>G. angustata</i>	25	9.2	4.71	<b>0.0084</b>
<i>G. elongata</i>	29.2	10.1	4.68	<b>0.0088</b>
<i>G. multisulcata</i>	29.2	10	4.72	<b>0.0106</b>
<i>G. oxyclada</i>	27.6	12.1	5.16	<b>0.0122</b>
<i>G. furcata</i>	36.8	19.5	5.33	<b>0.0156</b>
<i>G. rosae-emiliae</i>	16.7	7.5	4.1	<b>0.027</b>
<i>G. tuxtensis</i>	16.7	7.4	4.05	<b>0.0278</b>
<i>G. pseudoserpens</i>	16.7	7.5	4.18	<b>0.0284</b>
<i>G. cinerea</i>	16.7	7.5	4.17	<b>0.0294</b>
<i>G. marusae</i>	20.8	8.3	4.46	<b>0.0298</b>
<i>G. nanodes</i>	20.8	8.2	4.49	<b>0.0308</b>
<i>G. rimulosa</i>	20.8	8.3	4.6	<b>0.0316</b>
<i>G. cf. syzygii</i>	17.9	10.1	4.7	0.0898
<i>G. anfractuosa</i>	12.5	6.9	3.51	0.1138
<i>G. longula</i>	12.5	6.9	3.57	0.116
<i>G. striatula</i>	12.5	7	3.6	0.117
<i>G. aff. illinata</i>	8.3	5.8	3.33	0.168
<i>G. palmicola</i>	8.3	5.8	3.27	0.1694

<i>G. dupaxana</i>	4.2	4.7	2.27	0.5337
<i>G. nuda</i>	4.2	4.7	2.27	0.5337
<i>G. subtecta</i>	4.2	4.8	2.3	0.5337
<i>G. cf. symplecta</i>	4.2	4.7	2.27	0.5337
<i>G. cf. arbusculaeformis</i>	4.2	4.7	2.27	0.5353
<i>G. leptocarpa</i>	4.2	4.8	2.34	0.5441
<i>G. aff. breussii</i>	4.2	4.7	2.27	0.5461
<i>G. oligospora</i>	4.2	4.7	2.27	0.5461
<i>G. subdisserpens</i>	4.2	4.7	2.27	0.5461
<i>G. brahmanensis</i>	4.2	4.8	2.31	0.5521
<i>G. subimmersa</i>	4.2	4.8	2.31	0.5521
<i>G. modesta</i>	2.3	5.8	3.26	1
Selva baja caducifolia				
<i>G. cincta</i>	82.8	20.6	5.44	<b>0.0002</b>
<i>G. caesiella</i>	51.7	15.3	5.36	<b>0.0004</b>
<i>G. lineola</i>	40	23.2	5.26	<b>0.0158</b>
<i>G. filiformis</i>	31	11.4	4.84	<b>0.0026</b>
<i>G. librata</i>	27.6	10.8	4.92	<b>0.0212</b>
<i>G. epimelaena</i>	24.1	10.1	4.67	<b>0.0118</b>
<i>G. scripta</i>	17.9	11.4	4.8	0.0656
<i>G. tejonensis</i>	10.3	6.8	3.36	0.1914
<i>G. urandreae</i>	7.4	7.5	4.18	0.4205
<i>G. chamelensis</i>	6.9	5.9	3.35	0.6443
<i>G. glaucescens</i>	6.9	5.9	3.2	0.6511
<i>G. pyrrhocheiloides</i>	6.9	5.8	3.23	0.6421
<i>G. submarginata</i>	6.9	5.9	3.31	0.6503
<i>G. albissima</i>	3.4	4.8	2.33	1
<i>G. alboglaucescen</i>	3.4	4.8	2.3	1
<i>G. atilanoi</i>	3.4	4.7	2.29	1
<i>G. bungartzii</i>	3.4	4.8	2.34	1
<i>G. handelii</i>	3.4	4.8	2.3	1
<i>G. sayeri</i>	3.4	4.8	2.3	1
<i>H. complanatum</i>	3.4	4.8	2.31	1
Bosque mesófilo de montaña				
<i>G. acharii</i>	96	12.7	5.21	<b>0.0002</b>
<i>G. chlorotica</i>	72.7	17.7	5.39	<b>0.0002</b>
<i>G. proserpens</i>	30	6.9	3.44	<b>0.002</b>
<i>G. aurita</i>	14.5	7.6	4.18	0.1142
<i>G. cf. dpressa</i>	10	4.8	2.29	0.1566
<i>G. consanguinea</i>	10	4.7	2.27	0.1542
<i>G. subradiata</i>	10	4.8	2.29	0.157

### 4.3 Discusión y conclusiones

Recientemente se han publicado trabajos donde se predice la posible distribución de la diversidad de *Graphidaceae* (Lücking *et al.*, 2014) y en particular del grupo de especies de *G. scripta* (Lücking, 2012) para distintas partes del mundo, en donde México sobresale debido a que las predicciones sugieren que podría albergar una alta diversidad de especies de la familia, incluyendo especies no descubiertas de *Graphis*. Se requieren estudios enfocados a la realización de inventarios a lo largo del país, utilizando métodos de muestreo adecuados para resolver ese número de especies. El método de muestreo utilizado en este estudio abarcó un área de 80 m<sup>2</sup> por punto de muestreo (70) y un total de 5600 m<sup>2</sup> en la selva alta perennifolia de Los Tuxtlas y en selva baja caducifolia de Chamela, tanto en sotobosque como en dosel, mientras que en el bosque mesófilo solo en el sotobosque. Sin embargo, aunque el área de recolecta fue muy amplia no se logró encontrar el número potencial de especies que es probable que existan en cada tipo de vegetación, de acuerdo a lo indicado por estimador Chao 2. Es probable que el método de muestreo sistemático de este estudio pudiera ser complementado con un muestreo aleatorio para aumentar el número de especies (71). Por ejemplo, Cáceres *et al.* (2007) hicieron un estudio comparando tres diferentes métodos de muestreo para la estimación de la diversidad de especies de líquenes costrosos: I) Oportunista no cuantitativo por sitio. II) Repitiendo tres veces un muestreo oportunista no cuantitativo en un sitio particular. III) Cuantitativo sobre un transecto. El método III permitió la recolección de tres veces más las especies que el método I, mientras que el método II sólo obtuvo dos tercios de las especies recolectadas por el método III, a pesar de que el número de especies de forofitos fue más bajo en el último. Se observó que a través del método I y II se obtienen menos especies y se deja fuera especies poco visibles, raras y estériles. Sin embargo, se deben considerar los objetivos del estudio. En el caso actual la meta era abarcar el mayor número de especies en cada ecosistema, así como conocer cuáles son sus afinidades ecológicas, por lo que se requería un método de muestreo sistemático como el utilizado. La diversidad de especies encontrada en los puntos de muestreo (alfa) en la selva alta perennifolia fue más alta, seguido de la selva baja caducifolia y finalmente el bosque mesófilo de montaña, lo cual influyó para que la diversidad gamma (número total de especies en cada tipo de vegetación) siguiera el mismo patrón. El número total de especies encontrado (71) (diversidad gamma) es alto, así como para la selva alta perennifolia (48) y selva baja caducifolia (26) (diversidad alfa a nivel regional) también parece ser alto. En el caso del bosque mesófilo de montaña de El Cielo



fue menor (11) debido a que no se realizó el mismo esfuerzo de muestreo que en los otros tipos de vegetación. Asimismo, con los datos obtenidos se pudo observar que existe un valor alto de diversidad beta o recambio de especies de *Graphis* entre los tres ecosistemas. Se pudo definir que la mayoría de las especies es diferente entre los tres sitios de estudio, lo cual es coherente con lo observado para la vegetación. Estos resultados son similares a lo obtenido por Lücking *et al.* (2008) en Costa Rica en donde encontraron diferencias en el número de especies en cada ecosistema analizado. El mayor número de especies se encontró a altitudes medias en lo que corresponde a lo que se nombra “lower montane” y que por la altitud y condiciones ambientales de lluvia constante es similar al bosque mesófilo en México, lo cual es disyuntivo con lo encontrado en esta tesis sin embargo, se justifica principalmente por la carencia de un muestreo exhaustivo que no fue posible debido a la inseguridad de la región.

En otro trabajo realizado en Brasil por Cáceres (2007) reportó 33 especies de *Graphis* en el NE de Brasil. Posteriormente Cáceres *et al.* (2007), comparó la diversidad de especies de líquenes costrosos corticícolas en tres distintos tipos de vegetación: Mata Atlántica (bosque lluvioso de la costa Atlántica), Caatinga (árido) y Brejos de Altitude (remanentes aislados de bosque lluvioso atlántico de montaña dentro de la Caatinga). Ellos encontraron los valores más altos de diversidad alfa para Mata Atlántica y Brejos de Altitude. El valor más alto de diversidad beta (disimilaridad) se observó con la Mata Atlántica y en su conjunto los puntos muestreados en Mata Atlántica obtuvieron el valor más alto de diversidad gamma. Con respecto a la composición de especies de líquenes costrosos corticícolas, Cáceres y colaboradores encontraron que Mata Atlántica y Caatinga tienen distinta composición de especies de líquenes costrosos, mientras que Brejos de Altitude presentan mayor similitud en la composición de especies con Mata Atlántica que con Caatinga. De igual manera, estos resultados coinciden con lo que se muestra en el presente trabajo, ya que los valores más altos de diversidad se registraron para la selva alta perennifolia de Los Tuxtlas la cual presenta similitud ambiental con Mata Atlántica por su cercanía al mar, lluvia abundante y temperaturas similares. Por lo tanto, si se hubiese concluido el muestreo en el bosque mesófilo de El Cielo, la composición de especies probablemente podría ser más similar entre estos ecosistemas con mayor humedad, que con la selva baja caducifolia de Chamela con altos porcentajes de evapotranspiración. En el estudio de Cáceres *et al.* (2007), la composición de especies de líquenes costrosos se mostró más similar en Mata Atlántica y Brejos de Altitude. Estos son ecosistemas con mayor humedad que Caatinga. La última es un ecosistema semiárido con

poca lluvia, que es concentrada en 3 a 5 meses al año, muy parecido a la selva baja caducifolia de Chamela.

La diversidad de especies de *Graphis* (71) (diversidad gamma) encontrada fue alta, considerando que el estudio solo abarcó tres áreas de México. En otros países más ecuatoriales como Brasil se han encontrado hasta 30 especies en ecosistemas como la Restinga (Dal Forno, 2007) o Costa Rica donde se han reportado 115 especies para seis diferentes ecosistemas (Lücking *et al.*, 2008a). Este último es el único trabajo comparable, debido a la falta de investigaciones similares que abarquen distintos tipos de vegetación. Asimismo, se observan especies en común en ambos estudios (Cuadro 8).

Cuadro 8. Especies de *Graphis* compartidas en México en este estudio y en Costa Rica en el estudio de Lücking *et al.* (2008a).

ESPECIES DE <i>GRAPHIS</i> COMPARTIDAS EN MÉXICO Y COSTA RICA			
<i>G. acharii</i>	<i>G. dupaxana</i>	<i>G. lineola</i>	<i>G. puiggarii</i>
<i>G. cf. dpressa</i>	<i>G. duplicata</i>	<i>G. longula</i>	<i>G. rimulosa</i>
<i>G. anfractuosa</i>	<i>G. furcata</i>	<i>G. multisulcata</i>	<i>G. scripta</i>
<i>G. bettinae</i>	<i>G. glaucescens</i>	<i>G. nuda</i>	<i>G. striatula</i>
<i>G. caesiella</i>	<i>G. aff. illinata</i>	<i>G. oxyclada</i>	<i>G. submarginata</i>
<i>G. chlorotica</i>	<i>G. leptocarpa</i>	<i>G. plurispora</i>	<i>G. cf. symplecta</i>
<i>G. cinerea</i>	<i>G. cf. leptoclada</i>	<i>G. proserpens</i>	<i>G. tenella</i>
<i>G. consanguinea</i>	<i>G. librata</i>	<i>G. pseudoserpens</i>	

En ambos estudios se encontraron especies que son comunes en ambientes parecidos, por ejemplo: *G. bettinae* y *G. pinicola* en el bosque lluvioso de Costa Rica y en la selva alta perennifolia de Los Tuxtlas; *G. caesiella* y *G. glaucescens* en el bosque seco de Costa Rica y la selva baja caducifolia de Chamela; *G. acharii* y *G. chlorotica* encontradas en bosque nuboso de montaña baja en Costa Rica y el bosque mesófilo de El Cielo en México. Sin embargo, aún son pocas especies semejantes, por lo cual se requerirá de estudios más profundos que permita resaltar la presencia de más especies en ambientes similares.

## **5. COMPOSICIÓN DE ESPECIES DE *GRAPHIS* Y SU RELACIÓN CON EL MICROAMBIENTE**

---

## **5. COMPOSICIÓN DE ESPECIES DE *GRAPHIS* Y SU RELACIÓN CON EL MICROAMBIENTE**

México es parte del grupo de países megabiodiversos del mundo (Mittermeier, 1988). En el norte del país abundan los ecosistemas con afinidades templadas y en el centro y sur este las selvas tropicales. Estas últimas van desde las selvas lluviosas altas y medianas hasta las estacionalmente secas con componentes arbóreos de menos de 15 m de altura (Rzedowski, 1978). En particular, la selva alta perennifolia y la selva baja caducifolia presentan una estructura de la vegetación y ambiente contrastantes. Ambas se destacan por la alta diversidad de especies y endemismos, sin embargo, también las dos enfrentan fuertes presiones para su conservación (Guevara *et al.*, 1997, 2004; Trejo, 2010).

En la actualidad, la extensión original de la selva alta perennifolia en la planicie costera del Golfo de México prácticamente se ha perdido; solo quedan manchones en la parte alta del Uxpanapa y en la Región de Los Tuxtlas (Guevara *et al.*, 2004). Esta última exhibe características como su cercanía al mar, amplio gradiente altitudinal, la configuración de su terreno, la exposición de sus montañas y cañadas, así como el vulcanismo de la región, que han permitido una gran variedad de condiciones microclimáticas. Estas condiciones han favorecido su alta diversidad biológica y el elevado número de endemismos (Geissert, 2004). Son ejemplo de ello las comunidades de más de 400 especies de árboles que aún existen en esta región (Guevara *et al.*, 2004). Por su parte, la liquenobiota de la región también se ha reportado como altamente diversa, al menos con lo referente a los líquenes foliícolas, que son los mejor estudiados en la región (Herrera-Campos *et al.*, 2004b).

Por otro lado, la selva baja caducifolia es el ecosistema tropical mejor representado en México (Dirzo y Ceballos, 2010). Originalmente ocupaba 227 000 km<sup>2</sup> y aunque no se conoce con exactitud la tasa de deforestación, al parecer sigue siendo de las selvas más extensas de su tipo en Latinoamérica (Bullock *et al.*, 1995; Sánchez-Azofeifa *et al.*, 2009; Trejo, 2010). A pesar que las selvas tropicales secas son menos diversas que las lluviosas, estos ecosistemas de acuerdo con Gentry (1988) no parecen ajustarse al paradigma de que a latitudes más altas la diversidad de especies disminuye. Estos son sitios más alejados del ecuador, pero tienen mayor biodiversidad. Así mismo, el recambio de especies (diversidad beta) entre localidades dentro de México es más alto, al igual que el nivel de endemismo (Kalacska *et al.*, 2004; Dirzo y Ceballos, 2010). La superficie de selva baja caducifolia que alberga la Estación de Biología de Chamela, es una de las

áreas mejor conservadas e importantes en toda América (Sánchez-Azofeifa *et al.*, 2009). La flora es muy diversa, estimándose más de 1150 especies de plantas vasculares (Lott, 1993, 2002) y un alto número de especies arbóreas endémicas (Lott y Atkinson, 2002). Con respecto a la líquenobiota, en la zona hasta el 2012 solo se conocía un registro de *Cresponea leprieurii* (Egea y Torrente, 1993). Sin embargo, Miranda (2012) presenta un estudio ecológico en donde analiza la diversidad y composición de especies de líquenes costrosos corticícolas en diferentes microhábitats dentro de la estación y una lista de 109 especies, la cual actualmente sigue creciendo como parte del proyecto “Líquenes costrosos de la selva baja caducifolia de Jalisco” que se desarrolla en el laboratorio de Líquenes del Instituto de Biología-UNAM. Con respecto a *Graphis*, Miranda (2012) reportó un alto número de ejemplares de este género que incluían seis especies.

En el capítulo anterior se abordó cómo es la diversidad local de *Graphis* en la selva alta perennifolia, selva baja caducifolia y bosque mesófilo y se hizo una comparación a nivel regional entre estos tres ecosistemas. En el presente capítulo se analizó la diversidad de especies del género a nivel microambiental dentro de la selva alta perennifolia y la selva baja caducifolia. El bosque mesófilo de El Cielo no se incluyó en este apartado debido a que el muestreo no se concluyó.

### **5.1 Comparación de la composición de especies de *Graphis* entre los forofitos en cada tipo de vegetación: selva alta perennifolia, Los Tuxtlas, Veracruz y selva baja caducifolia, Chamela, Jalisco**

En el análisis de conglomerados entre los forofitos en la selva alta perennifolia se observó que la mayoría de los forofitos donde se recolectó *Graphis* presentan corteza lisa. Sin embargo, se pueden observar cuatro grandes grupos de forofitos A, B, C y D que comparten especies de *Graphis*. En el grupo A y B predominan los forofitos de corteza lisa y solo dos forofitos de corteza distinta: *Artrocharyum mexicanum* de corteza ornamentada y *Guarea glabra* de corteza rugosa. El grupo C está formado casi en su totalidad por especies de forofitos de corteza lisa con excepción de una *Faramea occidentalis* de corteza rugosa. Por su parte, el grupo D presenta una combinación de distintos forofitos de corteza lisa y ornamentada (*Astrocharium mexicanum*). Se debe considerar que aún cuando la corteza de *Astrocharium mexicanum* presenta grandes espinas

la textura de su corteza es lisa, así mismo las cortezas rugosa de *Faramea occidentalis* y *Guarea glabra* tienden a ser más lisas con pequeñas protuberancias o lenticelas (Fig. 33).

En el análisis de conglomerados de la similitud en la composición de especies de *Graphis* entre los forofitos de la selva baja caducifolia de Chamela, se observó que existe mayor variación de tipos de cortezas de los forofitos en este tipo de vegetación (Fig. 34). En la gráfica se muestra la formación de tres grupos A, B y C, pero no se observa un patrón de agrupamiento de algún tipo de corteza en particular, sino más bien se observa que en los tres grupos se presentan forofitos de los cinco tipos de corteza considerados en este trabajo, lo que sugiere que deben existir otros factores ambientales como la luz, evaporación, etc. que influyen en la distribución de las especies de *Graphis* y que fueron analizados en el siguiente apartado.

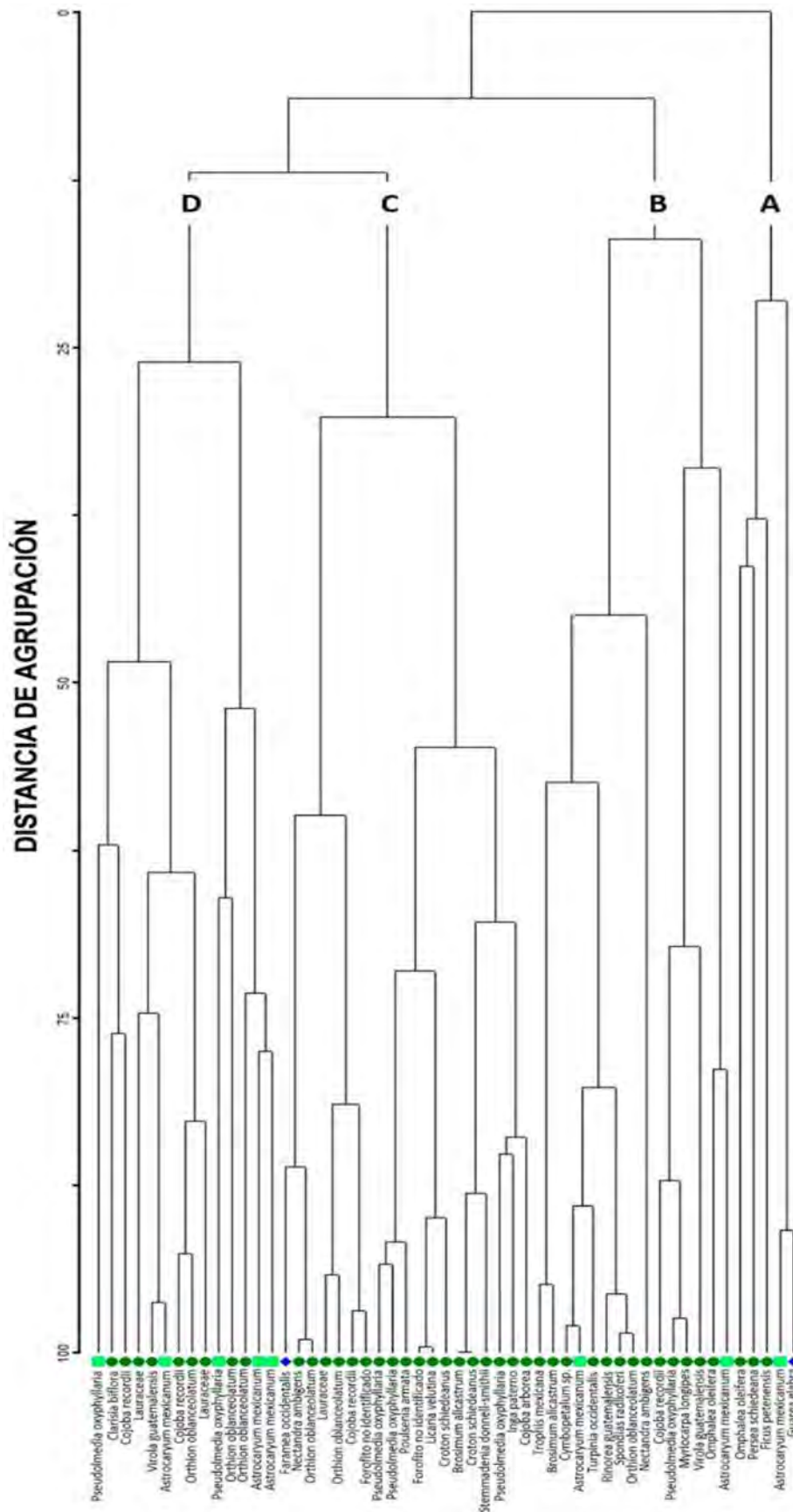


Figura 33. Análisis de conglomerados de la similitud en la composición de especies de *Graphis* entre los forofitos de la selva alta perennifolia de Los Tuxtlas en base al índice de similitud de Sørensen y beta flexible - 0.25. Lisa (círculos verdes), ornamentada (cuadros verdes), rugosa (rombos azules).





Figura 34. Análisis de conglomerados de la similitud en la composición de especies de *Graphis* entre los forofitos de la selva baja caducifolia de Chamela en base al índice de similitud de Sørensen y beta flexible -0.25. Lisa (círculos verdes), ornamentada (cuadros verdes), rugosa (rombos azules), fisurada (asteriscos azules), escamosa (triángulos rojos).

### 5.2 Composición de especies de *Graphis* de los forofitos de cada tipo de vegetación y las condiciones microambientales

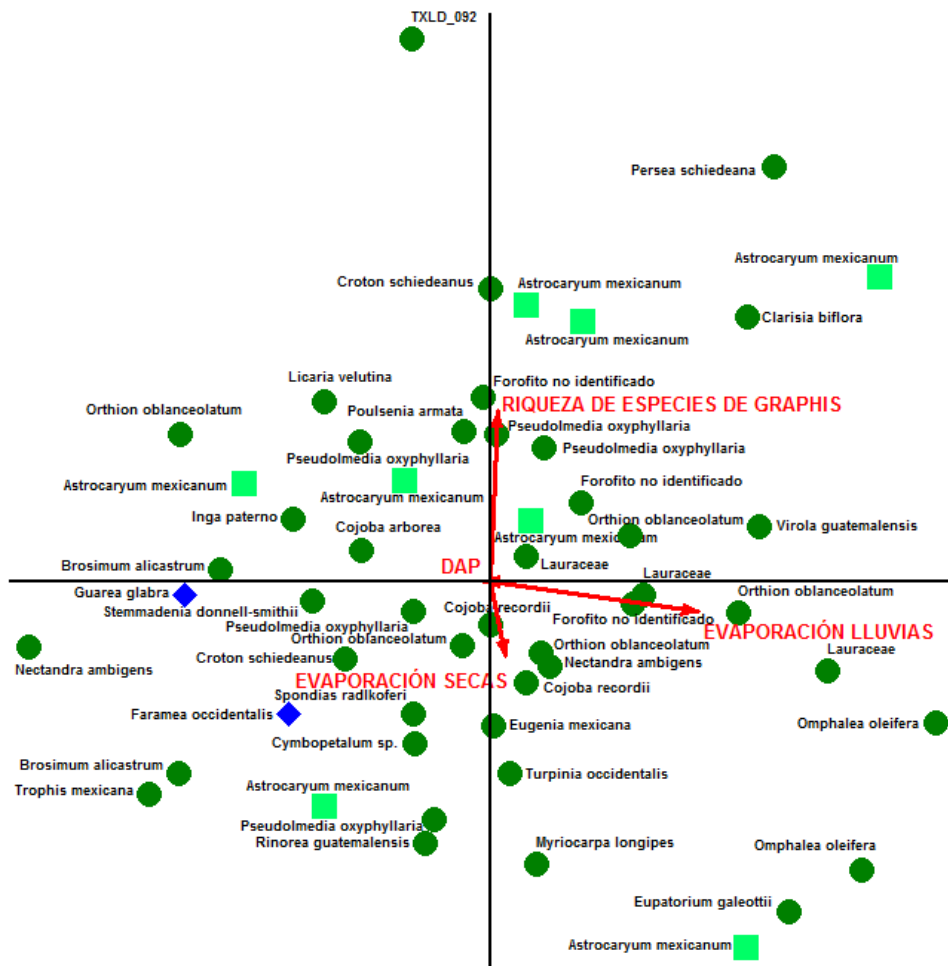


Figura 35. Analisis NMS de la similitud en la composición de especies de *Graphis* entre los forofitos de la selva alta perennifolia de Los Tuxtlas y los parámetros microambientales, evaporación y DAP, así como la riqueza de especies. Lisa (círculos verdes), ornamentada (cuadros verdes), rugosa (rombos azules).

Toda la diversidad de especies tanto en la selva alta como en la selva baja se encontró en puntos con los valores más altos de luz y en su mayoría en árboles de corteza lisa. En el análisis NMS

entre los forofitos en la selva alta se observó que se existe alta relación de las especies de *Graphis* con la evaporación (símbolos cercanos al eje evaporación secas y lluvias, derecha media y baja de la gráfica); una relación ligeramente más baja con la riqueza de especies (símbolos derecha arriba) y con el DAP una baja relación (símbolos situados a la izquierda) (Fig. 35).

En el análisis NMS realizado entre los forofitos de la selva baja caducifolia de Chamela se observó alta relación de los símbolos cercanos al eje riqueza de especies (*Cordia elaeagnoides*, *Guettarda elliptica*, *Caesalpinia eriostachys*, *Lonchocarpus sp.* y un forofito no identificado). Asimismo, existe alta relación con la evaporación en temporada lluviosa, baja con temporada seca y mínima con el DAP (símbolos frente a cada uno de los ejes) (Fig. 36).

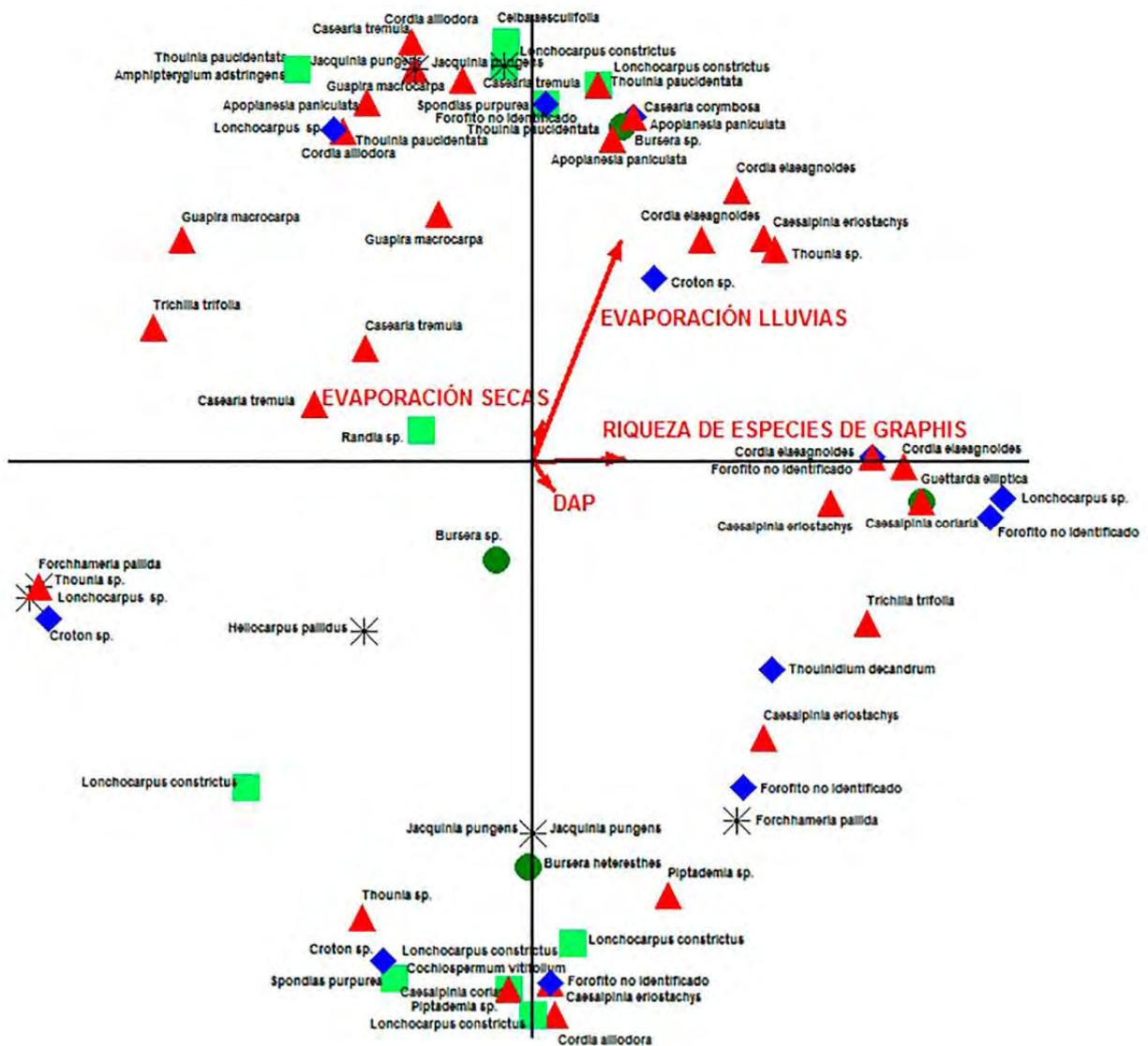


Figura 36. Análisis NMS de la similitud en la composición de especies de *Graphis* entre los forofitos de la selva baja caducifolia, Chamela y los parámetros microambientales, evaporación y DAP, así como la riqueza de especies. Lisa (círculos verdes), ornamentada (cuadros verdes), rugosa (rombos azules), fisurada (asteriscos azules), escamosa (triángulos rojos).

### 5.3 Análisis de especies indicadoras por tipo de corteza para cada tipo de vegetación

El análisis indicó que en la selva alta perennifolia no hay preferencia por algún tipo de corteza en específico (Cuadro 9).

Cuadro 9. Análisis de especies indicadoras por tipo de corteza de los forofitos en la selva alta perennifolia, Los Tuxtlas. Se muestra los valores del indicador observado, esperado, desviación estándar y los valores de *p* para cada especie.

ESPECIE DE <i>GRAPHIS</i>	INDICADOR OBSERVADO IV	INDICADOR ESPERADO IV	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	<i>p</i>
Lisa				
<i>G. plurispora</i>	33.3	26.6	9.87	0.2803
<i>G. immersicans</i>	25.6	22.2	8.62	0.3755
<i>G. puiggarii</i>	23.1	20.8	8.63	0.4417
<i>G. robertusii</i>	41.9	42.3	10.35	0.4531
<i>G. glauconigra</i>	48.8	49.7	9.85	0.4969
<i>G. pinicola</i>	45.2	51.7	8.19	0.7516
<i>G. ingarum</i>	21.9	28.9	10	0.7632
<i>G. oxyclada</i>	16.5	23.7	9.63	0.9254
<i>G. acharii</i>	2.6	4.5	5.5	1
<i>G. anfractuosa</i>	7.7	11	6.07	1
<i>G. cf. arbusculaeformis</i>	2.6	4.5	5.48	1
<i>G. brahmanensis</i>	2.6	4.6	5.55	1
<i>G. dupaxana</i>	2.6	4.5	5.46	1
<i>G. duplicata</i>	10.1	18.9	9.1	1
<i>G. aff. illinata</i>	5.1	8	5.88	1
<i>G. leptocarpa</i>	2.6	4.6	5.6	1
<i>G. longula</i>	5.1	8.2	6.2	1
<i>G. pseudoserpens</i>	7.7	11	6.06	1
Ornamentada				
<i>G. angustata</i>	35.5	19.1	8.45	0.0426
<i>G. lineola</i>	36	23.8	9.23	0.0834
<i>G. cinerea</i>	33.5	15.1	6.9	0.0924
<i>G. aff. breusii</i>	20	4.5	5.45	0.1098
<i>G. cf. leptoclada</i>	39.7	25	9.43	0.1114

<i>G. oligospora</i>	20	4.6	5.54	0.1142
<i>G. aurita</i>	20	4.6	5.58	0.1158
<i>G. rimulosa</i>	17.7	12.9	6.28	0.1424
<i>G. rosae-emiliae</i>	17.7	12.9	6.47	0.1434
<i>G. palmicola</i>	17.7	8	6.11	0.209
<i>G. nanodes</i>	13.2	15.1	6.87	0.4649
<i>G. furcata</i>	32.5	35.2	10.49	0.5001
<i>G. multisulcata</i>	14.4	7.7	8.45	0.6433
<i>G. marusae</i>	11.3	17.7	8.09	0.8788
<i>G. chlorotica</i>	13.4	25.2	10.04	0.8992
<i>G. bettinae</i>	20.7	32.1	10.22	0.9592
<i>G. elongata</i>	10.5	16.2	7.7	1

El análisis de especies indicadoras por tipo de corteza en la selva baja caducifolia de Chamela mostró que especies como *G. aurita* y *G. pyrrhocheiloides* son características de forofitos de cortezas lisas, mientras que para los otros tipos de corteza no se observó preferencia por alguna especie de *Graphis* (Cuadro 10).

Cuadro 10. Análisis de especies indicadoras por tipo de corteza de los forofitos en la selva baja caducifolia de Chamela. Se muestran los valores del indicador observado, esperado, desviación estándar y los valores de *p* para cada especie.

ESPECIE DE <i>GRAPHIS</i>	INDICADOR OBSERVADO IV	INDICADOR ESPERADO IV	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	<i>p</i>
Cortezas lisas				
<i>G. pyrrhocheiloides</i>	66.7	23.3	11.17	<b>0.0306</b>
<i>G. aurita</i>	66.7	23.6	10.7	<b>0.0374</b>
<i>G. glaucescens</i>	33.3	20.1	10.49	0.3117
<i>G. tejonensis</i>	33.3	20.2	10.49	0.3133
<i>G. scripta</i>	25.6	23.5	9.77	0.3853
<i>G. casiella</i>	22.7	30.5	14.18	0.6675
Cortezas ornamentadas				
<i>G. cincta</i>	38.4	30.6	12.86	0.2156
<i>G. lineola</i>	26.2	31.7	10.17	0.6277
Cortezas rugosas				
<i>G. librata</i>	58	31.7	15.71	0.0624
<i>G. chamelensis</i>	33.3	19.8	10.34	0.2881
<i>G. oxyclada</i>	10.8	23.4	12.71	0.5203
<i>G. filiformis</i>	17.8	23.6	13	0.5339
<i>G. urandrae</i>	16.3	23.5	12.94	0.7199

<i>G. furcata</i>	11.5	25.3	14.22	0.8886
Cortezas escamosas				
<i>G. pinicola</i>	25.7	31.3	11.2	0.6343
<i>G. modesta</i>	10	20.1	10.45	1

#### 5.4 Discusión y conclusiones

Existen pocos estudios similares al que aquí se presenta, donde se comparan la diversidad de especies de un grupo de líquenes en distintos tipos de vegetación y su relación con las condiciones ecológicas. Algunos trabajos han comparado la diversidad de especies de diferentes grupos de líquenes a distintos niveles altitudinales o en distintos estratos arbóreos (distintas alturas de un bosque determinado). Boompragob y Polyiam (2007) en Tailandia evaluaron grupos ecológicos que ayudaran al biomonitoreo de especies líquénicas y cambios ambientales. Ellos usaron cuadrantes en el dosel del bosque, a nivel medio del tronco y en la base de los árboles y encontraron que la especie de forofitos fue el factor más importante que influye en la estructura de la comunidad de líquenes, probablemente debido a la textura de la corteza y la estructura del dosel. Fueron identificados y diferenciados nueve grupos ecológicos de líquenes por su distribución con respecto al sustrato, luz, humedad y temperatura. Komposch y Hafellner (2003), en Venezuela, compararon la comunidad de líquenes en el dosel de un bosque lluvioso y una área arbustiva; dividieron el estrato arbóreo a distintas alturas y encontraron que las comunidades de líquenes del dosel alto son similares a las de la zona arbórea y que especies de *Trypetheliaceae* y *Graphidaceae* son comunes en los estratos más altos. Lo anterior se justificó por las condiciones ambientales similares principalmente en la incidencia de luz en el dosel alto y en áreas abiertas como áreas arbustivas a lo que le nombraron efecto de dosel. En estos estudios se observó la influencia de la textura del forofito y de la incidencia solar sobre la diversidad y composición de especies de líquenes costrosos.

En el presente estudio, toda la diversidad de especies de *Graphis* se encontró en sitios con valores altos de luz y en su mayoría en forofitos de corteza lisa. En los resultados del análisis de conglomerados se observa que en la selva alta perennifolia existe menos variabilidad en el tipo de cortezas de los forofitos y hay una formación de grupos que comparten similitud en la composición de especies de *Graphis* entre forofitos de corteza lisa, ornamentada y rugosa. Por su parte, en la selva baja caducifolia la variación en el tipo de cortezas de los forofitos es alta y la

formación de grupos no es clara por lo que no hay una diferencia evidente entre la composición de especies entre cortezas lisas, ornamentadas rugosas, fisuradas y escamosas. Asimismo, se identificaron solo dos especies indicadoras para corteza lisa en la selva baja caducifolia, Chamela.

Con respecto, a los otros parámetros ambientales se observó una relación de la composición de especies, así como de la riqueza de especies y el DAP y la evaporación en ambos tipos de vegetación. Estos resultados son comparables con lo encontrado en los trabajos de Boompragob y Polyiam (2007) en Tailandia, Komposch y Hafellner (2003) en Venezuela, y en el trabajo realizado en Costa Rica por Lücking *et al.*, (2008) en el que la diversidad de especies de ciertos grupos estuvo correlacionada con la estacionalidad del sitio de recolecta. Esto confirma la preferencia de las especies del género por sitios con mayor exposición solar y superficies lisas, lo cual es similar a lo reportado por Cáceres *et al.* (2007) en Brasil, en donde se analizó la preferencia de las especies de líquenes costrosos por forfitos de corteza más lisas.

## **6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES GENERALES**

---

## 6.-DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES GENERALES

Los estudios taxonómicos son la base del conocimiento de la biodiversidad y de estudios de otra clase como los ecológicos y hasta moleculares. En años recientes la tendencia por el estudio taxonómico clásico de los organismos ha disminuido. Con respecto a los líquenes, su estudio paso de una etapa descriptiva a otra sobre sus relaciones ecológicas y filogenéticas (Merwin y Nadkarni, 2001; Crespo y Pérez-Ortega, 2009; Leavitt *et al.*, 2015). Aún cuando hay grupos de líquenes, como los costrosos, que requieren atención en su estudio taxonómico. Un caso particular es la familia *Graphidaceae* (Lücking *et al.*, 2014). Esta ha tenido grandes cambios y previo a la publicación de Staiger (2002), la separación de los grupos taxonómicos basados en grupos artificiales era confusa a nivel de género (Wirth y Hale 1963, 1978). Dentro de la familia, *Graphis* es el género más grande, pero aún quedan por describir muchas especies (Lücking, 2012). Los estudios de Archer (1999, 2001, 2004a, b, 2005, 2006, 2007, 2009) en Australia y Lücking *et al.* (2008) en Costa Rica desarrollaron el trabajo de identificación de las especies de *Graphis*. Sin embargo, luego de la publicación de la clave mundial de Lücking *et al.* (2009a) los trabajos taxonómicos para el género aumentaron considerablemente (Lücking *et al.*, 2015). Utilizando esta clave, en el presente trabajo se identificaron 69 especies de *Graphis* y dos de *Hemithecium*. Se describieron ocho *Graphis* y un *Hemithecium* como nuevas para la ciencia. Asimismo, se presentó una clave de identificación para las especies de *Graphis* y *Hemithecium* para el país. En diferentes trabajos taxonómicos de la familia *Graphidaceae* se han obtenido resultados taxonómicos comparables, por ejemplo, los realizados en Brasil por Dal Forno (2009) y Feuerstein (2013) en donde reportan un número menor de especies encontradas. Sin embargo, el trabajo taxonómico de *Graphis* que aquí se presenta además incluye un análisis cuantitativo ecológico de los taxones de distintos tipos de vegetación. Por lo anterior, es el único de su tipo en México y el segundo en el mundo después del realizado por Lücking *et al.* (2008) en Costa Rica. En este último, los autores reconocen 115 especies en seis diferentes tipos de vegetación. Tanto en México como en Costa Rica se encontraron especies que son comunes en ambientes parecidos es decir, especies de ambientes específicos en diferentes áreas geográficas. Por otra parte, el numero de especies total encontrado de los tres tipos de vegetación (71) fue alto (diversidad gamma). El número de especies encontrado para la selva alta (47) y la selva baja (29) es alto y bajo para el bosque mesófilo (11) (diversidad alfa). El valor de diversidad beta o recambio de especies de *Graphis* entre los tres ecosistemas también fue alto. Esto indica que la



mayoría de las especies es diferente entre los tres sitios de estudio, lo cual también ocurre para la vegetación. Esto es similar a los obtenidos por Lücking *et al.* (2008) en Costa Rica en donde encontraron diferencias en el número de especies en cada tipo de vegetación. La diversidad de especies de *Graphis* en el presente estudio es menor (71) (diversidad gamma) a la encontrada en Costa Rica (115) en varios tipos de vegetación. Sin embargo, se debe considerar que el estudio que aquí se presenta solo abarcó tres tipos de vegetación en México y que aún falta por explorar la mayor parte del territorio. No obstante, la diversidad en la selva alta y selva baja fue alta, considerando lo reportado en países más ecuatoriales como Brasil donde se han encontrado hasta 30 especies en ecosistemas como la Restinga (Dal Forno, 2007). Cabe resaltar, que en las predicciones sobre la posible distribución de la diversidad de *Graphidaceae* (Lücking *et al.*, 2014) y en particular del grupo de *G. scripta* (Lücking, 2012) para distintas partes del mundo, México sobresale. Lo anterior, debido a que sugieren que podría albergar una alta diversidad de especies de la familia incluyendo al género *Graphis* que todavía no se han descubierto. Otro trabajo equiparable es el realizado por Cáceres *et al.* (2007). En este la composición de especies de líquenes costrosos se mostró más similar en ecosistemas con mayor humedad. La mayor diferencia se mostró en los ecosistemas semiáridos con poca lluvia concentrada en 3 a 5 meses al año semejante a la selva baja caducifolia de Chamela.

Con respecto al microclima los valores más altos de diversidad de especies de *Graphis* fueron reportados para los sitios con mayor intensidad de luz. Por su parte, Lücking *et al.* (2008) también reportó que todas las especies de *Graphis* estudiadas en Costa Rica prefirieron sitios semi-expuestos y expuestos a la incidencia solar. Sipman y Harris (1989) y Komposch y Hafellner (2003) describen que especies de *Thelotrema* y *Trichotheliaceae* dominan los estratos bajos del bosque, mientras que *Graphidaceae* y *Arthoniaceae* son comunes en los estratos más altos. Por otro lado, se observó una relación de la composición con la riqueza de especies, el DAP y la evaporación en temporada seca y lluviosa. Esto fue similar con el mencionado trabajo de Costa Rica. En este la diversidad de especies de ciertos grupos estuvo relacionada con la estacionalidad del sitio de recolecta (Lücking *et al.*, 2008a). Con respecto a la luz y los forofitos, todos los puntos donde se recolectó *Graphis* tuvieron valores altos de luz y la mayoría de los forofitos presentaban corteza lisa o escamosa. Solo se pudo identificar dos especies indicadoras de corteza lisa en la selva baja caducifolia, Chamela. De acuerdo a esto, en el presente estudio se observó un mayor número de especies colonizando forofitos con corteza lisa, lo cual es similar a lo reportado

por Cáceres *et al.* (2007) en Brasil. Por su parte, Boompragob y Polyiam (2007) y Komposch y Hafellner (2003), observaron la preferencia de las especies de *Graphis* por áreas con mayor incidencia solar y forofitos de superficie más lisa.

En conclusión, la importancia de la aportación taxonómica de este estudio se debe al incremento en el número de especies registradas para México. Así como, la descripción de nuevas especies para la ciencia y la presentación de una clave taxonómica en español. Esta última apoyará la identificación de especies en investigaciones futuras. Por tanto, este estudio es un ejemplo para tener en cuenta que un trabajo ecológico no puede ser posible sin una base taxonómica robusta previa. En el aspecto ecológico, se mostró que la diversidad de especies de *Graphis* es alta para la selva alta, la selva baja y probablemente para el bosque mesófilo (diversidad alfa). Así como para el país (diversidad gamma), aún cuando solo se incluyeron tres tipos de vegetación. El recambio en la composición de especies entre ellos también es alta (diversidad beta). Se encontró que en los ecosistemas con mayor humedad como la selva alta perennifolia de Los Tuxtlas existe mayor número de especies. En ecosistemas más áridos y con alta evapotranspiración como la selva baja caducifolia de Chamela existe menor diversidad de especies del género. A nivel microambiente, se evidenció que la diversidad más alta de especies se encuentra en sitios semiexpuestos con mayor incidencia solar. Así como, a valores altos de humedad como el dosel de la selva alta perennifolia y probablemente el bosque mesófilo de montaña. Con respecto a los forofotos se observó la preferencia de las especies de *Graphis* por las cortezas lisas. Por lo tanto, el actual trabajo es un avance importante en el conocimiento taxonómico y ecológico del género *Graphis* en México.

## **7. LITERATURA CITADA**

---

**7. LITERATURA CITADA**

- Adanson, M. 1763. Familles des Plantes II. Vicent, Paris. p. 1-27.
- Adawadkar, B. y U. Makhija. 2007. New species and a new records of *Graphis* from India with partially carbonized exciples and transseptate ascospores. *Mycotaxon* 99: 303-326.
- Aguilar Rosales, J. E. 2012. Diversidad y abundancia de macrolíquenes cortícolas en *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham. en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala, Morelos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México, Morelos. 60 p.
- Altamirano, M. 2012. Estudio comparativo de las comunidades de macrolíquenes cortícolas a diferentes escalas en tres bosques del Corredor Biológico Chichinautzin. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México, Morelos. 98 p.
- Ament, L. 2012. Diversidad genética y delimitación de especies de *Usnea* (*Parmeliaceae*, Ascomycetes liquenizados) en bosques templados de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 197 p.
- Aptroot, A. 2015. Pictures of Tropical Lichens. <http://www.tropicallichens.net/?s=g>; última consulta 25.III.2015.
- Aptroot, A. y L. B. Sparrius. 2006. Additions to the lichen flora of Vietnam, with an annotated checklist and bibliography. *Bryologist* 109 (3): 358-371.
- Archer, A. W. 1999. The lichen genera *Graphis* and *Graphina* (*Graphidaceae*) in Australia 1. Species based on Australian type specimens. *Telopea* 8: 273-295.
- Archer, A. W. 2001. The lichen genus *Graphis* (*Graphidaceae*) in Australia. *Australian Systematic Botany* 14: 245-271.
- Archer, A. W. 2004a. Additional new species in the lichen family *Graphidaceae* (Lichenised Ascomycota) from the Solomon Islands. *Mycotaxon* 89: 321-329.
- Archer, A. W. 2004b. Additions to the lichen flora of Fiji and Vanuatu based on *Graphidaceae* in the F. R. M. Wilson collection at the National Herbarium of New South Wales. *Telopea* 10 (4): 771-776.
- Archer, A. W. 2005. New combinations and synonymies in the Australian *Graphidaceae*. *Telopea* 11 (1): 59-78.
- Archer, A. W. 2006. The lichen family *Graphidaceae* in Australia. *Bibliotheca Lichenologica* 94: 1-191.
- Archer, A. W. 2007. Key and checklist for the lichen family *Graphidaceae* (lichenised Ascomycota) in the Solomon Islands. *Systematics and Biodiversity* 5 (1): 9-22.
- Archer, A. W. 2009. *Graphis*. *Flora of Australia* 57: 84-194.
- Archer, A. W. 2015. Pictures of Tropical Lichens. <http://www.tropicallichens.net/?s=g>; última consulta 25.III.2015.
- Barcenás-Peña, A. 2004. Los líquenes foliícolas como indicadores de la zonación altitudinal y efecto de elevación de masas en el volcán San Martín Tuxtla, Los Tuxtlas, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México, Morelos. 48 p.
- Barcenás-Peña, A. 2007. Comparación de la zonación altitudinal de los líquenes foliícolas en los volcanes San Martín Tuxtla y Santa Marta, Los Tuxtlas, Veracruz, México. Tesis de Maestría. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 47 p.
- Barcenás-Peña, A., R. Lücking, R. Miranda-González y M. A. Herrera-Campos. 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. *Lichenologist* 46: 69-82.
- Barcenás-Peña, A., R. Miranda-González y M. A. Herrera-Campos. 2015. Una especie nueva y peculiar de *Graphis* (Ascomycota: Ostropales: *Graphidaceae*) de la selva alta perennifolia de Los Tuxtlas, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86: 559-564.
- Bezaury, C. J. 2010. Las selvas del Pacífico mexicano en el contexto mundial. En: Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México. G. Ceballos, L. Martínez, A. García, E. Espinoza, C. J. Bezaury y R. Dirzo (eds.). Fondo de Cultura Económica y Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México. D. F. p. 21-40.
- Boompragob, K. y W. Polyiam. 2007. Ecological groups of lichens along environmental gradients on two different host tree in the tropical rain forest at Khao Yai National Park Thailand. *Bibliotheca lichenologica* 96: 25-48.
- Bonfil H. y L. Madrid. 2006. El pago por servicios ambientales en la cuenca de Amanalco-Valle de Bravo. *Gaceta Ecológica* 80: 63-79.
- Bouly de Lesdain, M. 1914. Lichens du Mexique (Etats de Puebla et du Michoacan) recueillis par le Frère Arsène Brouard. I. Escalente, S. A. 31 p.
- Brodo, I., S. Duran y S. Sharnoff. 2001. *Lichens of North American*. Yale. New Haven, London. p. 3-93.

- Brown, J. 2001. Mammals on mountainsides: elevational pattern of diversity. *Global Ecology and Biogeography* 10: 101-109.
- Buaruang, K., K. Scharnagl, P. Divakar, S. D. Leavitt, A. Crespo, T. H. Nash, L. Manoch, R. Lücking y H. T. Lumbsch. 2015. Molecular data support *Pseudoparmelia* as a distinct lineage related to *Relicina* and *Relicinopsis* (Ascomycota, *Lecanorales*). *Lichenologist* 47 (1): 43-49.
- Bullock, S. H. 1986. Climate of Chamela, Jalisco, and trends in south coastal region of Mexico. *Archives for Meteorology, Geophysics and Bioclimatology* 36: 297-316.
- Bullock, S., H. Mooney y E. Medina (eds.). 1995. Seasonally dry tropical forests. Cambridge University Press, Cambridge. 450 p.
- Bungartz, F., R. Lücking y A. Aptroot. 2010. The family *Graphidaceae* (Ostropales, Lecanoromycetes) in the Galapagos Islands. *Nova Hedwigia* 99: 1-44.
- Bungartz, F., A. Yáñez, F. Nugra y F. Ziemmeck. 2013. Guía rápida de líquenes de las Islas Galápagos. Fundación Charles Darwin. Puerto Ayora, Santa Cruz, Galápagos. p. 13-14.
- Cáceres, M. E. S. 2007. Corticolous crustose and microfoliose lichens of northeastern Brazil. *Libri Botanici, Berchtesgaden* 22: 1-168.
- Cáceres, M. E. S., R. Lücking y G. Rambold. 2007a. Corticolous microlichens in northeastern Brazil: habitat differentiation between coastal Mata Atlântica, Caatinga and Brejos de Altitude. *Bryologist* 111: 98-117.
- Cáceres, M. E. S., R. Lücking y G. Rambold. 2007b. 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. *Mycol Progress* 6 (3): 117-136.
- Cáceres, M. E. S., E. L. de Lima Nascimento, A. Aptroot y R. Lücking. 2014. Líquenes brasileiros: novas descobertas evidenciam a riqueza no Norte e Nordeste do país. *Bol. Mus. Biol. Mello Leitão (N. sér.)* 35: 101-119.
- Calvelo, S. y S. Liberatore. 2002. Catálogo de los líquenes de la Argentina. *Kurtziana* 29: 7-170.
- Casas, S. y G. Requena. 2005. Generalidades geográficas. En: Historia natural de la Reserva de la Biósfera El Cielo, Tamaulipas, México. G. Sánchez-Ramos, G. Reyes-Castillo y R. Dirzo (eds.). Universidad Autónoma de Tamaulipas. Ciudad Victoria, Tamaulipas. p. 38-48.
- Ceballos, G., A. Szekely, A. García, P. Rodríguez y F. Noguera. 1999. Programa de manejo de la Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala. Instituto Nacional de Ecología. Semarnap. México. 141 p.
- Ceballos, G., R. List, J. González Maya, E. Ponce y R. Sierra. 2014. Áreas Naturales de México: Legado de Conservación. Telmex. México. D. F.
- Chao, A., R. L. Chazdon, R. K. Cowell y T. Shen. 2004. Un Nuevo método estadístico para la evaluación de la similitud en la composición de especies con datos de incidencia y abundancia. *Ecology Letters* 8: 148-159.
- Checklist of the Lichens of Vietnam. 2015. <http://lichenvietnam.myspecies.info/taxonomy/term/10>; última consulta 25.III.2015.
- Chitale, G., U. Makhija y B. Sharma. 2011. Additional species of *Graphis* from Maharashtra, India. *Mycotaxon* 115: 469-480.
- CONABIO. 2015. Reserva de la Biósfera El Cielo. <http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/reservasBiosfera2.pdf>; última consulta 10.XII.2015.
- Cotler, H., E. Durán y C. Siebe. 2002. Caracterización morfo-edafológica y calidad de sitio de un bosque tropical caducifolio. En: Historia Natural de Chamela. F. Noguera, J. Vega, A. García y M. Quesada (eds). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. p. 17- 47.
- Crespo A., S. Pérez-Ortega. 2009. Cryptic species and species pairs in lichens: a discussion on the relationship between molecular phylogenies and morphological characters. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 66 (S1): 71-81.
- Culberson, C. y K. Ammann. 1979. Standardmethode zur ünnschichtchromatographie von Flechtensubstanzen. *Herzogia* 5: 1-24.
- Culberson, C. y A. Johnson. 1982. Substitution of methyl tert.-butyl ether for diethyl ether in standardized thin layer chromatographic method for lichen products. *Journal of Chromatography* 238: 438-487.
- Dal Forno, M. 2009. A familia *Graphidaceae* (Ascomycota Líquenzados) em Restinga em Pontal do Sul, Pontal do Paraná, Paraná. Tesis de Maestría. Universidade Federal do Paraná, Brasil, Curitiba. 158 p.
- Díaz Escandón, D., E. Soto Medina, R. Lücking y P. A. Silverstone Sopkin. 2016. Corticolous lichens as environmental indicators of natural sulphur emissions near the sulphur mine El Vinagre (Cauca, Colombia). *Lichenologist* 48 (2): 147-159.
- Digby, P. y R. Kempton. 1987. Multivariate analysis of ecological communities. Chapman y Hall. Gran Bretaña. 206 p.

- Dirzo, R. y G. Ceballos. 2010. Las selvas secas de México: un reservorio de biodiversidad y laboratorio viviente. En: Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México. G. Ceballos, L. Martínez, A. García, E. Espinoza, C. J. Bezaury y R. Dirzo (eds.). Fondo de Cultura Económica y Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México. D. F. p. 41-52.
- Egea, J. M. y P. Torrente. 1993. *Cresponea*, a new genus of lichenized fungi in the order Arthoniales (Ascomycotina). *Mycotaxon* 48: 301-331.
- Eligio González, S. 2014. Flora líquénica en fragmentos de bosque mesófilo de montaña de montaña de Cuetzalán, Puebla, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México, Morelos. 60 p.
- Escalante, E. T. 2003. ¿Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao. *Elementos* 52: 53-56.
- Flakus, A. y K. Wilk. 2006. Contribution to the knowledge of the lichen biota of Bolivia. *J. Hattori Bot. Lab.* 99: 307-318.
- Flakus, A., H. J. M. Sipman, K. Bach, P. Rodríguez, A. Flakus, K. Knudsen, T. Ahti, U. Schiefelbein, Z. Palice, A. Jabłońska, M. Oset, R. I. Meneses Q. y M. Kukwa. 2013. Contribution to the knowledge of the lichen biota of Bolivia. 5. *Polish Botanical Journal* 58 (2): 697-733.
- Feuerstein, S. C. 2014. A Tribo *Graphideae* (*Graphidaceae*, Ascomycota Lichenizados) na Ilha do Mel, Paranaguá, Paraná. Tesis de Maestría. Universidade Federal do Paraná. Brasil, Curitiba. 93 p.
- Freiberg, E. y M. Freiberg. 1999. Ritmo de crecimiento y longevidad de follaje del estrato arbustivo en la Reserva Biológica A. Brenes, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 47 (3): 339-349.
- Frisch, A., K. Kalb y M. Grube. 2006. Contributions towards a new systematics of the lichen family *Thelotrema* *aceae*. *Bibliotheca Lichenologica* 92: 1-556.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. 252 p.
- García-Oliva, F., A. Camou y J. Mass. 2002. El clima de la región central de la costa del Pacífico mexicano. En: Historia Natural de Chamela. F. Noguera, J. Vega, A. García y M. Quesada (eds.). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. p. 3-10.
- Gaswick, W. y R. Lücking. 2012. Key to the thelotremoid *Graphidaceae*. [http://discern.uits.iu.edu:8780/admin/temp/key\\_test5c\\_linear.html](http://discern.uits.iu.edu:8780/admin/temp/key_test5c_linear.html); última consulta 11.X.2015.
- Geissert, D. 2004. La Geomorfología. En: Los Tuxtlas, el paisaje de la sierra. S. S. Guevara, J. D. Laborde y G. Sánchez-Ríos (eds.). Instituto de Ecología, A. C. y Unión Europea. Xalapa, Veracruz. p. 159-180.
- Gentry, A. H. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 75: 1-34.
- Global Biodiversity Information Facility. 2015. <http://www.discoverlife.org/mp/20q?search=Graphis>; última consulta 25.III.2015.
- González-Oreja, J. A., A. A. de la Fuente-Díaz-Ordaz, L. Hernández-Santín, D. Buzo-Franco y C. Bonache-Regidor. 2010. Evaluación de estimadores no paramétricos de la riqueza de especies. Un ejemplo con aves en áreas verdes de la ciudad de Puebla, México. *Animal Biodiversity and Conservation* 33 (1): 31-45.
- Guevara, S. S., J. Laborde, D. Liesenfeld y O. Barrera. 1997. Potreros y Ganadería. En: Historia Natural de Los Tuxtlas. E. González, R. Dirzo y R. Vogt (eds.). Instituto de Biología e Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. p. 44-58.
- Guevara, S. S., J. D. Laborde y G. Sánchez-Ríos. 2004. Introducción. En: Los Tuxtlas, el paisaje de la sierra. S. S. Guevara, J. D. Laborde y G. Sánchez-Ríos (eds.). Instituto de Ecología, A. C. y Unión Europea. Xalapa, Veracruz. p. 18-28.
- Hansen, C., J. C. Lendemer y S. Beeching. 2008. Contributions to the Lichen Flora of Alabama: Recent Collections from Four Counties. *Opuscula Philolichenum* 5: 43-48.
- Harris, R. C. 1995. More Florida Lichens. Including the 10<sup>th</sup> Tour of the Pyrenolichens. Bronx, N.Y. Published by the author. 182 p.
- Hayward, G. C. 1977. Taxonomy of the lichen families *Graphidaceae* and *Opegraphaceae* in New Zealand. *New Zealand Journal of Botany* 15: 565-84.
- Heaney, L. 2001. Small mammal diversity along elevational gradients in the Philippines: an assessment of patterns and hypotheses. *Global Ecology and Biogeography* 10: 15-39.
- Hedrick, J. 1935. Lichens from the Yucatan Peninsula. *Carnegie Institution of Washington* No. 461: 107-114.
- Herrera-Campos, M. A. 1998. Revisión sistemática del género *Usnea* (Hill 1753) en México. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 221 p.
- Herrera-Campos, M. A., P. Clerc y T. H. Nash III. 1998. Pendulous species of *Usnea* from temperate forests in Mexico. *Bryologist* 101: 303-329.

- Herrera-Campos, M. A., T. H. Nash III y A. G. Zambrano. 2001. Preliminary study of the *Usnea fragilescens* aggregate in Mexico. *Bryologist* 104: 235-259.
- Herrera-Campos, M. A. y R. Lücking. 2002. The foliicolous lichen flora of Mexico. I. New species from Los Tuxtlas Tropical Biology Station. *Lichenologist* 34: 211-222.
- Herrera-Campos, M. A. y R. Lücking. 2003. The foliicolous lichen flora of Mexico II. New species from the montane forest in Oaxaca and Puebla. *Bryologist* 106: 1-8.
- Herrera-Campos, M. A., P. Martínez Colín, A. Barcenás-Peña y R. Lücking. 2004a. The foliicolous lichen flora of Mexico. III. New species from Volcán San Martín Tuxtla (Sierra de Los Tuxtlas), Veracruz, with notes on *Fellhanera santessonii*. *Phyton* 44: 167-183.
- Herrera-Campos, M. A., R. Lücking, R. E. Pérez, A. Campos, P. Martínez Colín y A. Barcenás Peña. 2004b. The foliicolous lichen flora of Mexico. V. Biogeographical affinities, altitudinal preferences, and an updated checklist of 293 species. *Lichenologist* 36: 309-327.
- Herrera-Campos, M. A., S. Huhndorf y R. Lücking. 2005. The foliicolous lichen flora of Mexico IV. A new foliicolous species of *Pyrenothrix* (Chaetothyriales: *Pyrenothrichaceae*). *Mycologia* 97: 356-361.
- Herrera-Campos, M. A., R. Lücking, R. E. Pérez-Pérez, R. Miranda-González, N. Sánchez, A. Barcenás-Peña, A. Carrizosa, A. Zambrano, B. D. Ryan y T. H. Nash III. 2014. Biodiversidad de líquenes en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. 85: S82-S99.
- Ibarra-Manríquez, G., M. Martínez-Ramos, R. Dirzo y J. Nuñez-Farfán. 1997. La vegetación. En: *Historia Natural de Los Tuxtlas*. E. González, R. Dirzo y R. Vogt (eds.). Instituto de Biología e Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. p. 61-86.
- Infante, S. y G. Zárate de Lara. 2005. *Métodos estadísticos. Un enfoque interdisciplinario*. Trillas. México. 642 pp.
- Joshi, S., U. Jayalal, S-O. Oh, J. S. Park y J-S. Hur. 2013a. New Records and an Annotated Key for the Identification of *Graphis* Adans. in South Korea. *Mycobiology* 41 (2): 73-76.
- Joshi, S., U. Jayalal, S-O. Oh, T. T. Nguyen, N. A. Dzung y J-S. Hur. 2013b. The lichen genus *Graphis* from Vietnam. *Mycotaxon* 125: 69-80.
- Käffer, M. I., M. E. S. Cáceres, V. M. Ferrão Vargas y S. M. de Azevedo Martins. 2010. Novas ocorrências de líquens cortícolas crostosos para a região sul do Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 24 (4): 948-951.
- Kalacska, M., G. A. Sanchez-Azofeifa, J. C. Calvo-Alvarado, M. Quesada, B. Rivard y D. H. Janzen. 2004. Species composition, similarity and diversity in three successional stages of a seasonally dry tropical forest. *Forest Ecology and Management* 200: 227-247.
- Kantvilas, G. 1989. *Papers and Proceedings of the Royal Society of Tasmania* 123: 67-85.
- Komposh, H. y J. Hafellner. 2003. Species composition of lichen dominated corticolous communities: a lowland rain forest canopy compare to an adjacent shrubland in Venezuela. *Bibliotheca Lichenologica* 86: 351-367.
- Kukwa, M., U. Schiefelbein y A. Flakus. 2013. A contribution to the lichen family *Graphidaceae* (Ostropales, Ascomycota) of Bolivia. *Herzogia* 26 (2): 231-252.
- Lawrey, J. D., J. Etayo, M. Dal-Forno, K. E. Driscoll y P. Diederich. 2015. Molecular data support establishment of a new genus for the lichenicolous species *Neobarya usneae* (Hypocreales). *Bryologist* 118 (1): 83-92.
- Leavitt, S. D., C. S. Moreau y H. T. Lumbsch. 2015. The Dynamic Discipline of Species Delimitation: Progress Toward Effectively Recognizing Species Boundaries in Natural Populations. En: *Recent advances in lichenology*. D. K. Upreti., P. K. Divakar, V. Shukla y R. Bajpai (eds.). Springer India, New Delhi, p 11-44.
- Lendemer, J. 2010. Notes on the genus *Graphis* (*Graphidaceae*: Lichenized Ascomycetes) in the coastal plain of southeastern North America. *Journal of the Torrey Botanical Society* 137 (2-3): 312-317.
- Linsangan-Tabaquero, A., P. A. Bawingan y R. Lücking. 2013. Key and checklist of *Graphidaceae* lichens in the Kalahan forest reserve, Nueva Vizcaya, Philippines. *Philippine Journal of Systematic Biology* 7: 22-38.
- López-Pérez, Y., J. D. Tejero-Díez, A. N. Torres-Días y I. Luna-Vega. 2011. Flora del Bosque mesófilo de Montaña adyacente en Avándaro, Valle de Bravo, Estado de México, México. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 88: 35-53.
- Lott, E. J. 1993. Annotated checklist of the vascular flora of the Chamela bay region, Jalisco, Mexico. *Occasional Papers of the California Academy of Sciences* 148: 1-60.
- Lott, E. J. 2002. Lista anotada de plantas vasculares de Chamela-Cuixmala En: *Historia Natural de Chamela*. F. Noguera, J. Vega, A. García y M. Quesada (eds). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. p. 99-136.
- Lott, E. J. y T. H. Atkinson. 2002. Biodiversidad y fitogeografía de Chamela-Cuixmala, Jalisco. En: *Historia Natural de Chamela*. F. Noguera, J. Vega, A. García y M. Quesada (eds). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. p. 83-97.

- Lücking, R. 1997. The use of foliicolous lichens as bioindicators in the tropics, with special reference to the microclimate. *Abstracta Botanica* 21 (1): 99-116.
- Lücking, R. 1998. Ecology of foliicolous lichens at the “Botarrama” trail (Costa Rica) a neotropical rain forest site. II. Patterns of diversity and area cover and cover and their dependence on microclimate and forophyte species. *Ecotropica* 4: 1-64.
- Lücking, R. 2012. Predicting species richness in tropical lichenized fungi with ‘modular’ combinations of character states. *Biodiversity and Conservation* 21: 2341-2360.
- Lücking, R. y E. Rivas Plata. 2008. Clave y guía ilustrada para géneros de *Graphidaceae*. *Revista Electrónica del Grupo Latinoamericano de Liqueólogos* 1: 1-41.
- Lücking, R., J. L. Chavez, H. J. M. Sipman, L. Umaña y A. Aptroot. 2008a. A first Assessment of the Ticholiquen Biodiversity Inventory in Costa Rica: The Genus *Graphis*, with Notes on the Genus *Hemitecium* (Ascomycota: Ostropales: *Graphidaceae*). *Fieldiana Botany* 46: 1-130.
- Lücking, R., R. del Prado, H. T. Lumbsch, S. Will-Wolf, A. Aptroot, H. J. M. Sipman, L. Umaña y J. L. Chaves. 2008b. Phylogenetic patterns of morphological and chemical characters and reproductive mode in the *Heterodermia obscurata* group in Costa Rica (Ascomycota, *Physciaceae*). *Syst Biodivers* 6 (1): 31-41.
- Lücking, R., A. Archer y A. Aptroot, 2009a. A world-wide key to the genus *Graphis* (Ostropales: *Graphidaceae*). *Lichenologist* 41: 363-452.
- Lücking, R., E. Rivas Plata, J. L. Chaves, L. Umaña y H. J. M. Sipman. 2009b. How many tropical lichens are there... really? *Bibliotheca Lichenologica* 100: 399-418.
- Lücking, R., F. Seavey, R. S. Common, S. Q. Beeching, O. Breuss, W. R. Buck, L. Crane, M. Hodges, B. P. Hodkinson, E. Lay, J. C. Lendemer, R. T. McMullin, J. A. Mercado-Díaz, M. P. Nelsen, E. Rivas Plata, W. Safranek, W. B. Sanders, H. P. Schaefer Jr. y J. Seavey. 2011. The lichens of Fakahatchee Strand Preserve State Park, Florida: Proceedings from the 18<sup>th</sup> Tuckerman Workshop. *Bulletin of the Florida Museum of Natural History* 49 (4): 127-186.
- Lücking, R., J. Sutjaritturakan y K. Kalb. 2012. Validation of three species names and description of a new species in the genus *Graphis* (Ascomycota: *Ostropales: Graphidaceae*). *Lichenologist* 44 (3): 391-394.
- Lücking, R., M. K. Johnston, A. Aptroot, E. Kraichak, J. C. Lendemer, K. Boonpragob, M. E. S. Cáceres, D. Ertz, L. I. Ferraro, Z. Jia, K. Kalb, A. Mangold, L. Manoch, J. A. Mercado-Díaz, B. Moncada, P. Mongkolsuk, K. B. Papong, S. Parnmen, R. N. Peláez, V. Poengsungnoen, E. Rivas Plata, W. SaipunkaeO, H. J. M. Sipman, J. Sutjaritturakan, D. V. Broeck, M. V. Konrat, G. Weerakoon y H. T. Lumbsch. 2014. One hundred and seventy-five new species of *Graphidaceae*: closing the gap or adrop in the bucket? *Phytotaxa* 189 (1): 7-38.
- Lumbsch, H. T., T. Ahti, S. Altermann, G. Amo De Paz, A. Aptroot, U. Arup, A. Bárcenas Peña, P. A. Bawingan, M. N. Benatti, L. Betancourt, C. R. Björk, K. Boonpragob, M. Brand, F. Bungartz, M. E. S. Cáceres, M. Candan, J. L. Chaves, P. Clerc, R. Common, B. J. Coppins, A. Crespo, M. Dal Forno, P. K. Divakar, M. V. Duya, J. A. Elix, A. Elvebakk, J. D. Fankhauser, E. Farkas, L. I. Ferraro, E. Fischer, D. J. Galloway, E. Gaya, M. Giralto, T. Goward, M. Grube, J. Hafellner, J. E. Hernández, M. A. Herrera Campos, K. Kalb, I. Kärnefelt, G. Kantvilas, D. Killmann, P. Kirika, K. Knudsen, H. Komposch, S. Kondratyuk, J. D. Lawrey, A. Mangold, M. P. Marcelli, B. McCune, M. I. Messuti, A. Michlig, R. Miranda González, B. Moncada, A. Naikatini, M. P. Nelsen, D. O. Øvstedal, Z. Palice, K. Papong, S. Parnmen, S. Pérez-Ortega, C. Printzen, V. J. Rico, E. Rivas Plata, J. Robayo, D. Rosabal, U. Ruprecht, N. Salazar Allen, L. Sancho, L. Santos De Jesus, T. Santos Vieira, M. Schultz, M. R. D. Seaward, E. Sérusiaux, I. Schmitt, H. J. M. Sipman, M. Sohrabi, U. Søchting, M. Zeuthen Søgaard, L. B. Sparrius, A. Spielmann, T. Spribille, J. Sutjaritturakan, A. Thammathaworn, A. Thell, G. Thor, H. Thüs, E. Timdal, C. Truong, R. Türk, L. Umaña Tenorio, D. K. Upreti, P. Van Den Boom, M. Vivas Rebuelta, M. Wedin, S. Will-Wolf, V. Wirth, N. Wirtz, R. Yahr, K. Yeshitela, F. Ziemmeck, T. Wheeler y R. Lücking. 2011. One hundred new species of lichenized fungi: a signature of undiscovered global diversity. *Phytotaxa* 18: 1-127.
- Mangold, A. y H. T. Lumbsch. 2007. *Graphis*. En: *Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert Region* Vol. 3, T. H. Nash III, C. Gries y F. Bungartz (eds.). Arizona State University. Tempe, Arizona. p. 381-382.
- Mangold, A., M. P. Martín, K. Kalb, R. Lücking y H. T. Lumbsch. 2008. Molecular data show that *Topeliopsis* (Ascomycota, *Thelotrema*) is polyphyletic. *Lichenologist* 40 (1): 39-46.
- Mangold, A., J. A. Elix y H. T. Lumbsch. 2009. *Thelotrema*. En: P. M. McCarthy (Ed.). *Flora of Australia* Vol. 57. Lichens 5. ABRIS and CSIRO Publishing, Canberra and Melbourne p. 195-420.
- Martins, S. M. de A. 2006. Estudo da comunidade liquenizada epífita em *Dodonaea viscosa* L. na Restinga do Parque Estadual de Itapuã, Viamão, RS. Tesis de Doctorado. Instituto de Botânica. Brasil, São Paulo. 85 p.
- McCune, B., J. B. Grace y D. L. Urban. 2002. Analysis of Ecological Communities. MjM Software, Glenden Beach, Oregon. 300 p.



- Merwin, M. y N. Nadkarni. 2001. 100 years of tropical bryophyte and lichen ecology: a bibliographic guide to the literature from 1901-2000. *Tropical Bryology* 21: 97-118.
- Massuti, I., A. Passo, J. M. Scervino y R. Vidal-Russell. 2016. The species pair *Pseudocyphellaria pilosella-piloselloides* (lichenized Ascomycota: *Lobariaceae*) is a single species. *Lichenologist* 48 (2): 141-146.
- Melhado Carboney, J. C. 2015. Estructura de las comunidades líquénicas asociadas a encinos establecidos en ambientes contrastantes en San Juan Tlacotenco, Tepoztlán, Morelos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México, Morelos. 43 p.
- Miramontes, N. 2008. Diversidad de macrolíquenes cortícolas en *Pinus ayacahuite* Ehren. en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala, Estado de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México, Morelos. 43 p.
- Miranda, F. y E. Hernández-X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28: 29-178.
- Miranda, G. R. 2008. Riqueza de líquenes saxícolas como indicadores de la salud de determinados ecosistemas en el Municipio de Querétaro. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma de Querétaro. México, Querétaro. 84 p.
- Miranda, G. R. 2012. Líquenes costrosos de la Estación de Biología Chamela, un análisis de diversidad y composición de especies en diferentes microhábitats. Tesis de Maestría. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 95 p.
- Mittermeier, R. 1988. Primate diversity and the tropical forest. Case studies from Brazil and Madagascar and the importance of the megadiversity countries. En: *Biodiversity*. E. O. Wilson (ed.). Washington: National Academy Press. p. 145-154.
- Moon, K. H., M. Nakanishi, A. Aptroot, N. Kuchitsu, Y. Futagami, S. Sophearin y H. Kashiwadani. 2013. Lichens Found in Ta Nei Temple and Its Adjacent Areas of Angkor, Siem Reap, Camboya. *Science for Conservation* 52: 43-56.
- Moreno, C. 2000. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis vol. 1. Zaragoza, 84 p.
- Müller Argoviensis, J. 1880. *Lichenologische Beiträge* X. *Flora* 63: 17-24, 40-45.
- Müller Argoviensis, J. 1887. *Graphideae Féeanae inclus. trib. affinibus nec non Graphideae exoticae Acharii, El. Friesii et Zenkeri e novo studio speciminum originalium expositae et in novam dispositionem ordinatae*. *Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève* 29 (8): 1-80.
- Müller Argoviensis, J. 1894. *Lichenes Eckfeldtiana*. *Bulletin de l'Herbier de Bossier* 2 (2): 89-93.
- Müller Argoviensis, J. 1895. *Lichens exotici IV*. *Hedwigia* 34: 139-145.
- Nash III, T. H., B. D. Ryan, C. Gries y F. Bungartz (eds.). 2002. *Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert Region. Vol. I. Lichens Unlimited*, Arizona State University. Tempe, Arizona. 532 p.
- Nash III, T. H., B. D. Ryan, P. Diederich, C. Gries y F. Bungartz (eds.). 2004. *Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert Region. Vol. II. Lichens Unlimited*, Arizona State University. Tempe, Arizona. 742 p.
- Nash III, T. H., C. Gries y F. Bungartz (eds.). 2007. *Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert Region. Vol. III. Lichens Unlimited*, Arizona State University. Tempe, Arizona. 567 p.
- Nelson, P. R., B. Mc Cune y D. K. Swanson. 2015. Lichen traits and species as indicators of vegetation and environment. *Bryologist* 118 (3): 252-263.
- Neuwirth, G. 2008. Further studies on lichens from Venezuela with new and interesting records. *Herzogia*: 147-156.
- Neuwirth, G. y R. Lücking, 2009. A new species of *Graphis* (*Graphidaceae*) from Venezuela. *Lichenologist* 41 (3): 271-274.
- Nylander, W. 1858. *Lichens colleti in Mexico a Fr. Müller*. *Flora* 41: 337-381.
- Orange, A., P. W. James y F. J. White. 2001. *Microchemical methods for the identification of lichens*. British Lichen Society, London. 101 p.
- Osorio, H. S. 1972. Contribution to the lichen flora of Uruguay. VII. A preliminary catalogue. *Comunicaciones Botánicas del Museo de Historia Natural de Montevideo* 4 (56): 1-46.
- Peláez, P. R., B. Moncada y R. Lücking. 2013. *Guías de Líquenes Tropicales. Líquenes de Morichales de San Martín, Meta, Colombia*. Science & Education, The Field Museum, Chicago, IL 60605, USA. p. 2.
- Pérez, C. 2004. *Técnicas de análisis multivariante de datos. Aplicaciones con SPSS*. Pearson Prentice Hall. Madrid, España. 646 pp.
- Pérez Jiménez, L. A. y J. Barajas-Morales. 2011. Árboles de las selvas secas de México. Identificación mediante cortezas. Instituto de Biología, UNAM. Publicaciones especiales 23: 1-96.
- Pérez-Ortega, S., F. Fernández-Mendoza, J. Raggio, M. Vivas, C. Ascaso, L. G. Sancho, C. Printzen, A. de los Ríos. 2012. Extreme phenotypic variation in *Cetraria aculeata* (lichenized Ascomycota): adaptation or incidental modification? *Ann Bot* 109 (6): 1133-1148.

- Pérez-Pérez, R. E. 2005. Impacto del manejo forestal en los macrolíquenes cortícolas de *Pinus patula* (SCHL. Y CHAM) en la Sierra de Juárez, Oaxaca. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México, Morelos. 97 p.
- Pérez-Pérez, R. E., C. H. Quiroz, M. A. Herrera-Campos y B. R. García. 2011. Scale-dependent effects of management on the richness and composition of corticolous macrolichens in pine-oak forest of Sierra de Juárez, Oaxaca, Mexico. *Bibliotheca Lichenologica* 106: 247-262.
- Pérez-Pérez, R. E., G. Castillo-Campos y M. E. S. Cáceres. 2015. Diversity of Corticolous Lichens in Cloud Forest Remnants in La Cortadura, Coatepec, Veracruz, México in Relation to Phorophytes and Habitat Fragmentation. *Cryptogamie, Mycologie* 36 (1): 79-92.
- Perlmutter, G. B., J. C. Lendemer, J. C. Guccion, R. C. Harris, B. P. Hodkinson, W. P. Kubilius, E. Lay y H. P. Schaefer, Jr. 2012. A provisional survey of lichen diversity in south-central South Carolina, U.S.A., from the 19<sup>th</sup> Tuckerman Lichen Workshop. *Opuscula Philolichenum* 11: 104-119.
- Prieto, M., L. Romera, S. Merinero, G. Aragón e I. Martínez. 2015. Development and characterization of fungal specific microsatellite markers in the lichen *Lobarina scrobiculata* (Lobariaceae, Ascomycota). *Lichenologist* 47 (3): 183-186.
- Puig, H. 1993. Árboles y arbustos del bosque mesófilo de montaña de la Reserva El Cielo Tamaulipas, México. Instituto de Ecología A. C., CNRS, UNESCO. Jalapa, Veracruz. 84 p.
- Puig, H. y R. Bracho. 1987. Climatología. En: El bosque mesófilo de montaña de Tamaulipas. H. Puig y R. Bracho (eds.). Instituto de Ecología A. C. México, D. F. p. 39-54.
- Puig, H., R. Bracho y V. J. Sosa. 1987. El bosque mesófilo de montaña: composición florística y estructura. En: El bosque mesófilo de montaña de Tamaulipas. H. Puig y R. Bracho (eds.). Instituto de Ecología A. C. México, D. F. p. 55-81.
- Ramammoorty, T. P., R. Bye, A. Lot. y J. Fa. 1993. Biological Diversity of Mexico: Origins and Distribution. Oxford University Press. Oxford, Nueva York. 792 p.
- Ramírez Juárez, J. A. 2015. Diversidad de macrolíquenes cortícolas en *Pinus hartwegii* (Lindl) en el Parque Nacional Izta-Popo Zoquiapan, Edo. de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México, Morelos. 60 p.
- Ramírez Peña, D. A. 2015. Contribución a la flora líquénica de la Reserva de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México, Morelos. 79 p.
- Redinger, K. 1935. Die Graphidineen der ersten Regnell'schen Expedition nach Brasilien 1892-94. III. *Graphis* und *Phaeographis*, nebst einem Nachtrage zu *Graphina*. *Arkiv for Botanik* 27A (3): 1-103.
- Reyes, D-G. J., J-F. Mas y A. Velázquez. 2010. Trends of tropical deforestation in Southeast Mexico. *Singapore Journal of Tropical Geography* 31: 180-196.
- Rickard, E. 2001. Elevational diversity gradients, biogeography and the structure of montane mammal communities in the intermountain region of North America. *Global Ecology and Biogeography* 10: 77-100.
- Rincón-Espitia, A. y R. Lücking, 2011. Nuevos registros del género *Graphis* (Graphidaceae) para Colombia. *Tropical Bryology* 33: 54-62.
- Rivas Plata, E., R. Lücking y H. T. Lumbsch. 2008. When family matters: an analysis of *Thelotrema* (lichenized Ascomycota: Ostropales) as bioindicators of ecological continuity in tropical forests. *Biodiversity and Conservation* 17: 1319-1351.
- Rivas Plata, E., R. Lücking, H. J. M. Sipman, A. Mangold, K. Kalb y H. T. Lumbsch. 2010. A world-wide key to the thelotremoid *Graphidaceae*, excluding the *Ocellularia-Myriotrema-Stegobolus* clade. *Lichenologist* 42: 139-185.
- Rivas Plata, E. y H. T. Lumbsch. 2011. Parallel evolution and phenotypic divergence in lichenized fungi: a case study in the lichen-forming fungal family *Graphidaceae* (Ascomycota: Lecanoromycetes: Ostropales). *Mol Phylogenet Evol* 61 (1): 45-63.
- Rivas Plata, E., J. Hernández, R. Lücking, B. Staiger, K. Kalb y M. E. S. Cáceres. 2011. *Graphis* is two genera: A remarkable case of parallel evolution in lichenized Ascomycota. *TAXON* 60: 99-107.
- Rivas Plata, E. y R. Lücking. 2013. High diversity of *Graphidaceae* (lichenized Ascomycota: Ostropales) in Amazonian Perú. *Fungal Diversity* 58: 13-32.
- Roca Valiente, B., D. L. Hawksworth, S. Pérez-Ortega, L. G. Sancho y A. Crespo. *Lichenologist* 48 (2): 97-110.
- Root, H. T., B. McCune y S. Jovan. 2014. Lichen communities and species indicate climate thresholds in southeast and south-central Alaska, USA. *Bryologist* 117 (3): 241-252.
- Rosabal, D. y G. Aragón. 2010. Líquenes epífitos en el matorral costero de la Reserva Ecológica Siboney-Juticí (Cuba). *Botanica Complutensis* 34: 21-25.

- Ryan, D., T. Nash III y M. A. Herrera-Campos. 1996. Catalog of the Lichens of Mexico. Lichen Herbarium, Arizona State University.  
<http://mgd.nacse.org/Arizona/sonoran.desert/chekmex.html>; última consulta 02.XII.2009.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Editorial Limusa. D. F. México. 431p.
- Rzedowski, 2006. Vegetación de México. CONABIO.  
[www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx\\_Cont.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx_Cont.pdf); última consulta 04.XII.2015.
- Salas, J. J., R. Peláez P., K. Farfán, D. Huertas, L. Arias y B. Moncada. 2014. Líquenes del páramo Las Delicias. Science & Education, The Field Museum, Chicago, Illinois. p. 2.
- Sánchez-Azofeifa, G. A., M. Quesada, P. Cuevas-Reyes, A. Castillo y G. Sánchez-Montoya. 2009. Land cover and conservation in the area of influence of the Chamela-Cuixmala Biosphere Reserve, Mexico. *Forest Ecology and Management* 258: 907-912.
- Sánchez-Cordero, V. 2001. Elevational gradients of diversity for bats and rodents in Oaxaca, Mexico. *Global Ecology and Biogeography* 10: 63-76.
- Schneider, K., P. Resl, M. Westberg y T. Spribille. 2015. A new highly effective primer pair to exclude algae when amplifying nuclear large ribosomal subunit (LSU) DNA from lichens. *Lichenologist* 47 (4): 269-275.
- Schiefelbein, U., A. Flakus, H. J. M. Sipman, M. Oset y M. Kukwa. 2014. A contribution to the lichen family *Graphidaceae* (Ostropales, Ascomycota) of Bolivia. 2. *Polish Botanical Journal* 59 (1): 85-96.
- Schumm, F. y A. Aptroot. 2012. A microscopical Atlas of some tropical Lichens from SE Asia (Thailand, Camboya, Philippines, Vietnam) Vol. 1. 460 p.
- Seavey, F. y J. Seavey. 2011. The lichen genus *Graphis* (*Graphidaceae*) in Everglades National Park (Florida). *Bryologist* 114 (2): 764-784.
- Seavey, F., J. Seavey, J. E. Hernández y R. Lücking. 2014. Three new *Opegrapha* species (*Roccellaceae*, Arthoniales) and several additions to the North American lichen mycota from Everglades National Park. *Bryologist* 117 (1): 62-71.
- Seaward, M. R. D. y A. Aptroot. 2005. Hong Kong Lichens Collected on the United States North Pacific Exploring Expedition, 1853–1856. *Bryologist* 108 (2): 282-286.
- Sethy, P. P., G. S. Pandit y B.O. Charma. 2012. Lichens on mangrove plants in Andaman Islands, India. *Mycosphere* 3 (4): 476-484.
- Sipman, H. J. M. 2006. Diversity and Biogeography of Lichens in Neotropical Montane Oak Forest. En: *Ecology and Conservation of Neotropical Montane Oak Forest*. M. Kappelle (ed.). Ecological Studies 185. Springer-Verlag. Heidelberg, Berlin. p. 69-82.
- Sipman, H. J. M. 2008. Provisional determination keys for the Graphidales of Costa Rica.  
<http://www.bgbm.org/sipman/Zschackia/Diorygma/Hemithecium.htm>; última consulta 25.III.2015.
- Sipman, H. J. M. 2009. Tropical urban lichens: observations from Singapore. *Blumea* 54: 297-299.
- Sipman, H. J. M. 2015a. Pictures of Singapore Lichens. <http://www.bgbm.fu-berlin.de/sipman/Zschackia/Singa/Graphis.htm>; última consulta 25.III.2015.
- Sipman, H. J. M. 2015b. Pictures of Tropical Lichens. <http://www.tropicallichens.net/?s=g>; última consulta 25.III.2015.
- Sipman, H. J. M. y R. C. Harris. 1989. Lichens. En: *Ecosystems of the world 14B. Tropical rain forest ecosystems. Biogeographical and ecological studies*. H. Lieth y M. J. A. Werger (eds.). Elsevier. E.E. U.U. Nueva York. 303-309.
- Sipman, H. J. M. y J. H. D. Wolf. 1998. Provisional checklist for the lichens of Chiapas. *Acta Botánica Mexicana* 45: 1-29.
- Smithsonian Institution. 2015. <http://collections.si.edu/search/results.htm?q=Graphis+elongata&tag.cstype=all>; última consulta 25.III.2015.
- Soto, M. y L. Gama. 1997. Climas. En: *Historia Natural de Los Tuxtlas*. E. González, R. Dirzo y R. Vogt (eds). Instituto de Biología e Instituto de Ecología. México, D. F. p. 7-23.
- Staiger, B. 2002. Die Flechtenfamilie *Graphidaceae*. Studien in Richtung einer natürlicheren Gliederung. *Bibliotheca Lichenologica* 85: 1-526.
- Staiger, B. y K. Kalb. 2004. *Graphis*. En: T. Nash III, D. Ryan, P. Diederich, C. Gries y F. Bungartz (eds.). *Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert Region. Vol. 2. Lichens Unlimited*, Arizona State University. Tempe, Arizona. p. 118-122.
- Staiger, B., K. Kalb y M. Grube. 2006. Phylogeny and phenotypic variation in the lichen family *Graphidaceae* (*Ostropomycetidae*, Ascomycota). *Mycological Research* 110: 765-772.

- Trejo, I. 2010. Las selvas secas del Pacífico mexicano. En: Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México. G. Ceballos, L. Martínez, A. García, E. Espinoza, C. J. Bezaury y R. Dirzo (eds.). Fondo de Cultura Económica y Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México, D. F. p. 41-52.
- van den Boom, P. G. y H. J. M. Sipman. 2013. Sixty-two species of lirelliform *Graphidaceae* (Ascomycota) new to Panama, including four species new to science. *Herzogia* 26: 9-20.
- Weerakoon, G., S. C. Wijeyaratne, P. A. Wolseley, E. Rivas Plata y R. Lücking. 2012. Six new species of *Graphidaceae* from Sri Lanka. *Bryologist* 115: 74-83.
- Weerakoon, G., U. Jayalal, S. Wijesundara, V. Karunaratne y R. Lücking. 2015. Six new *Graphidaceae* (lichenized Ascomycota: Ostropales) from Horton Plains National Park, Sri Lanka. *Nova Hedwigia* 101 (1-2): 77-88.
- Will-Wolf, S., M. M. Makhholm, M. P. Nelsen, M. T. Trest, A. H. Reis y S. Jovan. 2015. Element analysis of two common macrolichens supports bioindication of air pollution and lichen response in rural midwestern U.S.A. *Bryologist* 118 (4): 371-384.
- Wirth, M. y M. E. Hale, Jr. 1963. The lichen *Graphidaceae* in México. *Contributions from U. S. National Herbarium* 36: 63-119.
- Wirth, M. y M. E. Hale, Jr. 1978. Morden-Smithsonian Expedition to Dominica: The Lichens (*Graphidaceae*). *Smithsonian Contributions to Botany* 40: 1-64.
- Wirtz, N., C. Printzen y H. T. Lumbsch. 2012. Using haplotype networks, estimation of gene flow and phenotypic characters to understand species delimitation in fungi of a predominantly Antarctic *Usnea* group (Ascomycota, *Parmeliaceae*). *Organ Divers Evol* 12 (1): 17-37.
- Zahlbruckner, A. 1923. *Catalogus Lichenum Universalis*. Leipzig: Borntraeg 2: 321.
- Zambrano, G. A., T. H. Nash III y M. A. Herrera-Campos. 2000. Lichen decline in Desierto de los Leones (Mexico City). *Bryologist* 103: 428-441.
- Zar, J. 1999. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall. New Jersey. Biostatistical analysis. 620 p.

## **8. APÉNDICE**

## 8. APÉNDICE

*The Lichenologist* 46(1): 69–82 (2014) © British Lichen Society, 2014  
doi:10.1017/S0024282913000637

**Three new species of *Graphis* (Ascomycota: Ostropales: Graphidaceae) from Mexico, with updates to taxonomic key entries for 41 species described between 2009 and 2013**

Alejandrina BARCENAS PEÑA, Robert LÜCKING, Ricardo MIRANDA-GONZÁLEZ and María de los Angeles HERRERA-CAMPOS

**Abstract:** Three species of *Graphis* (*Graphidaceae*) are described from Mexico from two research stations of the Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM): Chamela Biological Station in the Cuixmala-Chamela Biosphere Reserve, Jalisco, and Los Tuxtlas Tropical Biological Station in the Los Tuxtlas Biosphere Reserve, Veracruz. The new species *Graphis bungartzii* Barcenas-Peña, Lücking, Herrera-Campos & R. Miranda is characterized by erumpent lirellae with a lateral thalline margin, striate labia and laterally carbonized exciple, transversely septate ascospores, and norstictic and connorstictic acids. *Graphis chamelensis* Barcenas-Peña & Lücking has prominent lirellae with a basal to lateral thalline margin, entire labia and completely carbonized exciple, transversely septate ascospores, and norstictic acid. Finally, *Graphis rosae-emiliae* Barcenas-Peña & Lücking is characterized by erumpent lirellae with lateral thalline margin, striate labia and completely carbonized exciple, transversely septate ascospores, and no substances detected by TLC. We present updates to the world key to *Graphis* for 41 newly described or reinstated species since the world key was published in 2009. The following new combination is proposed: *Pallidogramme parvicarpum* (B. O. Sharma & Khadilkar) Lücking comb. nov., based on *Graphis parvicarpa* B. O. Sharma & Khadilkar.

**Key words:** diversity, taxonomy, tropical lichens

*Accepted for publication 3 August 2013*

### Introduction

Mexico's geographical and climatic setting generates a wide variety of diverse ecosystems (Ramamoorthy *et al.* 1993), which make it one of the six megadiverse countries in the world (Mittermeier 1988). The Mexican lichen biota is estimated at between 3000 and 5000 species (Herrera-Campos & Lücking 2003; Lücking *et al.* 2009a), of which only about half are reported in the literature (B. D. Ryan, T. H. Nash III & M. A. Herrera-Campos, unpublished data; Sipman & Wolf 1998; Herrera-Campos & Lücking 2002,

2003; Nash *et al.* 2002, 2004, 2007; Herrera-Campos *et al.* 2004a, b, 2005).

The *Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert Region*, covering one of the best studied regions in the world in terms of its lichen biota (Nash *et al.* 2002, 2004, 2007), includes c. 1113 micro- and macrolichen species for Mexico. This contrasts with the rest of the country, where the lichenological knowledge is still fragmented or incomplete and lacks floristic and taxonomic treatments, especially for crustose lichens, except for the foliicolous species from its tropical areas (Herrera-Campos *et al.* 2004b; Lücking 2008).

Currently, an inventory of the crustose lichen biota from different vegetation types in the central and southern portions of Mexico is being undertaken, focusing on tropical rain and seasonally dry forests. An important component of this diversity is *Graphidaceae*, the most speciose family among tropical microlichens (Lücking 2009; Lücking *et al.*

A. Barcenas Peña, R. Miranda-González and M. de los A. Herrera-Campos (corresponding author): Departamento de Botánica, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Apdo. Postal 70-3627, C. P. 04510, México D. F. Email: mahc@ib.unam.mx  
R. Lücking: Department of Botany, The Field Museum, 1400 South Lake Shore Drive, Chicago, IL 60605-2496, USA.

2009b; Rivas Plata *et al.* 2012). Particularly interesting is the genus *Graphis*, with 330 species included in a recent worldwide key (Lücking *et al.* 2008, 2009b; Lücking 2009).

Recent molecular studies have produced several taxonomic changes to *Graphis* s. lat. (Staiger *et al.* 2006; Mangold *et al.* 2008; Rivas Plata *et al.* 2011). We follow the genus concept established by Staiger (2002), Staiger *et al.* (2006), Lücking (2009), and Lücking *et al.* (2008, 2009b), characterizing the genus by usually lirelliform, sessile or immersed ascomata with the exciple partially to totally carbonized, hyaline and amyloid (I+ violet), transversely septate to muriform ascospores, as well as the usually corticate, mostly white to greyish thallus. Many species do not have chemical substances, while others produce stictic, norstictic, salazinic, hypostictic, or protocetraric acids, as well as lichexanthone and/or anthraquinones as major compounds. We realize that in the interim, *Graphis* has been split into two genera (Rivas Plata *et al.* 2011), but since the correct nomenclature for the second genus has not been clarified, we treat *Graphis* here in the sense of Staiger (2002) and Lücking (2009).

At the beginning of this project, 54 species of *Graphis* were known from Mexico: 41 from literature reports (Wirth & Hale 1963; B. D. Ryan, T. H. Nash III & M. A. Herrera-Campos, unpublished data; Staiger & Kalb 2004; Mangold & Lumbsch 2007; Lumbsch *et al.* 2011) and 13 more represented in MEXU's lichen collection. This figure still represents a low number of species considering the extent of the country's territory and its variety of vegetation types. For example, 115 species have been reported from Costa Rica, a country much smaller than Mexico (Lücking *et al.* 2008). In the present paper, we describe three new species from tropical rain and dry forest, and provide updates to the world key (Lücking *et al.* 2009b) for these and an additional 38 species described between 2009 and 2013 (Jagadeesh Ram & Sinha 2009; Jia & Wei 2009; Dal-Forno & Eliasaro 2010; Joshi *et al.* 2010; Lendemer 2010; Lücking *et al.* 2010, 2011, 2012; Nakanishi *et al.* 2010; Chitale *et al.* 2011; Jia 2011; Lumbsch *et al.* 2011; Moon *et al.* 2011, 2012; Neuwirth & Aptroot

2011; Seavey & Seavey 2011; Sharma & Khadilkar 2011; Cáceres *et al.* 2012; Weera-koon *et al.* 2012; Rivas Plata & Lücking 2013).

### Materials and Methods

The new species were discovered in Los Tuxtlas Biosphere Reserve, Veracruz and Cuixmala-Chamela Biosphere Reserve, Jalisco. Los Tuxtlas Biosphere Reserve is located in the Sierra de Los Tuxtlas, south of Llanura Costera del Golfo de Mexico (Fig. 1), with an altitudinal range from 200 to 1700 m (Soto & Gama 1997). The climate of the region is classified as warm A and semiwarm A(C), with mean annual temperatures between 22–26°C and an annual average precipitation of 4500 mm (García 1981; Soto & Gama 1997). The dominant vegetation is tropical rainforest (Miranda & Hernández-X 1963; Ibarra-Manríquez *et al.* 1997). Cuixmala-Chamela Biosphere Reserve is situated on the Pacific coast, north of the Transvolcanic Belt, between sea level and 2400 m (Fig. 1). Its climate is warm sub-humid (Aw<sub>0</sub>1), with a mean annual temperature of 24.9°C and an annual average precipitation of 748 mm, 80% of which falls during the summer months (July to November), with the highest values between August and September (García 1981; Bullock 1986; García-Oliva *et al.* 2002). The main vegetation type corresponds to seasonally dry tropical forest (Miranda & Hernández-X 1963; Durán *et al.* 2002; García-Oliva *et al.* 2002).

Collections were made along transects laid for an ecological study (Barcenás Peña *et al.* 2012) and the identification of the specimens followed the keys by Lücking *et al.* (2009b) and Staiger (2002). Thallus observations were made with a stereoscope Zeiss Stemi DV4. Microscopic observations were carried out using a compound microscope (Zeiss Axiostar Plus) on thin and semi-thin transverse sections of lirellae and thalli cut with a freezing microtome, Leica CM1850, and mounted in water. Ascospores were stained with Lugol's solution



FIG. 1. Location of study sites. Chamela: Chamela Biological Station in the Cuixmala-Chamela Biosphere Reserve, Jalisco. Los Tuxtlas: Los Tuxtlas Tropical Biological Station in the Los Tuxtlas Biosphere Reserve, Veracruz.

to check the amyloid reaction and measured in water. Secondary metabolites were identified by thin-layer chromatography (TLC) following standard procedures (Culberson & Ammann 1979; Culberson & Johnson 1982; Orange *et al.* 2001); additionally, the usual spot tests (Hale 1979) were performed on the exposed medulla of the thalli. Photographs of thalli were taken using a Macroscope Leica Z16 APO A and Leica Applications Suite. Ascocarp sections and ascospores were photographed with a digital camera Canon PowerShot G6; some sections were observed with a polarized lens and also photographed.

### The Species

***Graphis bungartzii* Barcenas-Peña,  
Lücking, Herrera-Campos &  
R. Miranda sp. nov.**

MycoBank No.: MB804537

Differing from *Graphis elegans* in the erumpent lirellae with lateral thalline margin and the smaller ascospores, from *G. filiformis* in the labia becoming striate, and from *G. schiffneri* in the laterally carbonized excipulum.

Type: Mexico, Jalisco, Municipio La Huerta, Cuixmal-Chamela Biosphere Reserve, Chamela Biological Station (UNAM), near Hornitos stream, 19°30'56.1"N, 105°02'7.2"W, 59 m, seasonally tropical dry forest, on bark of *Croton* sp., June–July 2011, *Barcenas Peña* 1247 (MEXU—holotype); same locality and date, on bark of *Thouinia* sp., *Barcenas Peña* 1248, 1249 (MEXU—paratypes).

(Fig. 2 A–D)

*Thallus* corticolous, 2–5 cm diam., up to 150 µm thick, continuous; surface smooth, pale greenish grey; prothallus absent. Thallus in section *c.* 30 µm with cartilaginous upper cortex, irregular algal layer, and large clusters of calcium oxalate crystals.

*Apothecia* lirelliform, flexuose, branched, erumpent, with lateral thalline margin, 1.5–3.5 mm long, 0.1–0.2 mm wide, 0.03–0.05 mm high; *disc* concealed; proper margin thin, labia striate, black; thalline margin thick, of the same colour as the thallus. *Excipulum* entire, laterally carbonized, 15–45 µm wide,

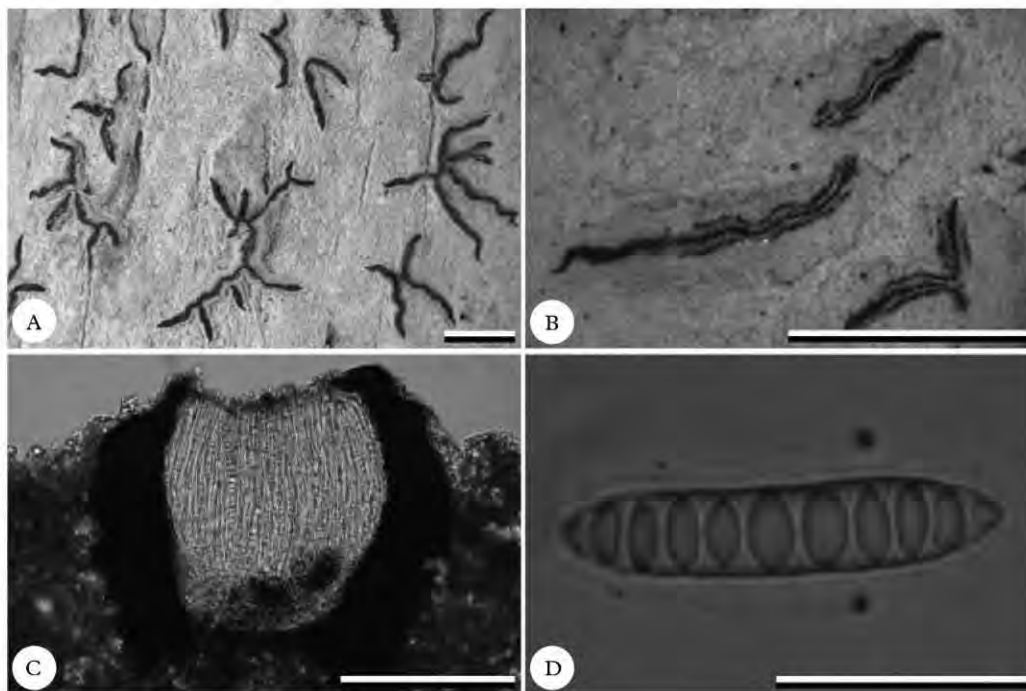


FIG. 2. *Graphis bungartzii* (holotype). A, habit and flexuose, branched, erumpent lirellae; B, concealed disc; striate labia, and thick lateral thalline margin; C, section through a lirella, laterally carbonized excipulum, and not inspersed hymenium; D, mature transversely septate ascospore. Scales: A & B = 1 mm; C = 100 µm; D = 20 µm.



black, basally orange-brown; laterally covered by corticated algiferous thallus including large clusters of calcium oxalate crystals; *hypothecium* prosoplectenchymatous, 20–27  $\mu\text{m}$  high, pale orange-brown; *hymenium* 90–110  $\mu\text{m}$  high, colourless, not interspersed, paraphyses hyaline, unbranched; *epithecium* granulose, 5.0–7.5  $\mu\text{m}$  high, brown. *Asci* fusiform, 70–90  $\times$  10–20  $\mu\text{m}$ . *Ascospores* 8 per ascus, ellipsoid to fusiform, transversely 5–11-septate, 25–38  $\times$  5–8  $\mu\text{m}$ , 3–4 times as long as wide, colourless.

**Chemistry** (TLC). Norstictic and conorstictic acids (thallus K+ yellow turning red, in sections with yellow outflow with precipitating red needles).

**Etymology.** This new species is dedicated to Frank Bungartz for his support and encouragement offered to Alejandrina Barcenapeña and Ricardo Miranda González, and his interest in Mexican lichens.

**Distribution and ecology.** The type locality, at an elevation of 59 m, is characterized by a tree mixture of the transition between dry forest and the more humid and taller semideciduous forest at arroyos (Lott *et al.* 1987). In this locality, three specimens of the new species were found growing on the bark of *Croton* sp. and *Thouinia paucidentata*. The additional specimens cited were collected in different sites, between 2 and 13.5 km from the type locality in dry forest at an altitude of 50–300 m. Although morphologically *G. bungartzii* could be placed in the *G. duplicata* group, its known ecology contrasts with that of most other species in that group, which have typically been reported from higher elevations (750–1500 m) and from evergreen rainforests with a slight to distinct dry season (Lücking *et al.* 2008).

**Remarks.** Currently there is only one other species known with labia becoming striate, a laterally carbonized excipulum, clear hymenium, small, transversely septate ascospores, and the chemical combination of norstictic and conorstictic acids, *viz.* *Graphis elegans* (Sm.) Ach. (Lücking *et al.* 2009b). That species differs from the new one in the erumpent

to prominent lirellae lacking a thalline margin and the larger, thick-walled ascospores with 9–13 septa, although it shares the same secondary substances. *Graphis filiformis* Adaw. & Makahija is also similar to *Graphis bungartzii*, but differs in having longer, irregularly to radiately branched lirellae with entire labia, and it lacks conorstictic acid. The eastern paleotropical *Graphis schiffneri* Zahlbr. agrees with the new species in most aspects but has a completely carbonized excipulum, thicker thalline margin, and only norstictic acid as the main secondary substance.

**Specimens examined.** **Mexico:** Jalisco: Municipio La Huerta, Cuixmala-Chamela Biosphere Reserve, Chamela Biological Station (UNAM), 100 m E from station buildings, between Chachalacas trail and Camino Antiguo Sur dirt road, 19°29'51.1"N, 105°02'30.2"W, 68 m, seasonally tropical dry forest, on bark of *Thouinia paucidentata*, 2009, *Miranda* 1088; 300 m W from Tejón trail at 600 m sign, 19°30'11.4"N, 105°02'53.8"W, 41 m, seasonally tropical dry forest, on bark of *Thouinia paucidentata*, 2010, *Miranda* 1774; Ejido Gargollo, S of Chamela Biological Station (UNAM), 19°24'17.9"N, 104°58'56.5"W, 57 m, seasonally tropical dry forest, on bark of *Thouinia paucidentata*, 2010, *Miranda* 4266 (all MEXU).

### ***Graphis chamelensis* Barcenapeña & Lücking sp. nov.**

Mycobank No.: MB804538

Differing from *Graphis emersa* in the longer, partly branched lirellae, and from *G. conferta* in the norstictic acid chemistry.

**Type:** Mexico, Jalisco, Municipio La Huerta, Cuixmala-Chamela Biosphere Reserve, Chamela Biological Station (UNAM), near Hornitos stream, 19°30'52.6"N, 105°02'05.5"W, 59 m, seasonally tropical dry forest-semideciduous arroyo forest transition, on bark of *Forchhammeria pallida*, June–July 2011, *Barcenapeña* 1239 (MEXU—holotype).

(Fig. 3A–D)

**Thallus** corticolous, 0.5–1.0 cm diam., 40–80  $\mu\text{m}$  thick, continuous; surface smooth, pale greenish grey; prothallus absent. Thallus in section with thick cartilaginous upper cortex, irregular algal layer, and large clusters of calcium oxalate crystals.

**Apothecia** lirelliform, flexuose, partly branched, prominent, with basal to lateral thalline margin, 1–3 mm long, 0.2–0.4 mm wide, 0.25–0.30 mm high; *disc* concealed;

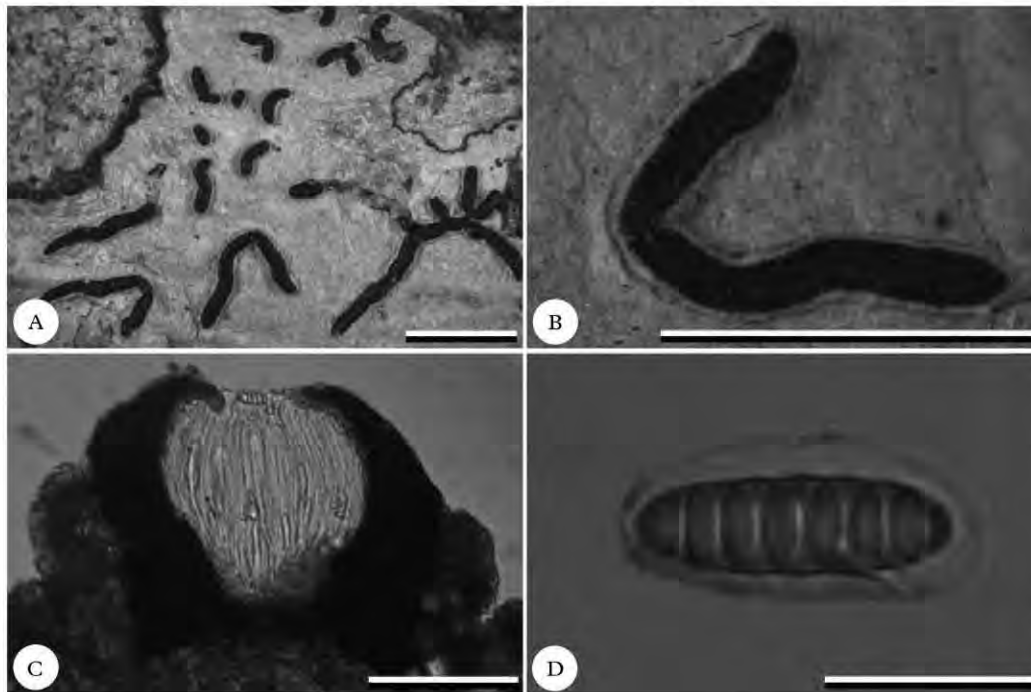


FIG. 3. *Graphis chamelensis* (holotype). A, habit and prominent lirellae; B, concealed disc; labia entire, and basal to lateral thalline margin; C, section through a lirella, entire, completely carbonized excipulum and not inspersed hymenium; D, mature transversely septate ascospore. Scales: A & B = 1 mm; C = 100  $\mu\text{m}$ ; D = 20  $\mu\text{m}$ .

proper margin thick, labia entire, black. *Excipulum* entire, completely carbonized, 50–70  $\mu\text{m}$  wide, black, basal internal parts brown; *hypotheceum* prosoplectenchymatous, 20–30  $\mu\text{m}$  high, colourless to pale yellowish; *hymenium* 80–100  $\mu\text{m}$  high, colourless, clear, paraphyses unbranched; *epithecium* granulo-lose, 10–25  $\mu\text{m}$  high, olive-brown. *Asci* fusiform, 70–90  $\times$  15–25  $\mu\text{m}$ . *Ascospores* 4–8 per ascus, oblong, transversely 7–10-septate, 25–35  $\times$  7–10  $\mu\text{m}$ , 2–4 times as long as wide, colourless.

**Chemistry (TLC).** Norstictic acid (thallus K+ yellow turning red, in sections with yellow outflow with precipitating red needles).

**Distribution and ecology.** The type material of *Graphis chamelensis* was collected in the same transitional vegetation as *G. bungartzii*, but on the bark of *Forchhammeria pallida*. The additional specimens were found growing on *Bursera heteresthes* and *Guettarda ellip-*

*tica* in three different sites in dry forest at 48–95 m, 1–2 km from the type locality. Although *G. chamelensis* was found on a higher number of different phorophytes than *G. bungartzii*, it seems to grow in a more limited area, probably requiring more specific microclimate conditions. Although the species forms part of the *G. nuda* group, its ecological preferences contrast with those of other species in that group, which are more typically found at high altitudes (Lücking et al. 2008).

**Remarks.** *Graphis chamelensis* is similar to *G. emersa* Müll. Arg., from which it differs mainly by the presence of longer, partly branched prominent lirellae with a sometimes basally developed thalline margin. Both species have the same chemistry (Lücking et al. 2009b). *Graphis conferta* Zenker is morphologically like *G. chamelensis*; however, it has sessile lirellae without a thalline

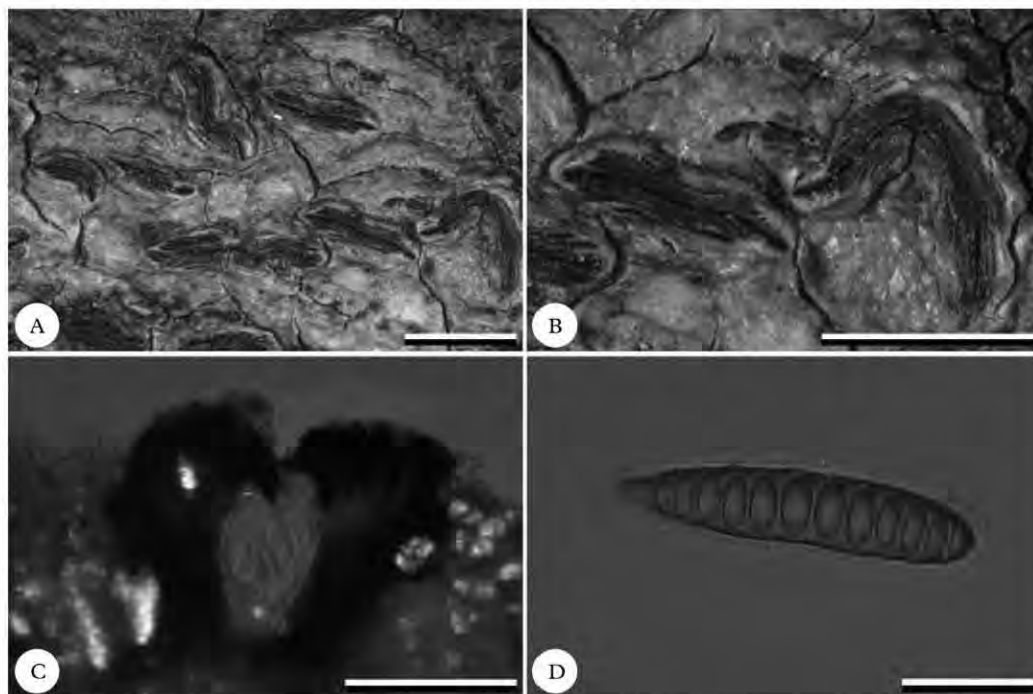


FIG. 4. *Graphis rosae-emiliae* (holotype). A, habit and flexuose, unbranched, erumpent lirellae; B, concealed disc; labia striate, lateral thalline margin; C, section through a lirella, completely carbonized excipulum, inspersion of hymenium, and calcium oxalate crystals visible with polarized light; D, mature transversely septate ascospore. Scales: A & B = 1 mm; C = 100  $\mu$ m; D = 20  $\mu$ m.

margin, slightly longer ascospores, and no secondary substances.

*Additional specimens examined.* **Mexico:** Jalisco: Municipio La Huerta, Cuixmala-Chamela Biosphere Reserve, Chamela Biological Station (UNAM), near Tejón trail, 19°30'25.6"N, 105°02'32.8"W, 48 m, seasonally tropical dry forest, on bark of *Forchhammeria pallida*, 2011, Barcenás Peña 2000; 19°30'29.3"N, 105°02'29.8"W, 83 m, on bark of *Bursera heteresthes*, Barcenás Peña 2001; 19°30'34.4"N, 105°02'21"W, 95 m, on bark of *Guettarda elliptica*, Barcenás Peña 2002 (all MEXU).

***Graphis rosae-emiliae* Barcenás-Peña & Lüicking sp. nov.**

Mycobank No.: MB804539

Differing from *Graphis syzygii* in the larger ascospores and the lack of secondary substances, and from *G. aurita* in the inspersion of the hymenium and larger ascospores.

Type: Mexico, Veracruz, Municipio San Andrés Tuxtla, Los Tuxtlas Biosphere Reserve, Los Tuxtlas Tropical Biology Station, near Laguna Zacatal, 18°35'07.1"N, 95°05'23.4"W, 242 m, lowland rainforest, on bark of *Orthion oblanceolatum*, May 2011, Barcenás Peña 1235 (MEXU—holotype); same locality and

date, on bark of unidentified phorophyte, Barcenás Peña 1254 (MEXU—paratype).

(Fig. 4A–D)

*Thallus* corticate, 1–3 cm diam., 120–180  $\mu$ m thick, continuous; surface smooth, greenish grey; prothallus absent. *Thallus* in section with cartilaginous upper cortex, irregular algal layer, and large clusters of calcium oxalate crystals.

*Apothecia* lirelliform, flexuose, unbranched, erumpent, with lateral thalline margin, 1–3 mm long, 0.25 mm wide, 0.1 mm high; *disc* concealed; proper margin thick, labia striate, black. *Excipulum* completely carbonized, 70–90  $\mu$ m wide, black; *hypothecium* prosoplectenchymatous, 20–25  $\mu$ m high, colourless; *hymenium* 80–90  $\mu$ m high, colourless, inspersion (type A according to Lüicking 2009), paraphyses unbranched; *epithecium* granulate, 10–15  $\mu$ m high, colourless to pale yellowish. *Asci* fusiform, 70–90  $\times$  10–20  $\mu$ m.

*Ascospores* 8 per ascus, oblong, transversely 9–13-septate,  $45\text{--}55 \times 5\text{--}10 \mu\text{m}$ , 5–9 times as long as wide, colourless.

*Chemistry* (TLC). No substances detected (all spot tests negative).

*Distribution and ecology*. The type locality is characterized by an exuberant tropical rainforest with high humidity, at an elevation of 242 m along the east side of San Martín Tuxtla volcano. The type material of *G. rosae-emiliae* was found on the bark of canopy branches of *Orthon oblancoelatum*. The additional specimen was also found in the canopy, in a different locality and on a different date, 21 km from the type locality, at 345 m, on the northern slope of the Santa Marta Volcano.

*Remarks*. *Graphis rosae-emiliae* is characterized by its unbranched, erumpent lirellae with striate labia and lateral thalline margin, the completely carbonized excipulum, and the inspersion hymenium (type A), as well as transversely septate ascospores and lack of

secondary metabolites. Other species with a similar lirella type, inspersion hymenium, and transversely septate ascospores are *G. leucaenae* Aptroot, *G. inspersolongula* Aptroot, and *G. syzygii* Aptroot (Lücking *et al.* 2009b). Both *G. leucaenae* and *G. inspersolongula* have much larger ascospores and produce norstictic acid. *Graphis syzygii* Aptroot differs in its smaller ascospores and the presence of stictic acid. Finally, *G. cinerea* Fée shares the same chemistry as *G. rosae-emiliae* but it has very large ascospores ( $100\text{--}200 \times 18\text{--}30 \mu\text{m}$ ) and a different type of inspersion, among other morphological differences. Morphologically and chemically similar is *G. aurita* Eschw., but it lacks inspersion and its ascospores are smaller.

*Specimen examined*. **Mexico**: Veracruz: Municipio Catemaco, Los Tuxtlas Biosphere Reserve, Selva del Marinero, Ejido Adolfo López Mateos,  $18^{\circ}26'0.5''\text{N}$ ,  $94^{\circ}57'44.1''\text{W}$ , 345 m, lowland rainforest, on bark of unidentified phorophyte, 2009, Barcenas Peña 1170 (MEXU).

### Updates to the world key to species of *Graphis*

The publication by Lücking *et al.* (2009b) of a first global working key to the genus *Graphis*, as redefined by Staiger (2002) and Lücking (2009), has boosted the discovery and description of new species. Including the three species introduced here, no less than 41 species have been described or reinstated in the four years following publication of the key, representing an increase of 12.4% over the 330 species treated in the key. Of these, six are from North America (Lendemer 2010; Lücking *et al.* 2011; Seavey & Seavey 2011), four from Mexico (Lumbsch *et al.* 2011; this paper), one from Central America (Costa Rica: Lücking *et al.* 2012), nine from South America (Peru: Rivas Plata & Lücking 2013; Brazil: Dal-Forno & Eliasaro 2010; Lumbsch *et al.* 2011; Cáceres *et al.* 2012), three from Europe (Neuwirth & Aptroot 2011), 16 from Asia (India: Jagadeesh Ram & Sinha 2009; Chitale *et al.* 2011; Sharma & Khadilkar 2011; Sri Lanka: Weerakoon *et al.* 2012; Cambodia: Nakanishi *et al.* 2010; Moon *et al.* 2011; South Korea: Joshi *et al.* 2010; Moon *et al.* 2012; China: Jia & Wei 2009; Jia 2011; Indonesia: see key entries below), one from Fiji (Lücking *et al.* 2010), and one pantropical species (this paper: see key entries below). We expect that this trend will continue in the near future; for the *Graphis scripta* group alone, Lücking (2012) predicted nearly 50 missing species based on the data from the published key. Some nomenclatural and taxonomic changes were also proposed, the scope of which are summarized below.

Since the publication of a complete, updated key would go beyond this paper and would also be futile in the light of possibly many more species being described in the near future, for each of the newly established species or nomenclatural or taxonomic changes, we provide a detailed entry based on the key published previously (Lücking *et al.* 2009b). For the moment, we apply the concept of *Graphis sensu* Staiger (2002) and Lücking (2009), although it has been shown that this encompasses two genera (Rivas Plata *et al.* 2011). However, at present the second genus, which has tentatively been named *Allographa* (Rivas Plata *et al.*

2011), cannot be named formally until the type species of *Hemithecium* has been sequenced. The reason for this is that the name *Allographa* is invalid and must be validated, but the type species of *Hemithecium* potentially belongs in that clade, providing a valid name that would then have priority.

One species, *Graphis parvicarpa* B. O. Sharma & Khadilkar (Sharma & Khadilkar 2011), turned out to belong in the genus *Pallidogramme*. The apical carbonization, as shown in the excellent illustrations in the protologue, is not part of the excipulum but of the epithecium. The type of hymenial inspersion agrees with *Pallidogramme*, and nearly hyaline ascospores are often found in that genus. We therefore propose the following combination:

***Pallidogramme parvicarpum* (B. O. Sharma & Khadilkar) Lücking comb. nov.**

Mycobank No.: MB804862

*Graphis parvicarpa* B. O. Sharma & Khadilkar, *Lichenologist* 43: 487 (2011).

Names that were validated or changed in nomenclature or taxonomic concept are:

***Graphis arbusculaeformis*** (Vain.) Lücking (Lücking *et al.* 2012); validated.

***Graphis betulina*** (Pers.) Ach. (Neuwirth & Aptroot 2011); replaces *G. scripta* (L.) Ach. auct. p.p.

***Graphis caribica*** Lücking (Lumbsch *et al.* 2011); validated.

***Graphis inustuloides*** Lücking (Lücking & McCune 2012); replaces *G. britannica sensu* Staiger auct.

***Graphis macrocarpa*** (Pers.) Röhl. (Neuwirth & Aptroot 2011); replaces *G. scripta* (L.) Ach. auct. p.p.

***Graphis norvestitoides*** Sutjaritturakan (Lücking *et al.* 2012); validated and taxonomy corrected (see key below, Group 18, couplet 3 and Group 20, couplet 1).

***Graphis pedunculata*** Bungartz & Aptroot (Bungartz *et al.* 2010); validated.

***Graphis pulverulenta*** (Pers.) Ach. (Neuwirth & Aptroot 2011); replaces *G. scripta* (L.) Ach. auct. p.p.

***Graphis rongklaensis*** Sutjaritturakan (Lücking *et al.* 2012); validated.

The following are updates to the key entries in the world key to *Graphis* (Lücking *et al.* 2009b), for 41 newly described or reinstated species from 2009 to 2013:

Group 1, couplet 10: Excipulum laterally carbonized; hymenium clear; norstictic acid; ascospores muriform; 50–100 × 20–30 µm; USA. . . . .  
 . . . . . ***Graphis hodgesiana* Lendemer** (Lendemer 2010)

Group 1, couplet 10: Excipulum laterally carbonized; hymenium clear; norstictic acid; ascospores submuriform; 20–35 × 10–15 µm; USA. . . . .  
 . . . . . ***Graphis tamiamiensis* Lendemer** (Lendemer 2010)

Group 2, couplet 2: 2-methoxy-psoromic acid; thallus sorediate; ascospores 30–35 × 7–8 µm; Cambodia . . . . .  
 . . . . . ***Graphis taneina* M. Nakan. *et al.*** (Moon *et al.* 2011)

Group 3, couplet 3: Lirellae prominent, with complete thalline margin, elongate and irregularly branched; India . . . . .  
 . . . . . ***Graphis elevaterrucosa* Chitale *et al.***  
 . . . . . (Chitale *et al.* 2011)

- 2014                      New species of *Graphis*—*Barcenas Peña et al.*                      77
- Group 4, couplet 5: Lirellae prominent to sessile, with thick lateral thalline margin, very short and unbranched (*dussii*-morph); norstictic and salazinic acids; China . . . . .  
 . . . . . ***Graphis paradussii* Z. F. Jia** (Jia 2011)
- Group 4, couplet 35: Disc exposed, non-pruinose; lirellae with rounded ends; Europe . . . . .  
 . . . . . ***Graphis macrocarpa* (Pers.) Röhl.** (Neuwirth & Aptroot 2011)
- Group 4, couplet 35: Disc exposed, pruinose or weakly pruinose; lirellae with acute ends and conspicuously thick lateral thalline margin; Europe . . . . .  
 . . . . . ***Graphis betulina* (Pers.) Ach.** (Neuwirth & Aptroot 2011)
- Group 4, couplet 35: Disc exposed, pruinose; lirellae with acute ends and thin lateral thalline margin; Europe . . . . .  
 . . . . . ***Graphis pulverulenta* (Pers.) Ach.** (Neuwirth & Aptroot 2011)
- Group 4, couplet 41: *Graphis scripta* (L.) Ach. s. str. would key out under *G. pinicola* Zahlbr. according to the characters given by Neuwirth & Aptroot (2011); possibly the collections of *G. pinicola* from subtropical regions (with lateral thalline margin) represent *G. scripta* s. str., whereas tropical material (with apically thin complete thalline margin) would have to be named *G. guineensis* C. W. Dodge; this issue needs further study.
- Group 6, couplet 12: Disc exposed, non-pruinose; South Korea . . . . .  
 . . . . . ***Graphis jejuensis* K. H. Moon *et al.*** (Moon *et al.* 2012)  
 [In the original description (Moon *et al.* 2012), this species is given as carbonized apically or in the upper half, and thus far only *G. pertriosa* (Kremp.) A. W. Archer is known with such a character combination, differing in the muriform ascospores and norstictic acid; however, the illustrations provided by Moon *et al.* (2012) suggest a laterally carbonized excipulum]
- Group 6, couplet 12: Disc concealed; labia non-pruinose; lirellae immersed in distinct, raised, pseudostromatic areas; USA. . . . .  
 . . . . . ***Graphis elevata* Seavey & J. Seavey** (Seavey & Seavey 2011)
- Group 7, couplet 6: Ascospores 70–100 × 15–20 µm; lirellae erumpent, with thick lateral thalline margin (*subserpentina* morph); Fiji . . . . .  
 . . . . . ***Graphis collinsiae* Lücking & Lumbsch** (Lücking *et al.* 2010)
- Group 8, couplet 7: Lirellae prominent to sessile, with thick lateral thalline margin, very short and unbranched (*dussii*-morph); norstictic and salazinic acids; China . . . . .  
 . . . . . ***Graphis paradussii* Z. F. Jia** (Jia 2011)
- Group 8, couplet 10: Lirellae prominent, with basal thalline margin, irregularly branched; ascospores 35–65 µm long; USA. . . . .  
 . . . . . ***Graphis brittoniae* Seavey & J. Seavey** (Seavey & Seavey 2011)
- Group 8, couplet 15: Lirellae erumpent to prominent, lacking or with basal thalline margin; short and sparsely branched; thallus distinctly verrucose to almost isidiate; China . . . . .  
 . . . . . ***Graphis guangdongensis* Z. F. Jia & J. C. Wei** (Jia & Wei 2009)
- Group 8, couplet 17: Lirellae erumpent; thallus verrucose; Brazil . . . . .  
 . . . . . ***Graphis invisibilis* Dal-Forno & Eliasaro** (Dal-Forno & Eliasaro 2010)
- Group 8, couplet 18: Lirellae stellately branched and clustered into pseudostromata; thallus isidiate; Brazil . . . . .  
 . . . . . ***Graphis itatiaiensis* Nelsen *et al.*** (Lumbsch *et al.* 2011)

- Group 8, couplet 20: Thallus green; lirellae 1–5 mm long, lacking basal margin, with grey-black labia; Mexico . . . . .  
 . . . . . **Graphis marusae B. Peña & Lücking** (Lumbsch *et al.* 2011)
- Group 8, couplet 29: Lichexanthone; disc exposed (*handelii* morph); South Korea . . . . .  
 . . . . . **Graphis flavopalmicola Y. Joshi *et al.*** (Joshi *et al.* 2010)
- Group 8, couplet 36: Lirellae prominent, with basal to lateral thalline margin, elongate and irregularly branched; Mexico . . . . .  
 . . . . . **Graphis chamelensis Barcenas-Peña & Lücking** (this paper)
- Group 8, couplet 42: Lirellae elongate to very long, prominent; thallus sorediate; Brazil. . . . .  
 . . . . . **Graphis lueckingii Dal-Forno & Eliasaro** (Dal-Forno & Eliasaro 2010)
- Group 8, couplet 51: Lirellae irregularly branched, with apically thin complete margin; ascospores regularly 3-septate, 15–20 × 5–6 µm; Peru . . . . .  
 . . . . . **Graphis pitmanii Rivas Plata & Lücking** (Rivas Plata & Lücking 2013)
- Group 8, couplet 51: Lirellae irregularly branched but not radiate, with very thin complete margin; ascospores 7–11-septate, 35–55 × 10–12 µm; Brazil . . . . .  
 . . . . . **Graphis paranaensis Dal-Forno & Eliasaro** (Dal-Forno & Eliasaro 2010)
- Group 10, couplet 6: Lirellae prominent, with thick lateral thalline margin (*marginata* morph); ascospores 50–70 µm long; Sri Lanka. . . . .  
 . . . . . **Graphis srilankensis Weerakoon *et al.*** (Weerakoon *et al.* 2012)
- Group 10, couplet 13: Lirellae prominent, with basal to lateral thalline margin and exposed disc; Peru. . . . .  
 . . . . . **Graphis apertoinpersa Rivas Plata & Lücking** (Rivas Plata & Lücking 2013)
- Group 13, couplet 1: 2-methoxy-psoromic acid; thallus sorediate; ascospores 30–35 × 7–8 µm; Cambodia. . . . .  
 . . . . . **Graphis taneina M. Nakan. *et al.*** (Moon *et al.* 2011)
- Group 13, couplet 7: Ascospores medium-sized to large, 50–95 × 7–9 µm, 8 per ascus; labia non-pruinose; lirellae erumpent to prominent, lacking or with basal thalline margin, very long and irregularly to radiately branched; India . . . . .  
 . . . . . **Graphis neoraensis Jagadeesh & G. P. Sinha** (Jagadeesh Ram & Sinha 2009)
- Group 13, couplets 8 and 9: Thallus distinctly verrucose but not isidiate; lirellae with verrucose lateral thalline margin; Sri Lanka. . . . .  
 . . . . . **Graphis allugallenensis Weerakoon *et al.*** (Weerakoon *et al.* 2012)
- Group 13, couplet 14: Thallus white-grey; lirellae erumpent, labia non-pruinose; ascospores 40–60 µm long; USA. . . . .  
 . . . . . **Graphis appendiculata Common & Lücking** (Lücking *et al.* 2011)
- Group 13, couplet 20: Lirellae with lateral thalline margin; thallus white-grey; pantropical . . . . .  
 . . . . . **Graphis subtenella Müll. Arg.**
- Group 13, couplet 20: Lirellae with basal thalline margin; thallus green-grey; Indonesia. . . . .  
 . . . . . **Graphis chlorotica A. Massal.**  
 [Revision of type material of *G. chlorotica* revealed that it differs morphologically from *G. subtenella*, which is why the latter is removed from synonymy and accepted as a separate species]

- 2014                      New species of *Graphis*—*Barcenas Peña et al.*                      79
- Group 14, couplet 6: Ascospores medium-sized, 45–65 × 12–16 µm; lirellae erumpent, with lateral thalline margin, elongate and irregularly branched (*tenella* morph); India . . .  
***Graphis panhalensis* (Patw. & C. R. Kulk.) Chitale et al.** (Chitale et al. 2011)  
 [This species is close to *G. parilis* Kremp. but appears to differ by the narrower ascospores, a feature that needs to be evaluated with more material]
- Group 15, couplet 5: Ascospores small, 25–38 × 5–8 µm, 5–11-septate, not conspicuously thick-walled; lirellae erumpent, with lateral thalline margin; Mexico . . . . .  
 . . . . . ***Graphis bungartzii* Barcenas-Peña et al.** (this paper)
- Group 16, couplet 1: Norstictic acid; lirellae prominent, with complete thalline margin (*acharii* morph); ascospores 70–95 × 25–35 µm; Cambodia . . . . .  
 . . . . . ***Graphis cambodiensis* M. Nakan. et al.** (Nakanishi et al. 2010)
- Group 16, couplet 1: Stictic acid; lirellae erumpent, with lateral thalline margin, elongate and irregularly branched (*tenella* morph); ascospores 25–42 × 13–17 µm; India . . . . .  
 . . . . . ***Graphis maharashtra* Chitale et al.** (Chitale et al. 2011)
- Group 17, couplet 7: Ascospores very large (120–150 µm long); lirellae very short to rounded, prominent, with complete thalline margin; Brazil . . . . .  
 . . . . . ***Graphis brachylirellata* M. Cáceres & Lüking** (Cáceres et al. 2012)
- Group 17, couplet 11: Lirellae erumpent, lacking or with basal thalline margin; Sri Lanka. . . . .  
 . . . . . ***Graphis dotalugensis* Weerakoon et al.** (Weerakoon et al. 2012)
- Group 17, couplet 15: Lirellae prominent, lacking thalline margin but labia grey-black; thallus green; Mexico . . . . .  
 . . . . . ***Graphis marusae* B. Peña & Lüking** (Lumbsch et al. 2011)
- Group 18, couplet 3: *Graphis norvestitoides* Sutjaritturakan is incorrectly keyed out here since it has an interspersed hymenium (see below, Group 20, couplet 1); the correct species to be keyed out here is; Costa Rica. . . . .  
 . . . . . ***Graphis pseudoaquilonia* Lüking** (Lüking et al. 2012)
- Group 18, couplet 6: Ascospores 4–6 per ascus, 25–30 × 10–13 µm; norstictic acid; lirellae erumpent, with basal thalline margin; Brazil . . . . .  
 . . . . . ***Graphis archeri* Dal-Forno & Eliasaro** (Dal-Forno & Eliasaro 2010)
- Group 19, couplet 1: Ascospores small, 30–40 × 7–8 µm; norstictic and stictic acids; lirellae erumpent from pseudostromatic areas; USA. . . . .  
 . . . . . ***Graphis hinnulea* Seavey & J. Seavey** (Seavey & Seavey 2011)
- Group 19, couplet 1: Ascospores small to medium-sized, 45–55 × 5–10 µm; no substances; lirellae erumpent with lateral thalline margin; Mexico . . . . .  
 . . . . . ***Graphis rosae-emiliae* Barcenas-Peña & Lüking** (this paper)
- Group 19, couplet 2: Stictic acid; ascospores 80–100 × 15–20 µm; lirellae prominent, with complete thalline margin; Brazil . . . . .  
 . . . . . ***Graphis cerradensis* Marcelli et al.** (Lumbsch et al. 2011)
- Group 20, couplet 1: Ascospores terminally muriform; norstictic acid; ascospores 80–100 × 15–20 µm; Thailand . . . . .  
 . . . . . ***Graphis norvestitoides* Sutjaritturakan** (Lüking et al. 2012)
- Group 20, couplet 2: Thallus ecorticate; labia pruinose; Sri Lanka . . . . .  
 . . . . . ***Graphis knucklensis* Weerakoon et al.** (Weerakoon et al. 2012)



Financial support from CONACYT (scholarship 165048), PAPIIT-UNAM (project IN225808), and Posgrado de Ciencias Biológicas, UNAM is acknowledged. We are grateful to M. S. Alvaro Campos for his assistance in the field and help with phorophyte identification, to Biol. Rosamond Coates for logistical support at Los Tuxtlas, and to Biol. Susana Guzmán for assistance in the Laboratorio de Microscopia y Fotografía de la Biodiversidad IB-UNAM. The participation of Robert Lücking in the project, in addition to some of the fieldwork, was financially supported by two grants from the National Science Foundation: *Neotropical Epiphytic Microlichens—An Innovative Inventory of a Highly Diverse yet Little Known Group of Symbiotic Organisms* (DEB 715660 to The Field Museum; PI R. Lücking) and “ATM—Assembling a taxonomic monograph: The lichen family Graphidaceae” (DEB-1025861 to The Field Museum; PI T. Lumbsch, CoPI R. Lücking). Christine Giannoni kindly assisted in obtaining some of the literature used for updating the key to *Graphis*. We also acknowledge the comments of two anonymous reviewers.

## REFERENCES

- Barcenás Peña, A., Herrera-Campos, M. A., Miranda-González, R. & Lücking, R. (2012). Comparación de la diversidad de *Graphis* en distintos tipos de vegetación en México. *Glalia* **4**: 64.
- Bullock, S. H. (1986). Climate of Chamela, Jalisco, and trends in south coastal region of Mexico. *Archives for Meteorology, Geophysics and Bioclimatology* **36**: 297–316.
- Bungartz, F., Lücking, R. & Aptroot, A. (2010). The family *Graphidaceae* (*Ostropales*, Lecanoromycetes) in the Galapagos Islands. *Nova Hedwigia* **90**: 1–44.
- Cáceres, M. E. S., Santos Vieira, T., Santos De Jesus, L. & Lücking, R. (2012). New and interesting lichens from the Caxiuaná National Forest in the Brazilian Amazon. *Lichenologist* **44**: 807–812.
- Chitale, G., Makhija, U. & Sharma, B. (2011). Additional species of *Graphis* from Maharashtra, India. *Mycotaxon* **115**: 469–480.
- Culberson, C. & Ammann, K. (1979). Standardmethode zur Dünnschichtchromatographie von Flechtensubstanzen. *Herzogia* **5**: 1–24.
- Culberson, C. & Johnson, A. (1982). Substitution of methyl tert.-butyl ether for diethyl ether in standardized thin-layer chromatographic method for lichen products. *Journal of Chromatography* **238**: 438–487.
- Dal-Forno, M. & Eliasaro, S. (2010). Four new species of *Graphis* (*Ostropales*: *Graphidaceae*) from Brazil. *Lichenologist* **42**: 77–81.
- Durán, E., Balvanera, P., Lott, E., Segura, G., Pérez-Jiménez, A., Islas, A. & Franco, M. (2002). Estructura, composición y dinámica de la vegetación. In *Historia Natural de Chamela* (F. Noguera, J. Vega, A. García & M. Quesada, eds): 443–472. México: Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- García, E. (1981). *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen Para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana*. México: Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- García-Oliva, F., Camou, A. & Mass, J. (2002). El clima de la región central de la costa del Pacífico mexicano. In *Historia Natural de Chamela* (F. Noguera, J. Vega, A. García & M. Quesada, eds): 3–10. México: Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Hale, M. E. (1979). *How to Know the Lichens*. 2nd. ed. Dubuque: William C. Brown Company Publishers.
- Herrera-Campos, M. A. & Lücking, R. (2002). The foliicolous lichen flora of Mexico. I. New species from Los Tuxtlas Tropical Biology Station, Veracruz. *Lichenologist* **34**: 211–222.
- Herrera-Campos, M. A. & Lücking, R. (2003). The foliicolous lichen flora of Mexico II. New species from the montane forest in Oaxaca and Puebla. *Bryologist* **106**: 1–8.
- Herrera-Campos, M. A., Martínez Colín, P., Bárcenas Peña, A. & Lücking, R. (2004a). The foliicolous lichen flora of Mexico. III. New species from Volcán San Martín Tuxtla (Sierra de Los Tuxtlas), Veracruz, with notes on *Fellhanera santessonii*. *Phyton* **44**: 167–183.
- Herrera-Campos, M. A., Lücking, R., Pérez, R. E., Campos, A., Martínez Colín, P. & Bárcenas Peña, A. (2004b). The foliicolous lichen flora of Mexico. V. Biogeographical affinities, altitudinal preferences, and an updated checklist of 293 species. *Lichenologist* **36**: 309–327.
- Herrera-Campos, M. A., Huhndorf, S. & Lücking, R. (2005). The foliicolous lichen flora of Mexico IV. A new foliicolous species of *Pyrenothrix* (*Chaetothyriales*: *Pyrenothrichaceae*). *Mycologia* **97**: 356–361.
- Ibarra-Manríquez, G., Martínez-Ramos, M., Dirzo, R. & Nuñez-Farfán, J. (1997). La vegetación. In *Historia Natural de Los Tuxtlas* (E. González, E. Dirzo, & R. Vogt, eds): 61–86. México: Instituto de Biología & Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Jagadeesh Ram, T. A. M. & Sinha, G. P. (2009). New species of *Graphis* and *Hemithectium* (lichenized Ascomycota) from Eastern Himalaya, India. *Mycotaxon* **110**: 31–35.
- Jia, Z.-F. (2011). *Graphis paradussii* (*Graphidaceae*, *Ostropales*), a new lichen species to science. *Bryologist* **114**: 389–391.
- Jia, Z.-F. & Wei, J.-C. (2009). A new isidiate species of *Graphis* (lichenized Ascomycotina) from China. *Mycotaxon* **110**: 27–30.
- Joshi, Y., Lücking, R., Yamamoto, Y., Wang, X. Y., Koh, Y. J. & Hur, J.-S. (2010). A new species of *Graphis* (lichenized Ascomycetes) from South Korea. *Mycotaxon* **113**: 305–309.
- Lendemer, J. C. (2010). Notes on the genus *Graphis* (*Graphidaceae*: lichenized Ascomycetes) in the coastal plain of southeastern North America. *Journal of the Torrey Botanical Society* **137**: 312–317.
- Lott, E., Bullock, S. H. & Solís-Magallanes, A. (1987). Floristic diversity and structure of upland and arroyo forests of coastal Jalisco. *Biotropica* **19**: 228–235.
- Lücking, R. (2008). Follicolous lichenized fungi. *Flora Neotropica Monograph* **103**: 1–866.

- Lücking, R. (2009) The taxonomy of the genus *Graphis sensu* Staiger (Ascomycota: *Ostropales: Graphidaceae*). *Lichenologist* **41**: 319–362.
- Lücking, R. (2012) Predicting species richness in tropical lichenized fungi with ‘modular’ combinations of character states. *Biodiversity Conservation* **21**: 2341–2360.
- Lücking, R. & McCune, B. (2012) *Graphis pergracilis* new to North America, and a new name for *Graphis britannica sensu* Staiger auct. *Evansia* **29**: 77–84.
- Lücking, R., Chaves, J. L., Sipman, H. J. M., Umaña, L. & Aptroot, A. (2008) A first assessment of the Tico-lichen biodiversity inventory in Costa Rica: the genus *Graphis*, with notes on the genus *Hemithecium* (Ascomycota: *Ostropales: Graphidaceae*). *Fieldiana (Botany), New Series* **46**: 1–131.
- Lücking, R., Rivas Plata, E., Chaves, J. L., Umaña, L. & Sipman, H. J. M. (2009a) How many tropical lichens are there... really? *Bibliotheca Lichenologica* **100**: 399–418.
- Lücking, R., Archer, A. W. & Aptroot, A. (2009b) A world-wide key to the genus *Graphis* (*Ostropales: Graphidaceae*). *Lichenologist* **41**: 363–452.
- Lücking, R., Lumbsch, H. T., Von Konrat, M. & Naikatin, A. (2010) *Graphis collinsiae* (Ascomycota: *Graphidaceae*), a new lichen species from the Fiji Islands. *Bryologist* **113**: 356–359.
- Lücking, R., Seavey, F., Common, R. S., Beeching, S. Q., Breuss, O., Buck, W. R., Crane, L., Hodges, M., Hodkinson, B. P., Lay, E., et al. (2011) The lichens of Fakahatchee Strand Preserve State Park, Florida: Proceedings from the 18th Tuckerman Workshop. *Bulletin of the Florida Museum of Natural History, Biological Sciences* **49**: 127–186.
- Lücking, R., Sutjaritturakan, J. & Kalb, K. (2012) Validation of three species names and description of a new species in the genus *Graphis* (Ascomycota: *Ostropales: Graphidaceae*). *Lichenologist* **44**: 391–394.
- Lumbsch, H. T., Ahti, T., Altermann, S., Amo De Paz, G., Aptroot, A., Arup, U., Barcenas Peña, A., Bawigan, P. A., Benatti, M. N., Betancourt, L., et al. (2011) One hundred new species of lichenized fungi: a signature of undiscovered global diversity. *Phytotaxa* **18**: 1–127.
- Mangold, A. & Lumbsch, H. T. (2007) *Graphis*. In *Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert Region Vol. 3* (T. H. Nash III, C. Gries & F. Bungartz, eds): 381–382. Tempe, Arizona: Lichens Unlimited, Arizona State University.
- Mangold, A., Martin, M. P., Lücking, R. & Lumbsch, H. T. (2008) Molecular phylogeny suggests synonymy of *Thelotrema* within *Graphidaceae* (Ascomycota: *Ostropales*). *Taxon* **57**: 476–486.
- Miranda, F. & Hernández-X, E. (1963) Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **28**: 29–178.
- Mittermeier, R. (1988) Primate diversity and the tropical forest. Case studies from Brazil and Madagascar and the importance of the megadiversity countries. In *Biodiversity* (E. O. Wilson, ed.): 145–154. Washington: National Academy Press.
- Moon, K. H., Nakanishi, M., Futagami, Y. & Kashiwandani, H. (2011) Studies on Cambodian species of *Graphidaceae* (*Ostropales*, Ascomycota) (I). *Journal of Japanese Botany* **86**: 273–278.
- Moon, K. H., Nakanishi, M. & Kashiwandani, H. (2012) New or noteworthy species of *Graphidaceae* (*Ostropales*, Ascomycota) in Korea. *Journal of Japanese Botany* **87**: 320–325.
- Nakanishi, M., Kashiwandani, H., Futagami, Y. & Moon, K. H. (2010) Nine species of *Graphidaceae* (*Ostropales*, Ascomycota) collected in Siem Reap, Cambodia. *Journal of Japanese Botany* **85**: 313–321.
- Nash III, T. H., Ryan, B. D., Gries, C. & Bungartz, F. (2002) *Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert Region Vol. 1*. Tempe, Arizona: Lichens Unlimited, Arizona State University.
- Nash III, T. H., Ryan, B. D., Diederich, P., Gries, C. & Bungartz, F. (2004) *Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert Region Vol. 2*. Tempe, Arizona: Lichens Unlimited, Arizona State University.
- Nash III, T. H., Ryan, B. D., Gries, C. & Bungartz, F. (2007) *Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert Region Vol. 3*. Tempe, Arizona: Lichens Unlimited, Arizona State University.
- Neuwirth, G. & Aptroot, A. (2011) Recognition of four morphologically distinct species in the *Graphis scripta* complex in Europe. *Herzogia* **24**: 207–230.
- Orange, A., James, P. W. & White, F. J. (2001) *Microchemical Methods for the Identification of Lichens*. London: British Lichen Society.
- Ramamoorthy, T. P., Bye, R., Lot, A. & Fa, J. (1993) *Biological Diversity of Mexico: Origins and Distribution*. Oxford: Oxford University Press.
- Rivas Plata, E. & Lücking, R. (2013) High diversity of *Graphidaceae* (lichenized Ascomycota: *Ostropales*) in Amazonian Perú. *Fungal Diversity* **58**: 13–32.
- Rivas Plata, E., Hernández, J., Lücking, R., Staiger, B., Kalb, K. & Cáceres, M. E. S. (2011) *Graphis* is two genera: a remarkable case of parallel evolution in lichenized Ascomycota. *Taxon* **60**: 99–107.
- Rivas Plata, E., Lücking, R. & Lumbsch, H. T. (2012) A new classification for the family *Graphidaceae* (Ascomycota: Lecanoromycetes: *Ostropales*). *Fungal Diversity* **52**: 107–121.
- Seavey, F. & Seavey, J. (2011) The lichen genus *Graphis* (*Graphidaceae*) in Everglades National Park (Florida). *Bryologist* **114**: 764–784.
- Sharma, B. O. & Khadilkar, P. (2011) Two new species in the lichen family *Graphidaceae* from India. *Lichenologist* **43**: 487–490.
- Sipman, H. J. M. & Wolf, J. H. D. (1998) Provisional checklist for the lichens of Chiapas. *Acta Botánica Mexicana* **45**: 1–29.
- Soto, M. & Gama, L. (1997) Climas. In *Historia Natural de Los Tuxtlas* (E. González, R. Dirzo & R. Vogt, eds): 7–23. México: Instituto de Biología & Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Staiger, B. (2002) Die Flechtenfamilie *Graphidaceae*. Studien in Richtung einer natürlicheren Gliederung. *Bibliotheca Lichenologica* **85**: 1–526.

- Staiger, B. & Kalb, K. (2004) *Graphis*. In *Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert Region Vol. 2*. (T. H. Nash III, B. D. Ryan, P. Diederich, C. Gries & F. Bungartz, eds): 118–122. Tempe, Arizona: Lichens Unlimited, Arizona State University.
- Staiger, B., Kalb, K. & Grube, M. (2006) Phylogeny and phenotypic variation in the lichen family *Graphidaceae* (Ostropomycetidae, Ascomycota). *Mycological Research* **110**: 765–772.
- Weerakoon, G., Wijeyaratne, S. C., Wolseley, P. A., Rivas Plata, E., Lücking, R. & Lumbsch, H. T. (2012) Six new species of *Graphidaceae* from Sri Lanka. *Bryologist* **115**: 74–83.
- Wirth, M. & Hale, M. E. (1963) The lichen family *Graphidaceae* in Mexico. *Contributions from the United States National Herbarium* **36**: 63–119.