

Taxonomía y sistemática

Patrones de riqueza y de asociación al hábitat y microhábitat de los musgos del Área Natural Protegida Sierra de Lobos, Guanajuato, México

Moss richness patterns, microhabitat and habitat association in Natural Protected Area Sierra de Lobos, Guanajuato, Mexico

Patricia Herrera-Paniagua ^{a, *}, Mahinda Martínez ^a y Claudio Delgadillo-Moya ^b

^a Laboratorio de Botánica, Escuela de Biología, Universidad Autónoma de Querétaro, Avenida de las Ciencias s/n, 76230 Juriquilla, Querétaro, México

^b Departamento de Botánica, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Apartado Postal 70-233, 04510 Ciudad de México, México

*Autor para correspondencia: hepatyca@hotmail.com (P. Herrera-Paniagua)

Recibido: 31 agosto 2017; aceptado: 14 mayo 2018

Resumen

Los estudios se hicieron en 21 sitios que representan los principales tipos de vegetación del Área Natural Protegida Sierra de Lobos, Guanajuato, México. Mediante el estimador de riqueza Chao 2 se determinó la efectividad del muestreo. La frecuencia relativa y la asociación de los taxones al hábitat y microhábitat se determinaron con una chi-cuadrada (χ^2) y análisis de residuos estandarizados. La composición por tipos de vegetación se analizó con escalamiento multidimensional. Se identificaron 16 familias, 31 géneros, 44 especies y 3 variedades de musgos. Nueve especies son nuevos registros para Guanajuato. De acuerdo con el estimador, la riqueza de especies observada comprende el 74% de la estimada. Los musgos son principalmente de amplia distribución. Las especies más frecuentes fueron: *Campylopus pilifer*, *Braunia andrieuxii*, *Grimmia involucrata*, *Leskea angustata*, *Grimmia longirostris* y *Bryum chryseum*. Los bosques de encino fueron los sitios más ricos en especies de musgos. Pocas especies se comparten entre los tipos de vegetación. Estos resultados muestran que el Área Natural Protegida Sierra de Lobos contiene el 35.7% de las especies conocidas para Guanajuato.

Palabras clave: Briofitas; Biodiversidad; Frecuencia

Abstract

The floristic inventory was conducted in 21 localities within the main vegetation types in the Natural Protected Area Sierra de Lobos, Guanajuato, Mexico. The effectiveness of the sampling was evaluated with the richness estimator Chao 2. Frequency and habitat associations, as well as microhabitat, were analyzed using Chi-square test (χ^2) and analysis of standardized residuals. Moss assemblage by vegetation type was compared using nonmetric

multidimensional scaling. A total of 16 families, 31 genera, 44 species and 3 varieties of mosses were recorded. Nine species were detected as new state records. Observed richness for the study area represented 74% of the total estimated richness. The majority of species have wide distributions. The most frequent species were *Campylopus pilifer*, *Braunia andrieuxii*, *Grimmia involucrata*, *Leskea angustata*, *Grimmia longirostris*, and *Bryum chryseum*. The oak forest had the highest moss richness. Few moss species are shared among vegetation types. We found that the Natural Protected Area Sierra de Lobos includes the 35.7% of those known for Guanajuato.

Keywords: Bryophyte; Biodiversity; Frequency

Introducción

Sin importar la escala, ya sea local, regional o global, una clave para proteger la biodiversidad de las presiones antrópicas es el establecimiento y el manejo de Áreas Naturales Protegidas (Gaston et al., 2008). México, como parte de los acuerdos asumidos en el convenio sobre la diversidad biológica, firmado en Río de Janeiro en 1992, publicó la Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México y como una adecuación, la Conabio invitó a los gobiernos estatales para la elaboración de estrategias estatales sobre biodiversidad. Uno de los estados que asumió el compromiso fue Guanajuato (Cruz-Angón et al., 2010).

En el estado de Guanajuato, cerca del 72.5% del territorio comprende áreas perturbadas y cuerpo de agua, de las cuales el 48.7% está dedicado a la agricultura (Inegi, 2015). Aproximadamente el 66% de su vegetación original se ha perdido y todas las comunidades vegetales se encuentran alteradas (Zamudio, 2012). Por ello y para contribuir a la conservación del capital natural de Guanajuato, el Instituto de Ecología del Estado (IEE) estableció un sistema de Áreas Naturales Protegidas (ANP) a través de las cuales se busca detener el proceso de sobreexplotación y destrucción de la flora y fauna (Guzmán, 2012). En 1997 se decretaron las primeras ANP como el Área de Uso Sustentable Sierra de Lobos, considerada como importante en la recarga de acuíferos.

En los estados del centro del país, el conocimiento sobre la diversidad de musgos (Bryophyta *sensu stricto*) ha aumentado (Delgadillo, 2014) en años recientes. Para Guanajuato, antes sólo se reconocían 20 especies de musgos, hasta que una mejor exploración reconoció 114 taxones (Delgadillo y Cárdenas, 1996). Aún sin contar con una recolecta más intensa, esos autores concluyeron que la flora de musgos de este estado no era rica debido al clima seco, a la fragmentación de la vegetación y a los cambios continuos en el hábitat.

La pérdida de la cobertura vegetal y el cambio del uso del suelo se cuentan entre las principales amenazas para la preservación de las briofitas, por lo que la preservación del hábitat es primordial para su conservación (Delgadillo,

2014). Sin embargo, para un diagnóstico preciso sobre los efectos de la alteración ambiental sobre la diversidad de briofitas, se debe tener acceso a información florística adecuada. En las ANP es necesario contar con inventarios confiables y actualizados de las especies para la elaboración de programas de manejo (IEE, 2015; POG, 2004). Para la sierra de Lobos, los musgos conocidos incluían solamente a *Didymodon rigidulus* var. *gracilis*, *Pleuridium mexicanum* y *Pogonatum campylocarpum* (Delgadillo y Cárdenas, 1996). Por ello, este estudio tuvo como objetivos: *i*) elaborar un listado actualizado de los musgos que se encuentran dentro del ANP Sierra de Lobos; *ii*) conocer el grado de endemismo de los musgos del ANP; *iii*) determinar los musgos más frecuentes en el área; *iv*) conocer si existen asociaciones entre los musgos, el hábitat y el microhábitat, y *v*) analizar la composición de los musgos por tipo de vegetación.

Materiales y métodos

El ANP Sierra de Lobos (SL en adelante), se ubica dentro de la provincia fisiográfica de la Mesa Central, ocupando parte de los municipios de León, Ocampo y San Felipe, al noroeste del estado de Guanajuato, México (fig. 1). La literatura identifica como tipos principales de vegetación al bosque de encino, bosque de pino-encino, matorral xerófilo y pastizal (POG, 2004). Gran parte de su extensión es de uso agropecuario, con zonas de pastizal inducido y grandes extensiones de cultivos de zonas secas como avena. El clima principal es templado subhúmedo (Cuevas y Zorrilla, 2012; POG, 2004).

Entre 2012 y 2014, principalmente en los meses de enero a junio, se recolectaron musgos explorando 21 sitios dentro del área de estudio, tratando de incorporar sitios con cobertura vegetal densa, con los principales tipos de vegetación y los diferentes sustratos disponibles (fig. 1). Los ejemplares se determinaron mediante los manuales de Allen (1994, 2002), Pursell (2007) y Sharp et al. (1994), principalmente. La nomenclatura sigue la versión electrónica de LATMOSS (Delgadillo, 2010). Los patrones fitogeográficos siguen el criterio de Delgadillo (1987, 2003). Los ejemplares están depositados en las

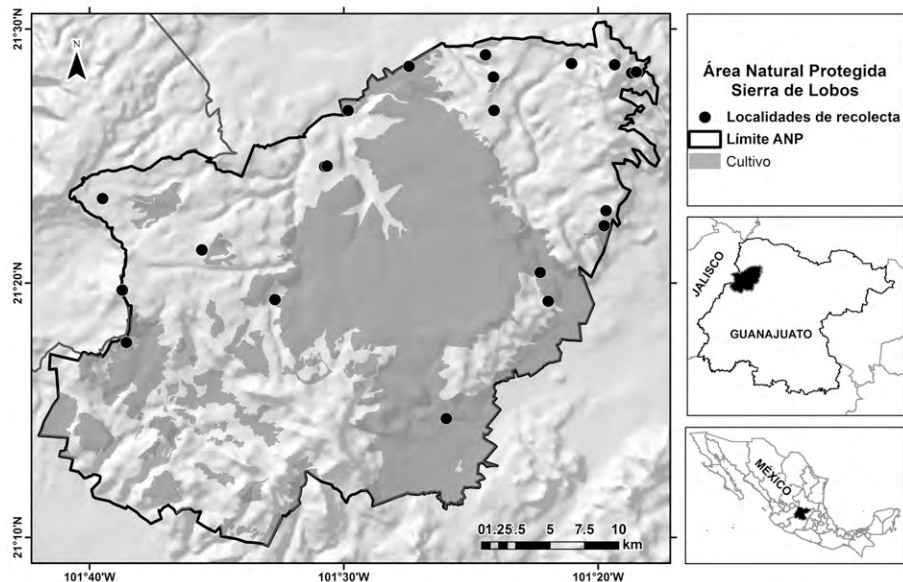


Figura 1. Localización de los sitios de recolecta en la sierra de Lobos, Guanajuato, México.

colecciones de briofitas del Herbario de la Universidad Autónoma de Querétaro “Dr. Jerzy Rzedowski” (QMEX) y del Herbario Nacional (MEXU).

La completitud del muestreo en SL y en cada tipo de vegetación se hizo a partir de la riqueza de musgos observada ($S_{\text{observada}}$) y una estimación de la misma (S_{estimada}). Se empleó el modelo no paramétrico Chao 2, utilizando 100 aleatorizaciones sin reemplazo, implementado en el programa EstimateS versión 9.1.0 (Colwell, 2006). Este estimador se considera como uno de los más precisos para datos de incidencia (Walther y Moore, 2005).

El tipo de vegetación en cada localidad se determinó por medio de caracteres fisonómicos estructurales según la clasificación de Rzedowski (2006): bosque de *Pinus*, bosque de *Quercus*, bosque tropical caducifolio, matorral xerófilo, vegetación riparia y pastizal. La localidad Arroyo de Agua incluye una cañada, cuya parte norte presenta bosque de encino de manera continua, pero en su parte sur se entremezcla con matorral xerófilo, por lo que se consideró a este sitio como el ecotono entre el bosque de *Quercus* y el matorral xerófilo.

Para determinar las especies más comunes en el área, se utilizó la frecuencia relativa (FR) de cada especie (número de veces colectada entre el número de colectas en %). La relación entre la frecuencia (número de veces colectada) de cada especie y el tipo de vegetación y microhábitat se analizó mediante una prueba de chi-cuadrada (χ^2). Para los resultados significativos se hicieron análisis de residuos estandarizados. Esta técnica se recomienda para identificar la asociación entre las variables después de una prueba de

chi-cuadrada, tomando en cuenta el criterio de Bonferroni en el cual los valores de z significativos son mayores a 1.96 (Sharpe, 2015).

La composición de la comunidad de musgos y su relación con el tipo de vegetación se analizó mediante un análisis de escalamiento multidimensional no métrico empleando las matrices de disimilitud obtenidas con la función “metaMDS (binary = TRUE)” del paquete “Vegan” de la plataforma de R, graficándose los 2 primeros ejes de la ordenación obtenida (Okasen et al., 2016). Esta técnica es una de las más usadas y aceptadas en ecología para matrices de observaciones directas y para representar los objetos en el espacio con el número mínimo de dimensiones (Legendre y Legendre, 1998). Todos los análisis estadísticos y gráficos se hicieron en el programa R v.3.3.2 (R Development Core Team, 2016).

Resultados

La flora de musgos de SL comprende 16 familias, 31 géneros, 44 especies y 3 variedades (apéndice). Nueve especies son nuevos registros para el estado de Guanajuato: *Bryoerythrophyllum calcareum*, *Bryum subapiculatum*, *Fissidens sublimbatus*, *Grimmia involucrata*, *G. longirostris*, *Pseudocrossidium replicatum*, *Syntrichia princeps*, *Tortella humilis* y *Trichostomum crispulum*. El listado incluye 2 especies, *F. asplenoides* y *Philonotis marchica*, que pueden ser categorizadas como acuáticas facultativas o semiacuáticas (*sensu* Porley y Hodgetts, 2005).

En los tipos de vegetación, la riqueza varió entre 5 especies en el bosque tropical caducifolio y 20 en el bosque de *Quercus* (tabla 1). De acuerdo con el estimador de riqueza (Chao 2), el número de especies para SL es de 59. Por tipo de vegetación, el intervalo va de 7 a 32 especies (tabla 1). Por lo tanto, la riqueza observada ($S_{\text{observada}}$) para SL es del 74% de la estimada. Por tipo de vegetación, la $S_{\text{observada}}$ oscila entre el 34.77-100%. En el pastizal se obtuvo el muestreo más completo (100%) y en la vegetación riparia el más incompleto (34%) (tabla 1).

Por su distribución mundial, los taxones de musgos de SL se agrupan en 7 patrones geográficos (*sensu* Delgadillo, 1987, 2003), en orden de importancia (apéndice): amplia distribución (27 spp.), mesoamericano (6), del Caribe (5), boreal (2), pantropical (2), chihuahuense (1) y endémico (1). El contingente de especies de amplia distribución incluye especies consideradas cosmopolitas como *Bryum argenteum* y *Funaria hygrometrica* var. *hygrometrica*. Especies como *Entodon* aff. *beyrichii* y *Pogonatum campylocarpum* se distribuyen en áreas continentales y en las Antillas. Las especies tropicales americanas, que no están en las Antillas, son mesoamericanas como *Rhexophyllum subnigrum* y *Platygyriella pringlei*. Sólo *Orthotrichum diaphanum* y *Philonis uncinata* se presentan en las principales zonas tropicales del mundo (pantropicales). Por su distribución limitada en el suroeste de los Estados Unidos y México, *Weissia ligulifolia* se

considera parte del elemento chihuahuense. La única especie endémica al país encontrada en SL es *Grimmia involucrata*.

Las especies más frecuentes en SL fueron *Campylopus pilifer* (FR 12.31%), *Braunia andrieuxii* (FR 10.14%), *G. involucrata* (FR 6.52%), *Leskea angustata* (FR 6.52%), *Grimmia longirostris* (FR 5.79%) y *Bryum chryseum* (FR 5.07%) (fig. 2). De estas especies, solo *B. andrieuxii* se encontró en todos los tipos de vegetación y el resto se encontró en 3 a 5 tipos como *G. involucrata* que se colectó en bosque tropical, pastizal y ecotono. El resto de las especies presentaron valores de FR de 0.72 a 3.62%.

Existe una relación positiva entre la frecuencia del musgo y el tipo de vegetación ($\chi^2 = 314.67$, $df = 258$, $p < 0.01$) y sustrato ($\chi^2 = 253.63$, $df = 129$, $p < 0.000$). Específicamente, 11 de las 44 especies mostraron una relación significativa (tabla 2). Solo en 2 tipos de vegetación se encontraron asociaciones como *C. pilifer* y *P. pringlei*, que mostraron ser especies características del bosque de *Quercus*. Para el matorral xerófilo lo fueron *O. diaphanum*, *Philonotis marchica* y *Pseudocrossidium replicatum*.

El microhábitat más característico de los musgos de SL fue el suelo (31.88% de los musgos colectados) y las rocas cubiertas por suelo (28.26%). En menor frecuencia se encontraron como epífitos (21.73%) y en rocas (18.11%). A diferencia de los tipos de vegetación, todos

Tabla 1

Riqueza de musgos en los principales tipos de vegetación de la sierra de Lobos, Guanajuato, México. Riqueza de especies observada ($S_{\text{observada}}$) y estimada (S_{estimada} ; Chao2 estimador). Porcentaje de especies únicas en cada sitio. Porcentaje de completitud del inventario. Porcentaje de los taxones de acuerdo a su distribución mundial: AD, amplia distribución; B, boreal; CH, chihuahuense; DC, del Caribe; E, endémico; M, mesoamericano; P, pantropical.

Tipo de vegetación	Ejemplares recolectados	$S_{\text{observada}}$	Únicas (%)	S_{estimada}	Completitud (%)	Distribución mundial (%)						
						AD	B	CH	DC	E	M	P
Bosque de <i>Pinus</i>	12	10	30	19	53.87	60	0	0	0	0	40	0
Bosque de <i>Quercus</i>	45	20	30	24	81.96	50	5	5	10	0	25	5
Bosque tropical caducifolio	7	5	20	10	50	20	20	0	20	20	20	0
Matorral xerófilo	28	18	22.22	29	62.91	66.67	5.56	0	11.11	0	11.11	5.56
Pastizal	17	7	14.28	7	100	57.14	0	0	14.29	14.29	14.29	0
Vegetación riparia	12	11	54.54	32	34.77	54.55	0	9.09	18.18	0	9.09	9.09
Ecotono	17	11	27.27	24	39.53	45.45	9.09	0	9.09	9.09	27.27	0
Total	138	44	54.54	59	74.03	61.36	4.54	2.3	11.36	2.3	13.63	4.54

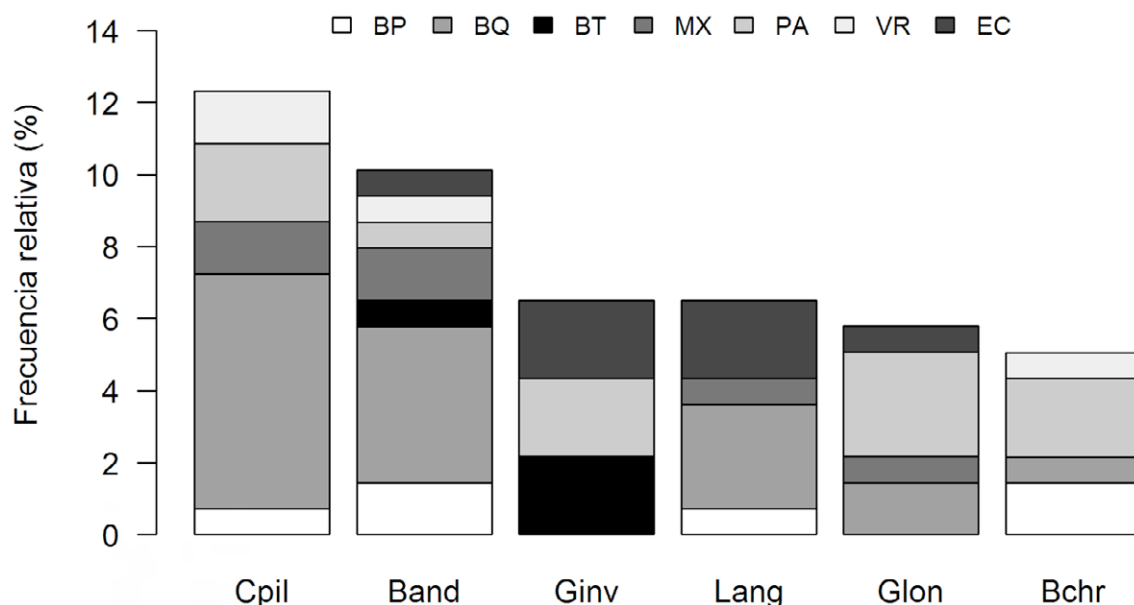


Figura 2. Especies de briofitas más frecuentes en el ANP Sierra de Lobos, Guanajuato y su distribución en los diferentes tipos de vegetación. Taxa: Cpil, *Campylopus pilifer*; Band, *Braunia andrieuxii*; Ginv, *Grimmia involucreta*; Lang, *Leskea angustata*; Glon, *Grimmia longirostris*; Bchr, *Bryum chryseum*. Tipos de vegetación: BP, bosque de *Pinus*; BQ, bosque de *Quercus*; BT, bosque tropical caducifolio; MX, matorral xerófilo; PA, pastizal; VR, vegetación riparia; EC, ecotono.

Tabla 2

Residuos estandarizados y valores de chi-cuadrada (χ^2) significativos de las especies de musgos de la sierra de Lobos, Guanajuato. Tipos de vegetación: BP, bosque de *Pinus*; BQ, bosque de *Quercus*; BT, bosque tropical caducifolio; MX, matorral xerófilo; PA, pastizal; VR, vegetación riparia; EC, ecotono. Substrato: S, suelo; R, roca; RC, rocas cubiertas por suelo; E, epífito. Valores de significancia: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

Taxones	Tipos de vegetación							χ^2	Substrato				
	BP	BQ	BT	MX	PA	VR	EC		S	R	RC	E	χ^2
<i>Campylopus pilifer</i>	-0.99	4.55	-1.68	-0.29	0.39	-0.29	-1.68	23.76***	3.78	-2.38	0.98	-2.38	19.41***
<i>Entodon aff. beyrichii</i>									-1	-1	3	-1	9*
<i>Entosthodon obtusifolius</i>									3.46	-1.15	-1.15	-1.15	12**
<i>Grimmia involucreta</i>									-1.73	3.65	-0.96	-0.96	13.66**
<i>Grimmia longirostris</i>									-1.63	3.26	0.00	-1.63	12**
<i>Leskea angustata</i>									-1.73	-1.73	-1.73	5.19	27***
<i>Orthotrichum diaphanum</i>	-0.91	1.64	-0.91	2.92	-0.91	-0.91	-0.91	13.2*	-1.29	-1.29	-1.29	3.87	15**
<i>Philonotis marchica</i>	-0.81	-0.81	-0.81	3.47	-0.81	-0.81	0.61	13.5*					
<i>Platygyriella pringlei</i>	0.61	3.47	-0.81	-0.81	-0.81	-0.81	-0.81	13.5*					
<i>Pogonatum campylocarpum</i>									-1	-1	3	-1	9*
<i>Pseudocrossidium replicatum</i>	-0.81	-0.81	0.61	4.47	-0.81	-0.81	-0.81	13.5*					

los microhábitats contienen taxones característicos como *Entosthodon obtusifolius* (suelo), *G. longirostris* (roca), *P. campylocarpum* (rocas cubiertas por suelo) y *L. angustata* (epífita) (tabla 2).

De las 44 especies registradas, 19 (43.18%) se recolectaron una vez, 24 (54.54%) se encontraron en un solo tipo de vegetación y 20 (45.45%) en 2 o más tipos (apéndice). La ordenación muestra que los tipos de vegetación no se agrupan claramente (fig. 3; stress = 0.12) evidenciando que el conjunto de especies de musgos es particular para cada vegetación, puesto que se comparten pocas especies entre los diferentes tipos. El bosque tropical, el pastizal y la vegetación riparia se encuentran separados y en la parte superior del diagrama. Estos tipos de vegetación no comparten ninguna especie entre sí, pero sí con el resto de los tipos. La vegetación riparia con 6 taxones únicos, fue el tipo de vegetación con más especies recolectadas una sola vez como *F. asplenoides*.

En la parte inferior de la ordenación se encuentran más cercanos el bosque de *Pinus*, bosque de *Quercus*, matorral xerófilo y el ecotono. El bosque de *Pinus* y el bosque de *Quercus* sólo tienen en común a *P. pringlei*. *Pogonatum oligodus* es la única especie en común entre el bosque de *Pinus*, bosque de *Quercus* y matorral xerófilo. El bosque de *Quercus* y matorral xerófilo fueron los que, con *B. billarderi*, *Didymodon rigidulus* var. *icmadophilus* y *O.*

diaphanum, tuvieron más especies en común. Las especies con mayor distribución en el área de estudio como *B. andrieuxii*, *C. pilifer* y *G. longirostris* se encuentran en el centro del diagrama.

Discusión

Desde el trabajo de Delgadillo y Cárdenas (1996), no se habían hecho estudios de musgos para Guanajuato. Este estudio agrega 9 especies a la flora de musgos del estado, por lo que ahora su flora conocida comprende 123 taxones. Al igual que otras entidades como Aguascalientes (Delgadillo et al., 2015), en Guanajuato y en SL domina una gran área de cultivos y pastizal inducido, con baja humedad y poca disponibilidad de microhábitats para los musgos. En la flora de SL destaca la presencia de especies xerotolerantes e indicadoras de lugares abiertos y secundarios como *B. andrieuxii*, *Bryum* spp., *Grimmia* spp., *O. diaphanum*, *L. angustata* y *Weissia* spp. (Delgadillo, 2014; Delgadillo y Cárdenas, 2000; Urdíroz et al., 1997; Zander, 1993; Zepeda-Gómez et al., 2014).

Por su patrón de distribución en SL predominan las especies de amplia distribución, lo que concuerda con la hipótesis general de que los musgos tienen áreas amplias de distribución y que este elemento biogeográfico es el principal de las briofitas de nuestro país (Delgadillo, 2003;

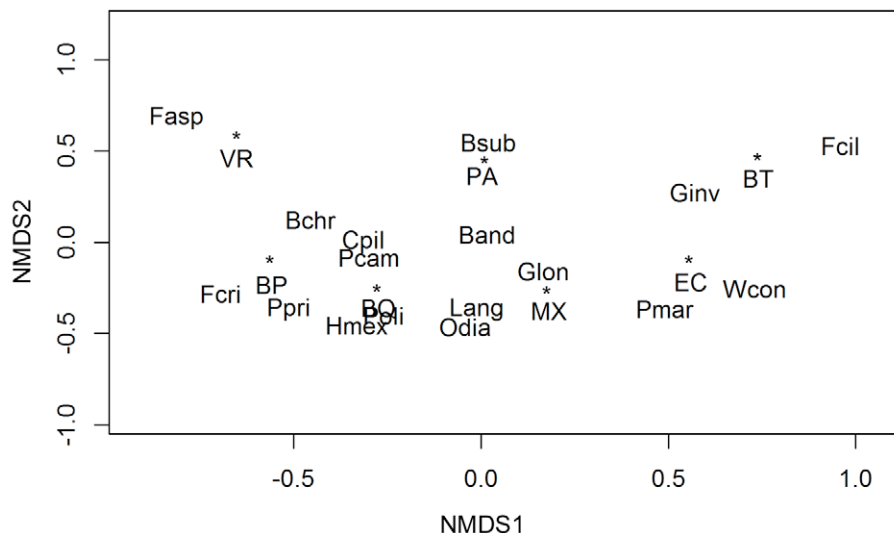


Figura 3. Análisis de escalamiento multidimensional no-métrico (NMDS) basado en el coeficiente de similitud de Sørensen aplicado a la composición de especies de los tipos de vegetación estudiados. Stress = 0.21. *Tipos de vegetación: BP, bosque de *Pinus*; BQ, bosque de *Quercus*; BT, bosque tropical caducifolio; MX, matorral xerófilo; PA, pastizal; VR, vegetación riparia; EC, ecotono. Especies: Band, *Braunia andrieuxii*; Bchr, *Bryum chryseum*; Bsub, *Bryum subapiculatum*; Cpil, *Campylopus pilifer*; Fasp, *Fissidens asplenoides*; Fcri, *Fissidens crispus*; Fcil, *Fabronia ciliaris*; Ginv, *Grimmia involucreta*; Glon, *Grimmia longirostris*; Hmex, *Homomallium mexicanum*; Lang, *Leskea angustata*; Odia, *Orthotrichum diaphanum*; Pmar, *Philonotis marchica*; Ppri, *Platygyriella pringlei*; Pcam, *Pogonatum campylocarpum*; Poli, *Pogonatum oligodus*; Wcon, *Weissia controversa*.

Tan y Pócs, 2000). La única especie endémica fue *G. involucrata* cuya información se considera escasa y se ha centrado en discutir su identidad y sinonimia (Delgadillo 1999), pero en este estudio se mostró su frecuencia en sitios secos, como el bosque tropical caducifolio y el ecotono.

A un nivel más local, en la distribución de los musgos influyen diversos factores como la altitud, intensidad solar y especificidad al sustrato (Porley y Hodgetts, 2005) por lo que se comparten pocas especies de musgos entre los tipos de vegetación. Los bosques de encino fueron el hábitat más rico en especies. En SL están formados por *Quercus eduardii* y *Q. grisea* que son árboles adaptados a crecer en ambientes secos (Zamudio, 2012) pero estos ofrecen condiciones que favorecen el desarrollo de una mayor diversidad de musgos como sus cortezas fisuradas o escamosas y características microclimáticas como una menor incidencia solar y mayor retención de humedad (Delgadillo, 1998; Holz y Gradstein, 2005). Estas variables crean condiciones adecuadas para el desarrollo de especies como *Homomallium mexicanum* la cual tiene un patrón de distribución boreal y se le considera frecuente en los bosques de encinos como epífitos (Gradstein et al., 2001). La mejor exploración de las cortezas puede incrementar la riqueza de un lugar por la adición de musgos epífitos (Herrera-Paniagua y Martínez, 2014).

En los otros tipos de vegetación documentados la riqueza fue menor, pero pueden tener especies no registradas como sugiere el estimador de riqueza. La presencia de los musgos en SL refleja principalmente las condiciones climáticas de lugar, por lo que se esperaría en estos sitios

encontrar más miembros de la familia Pottiaceae que son característicos de suelo, lugares expuestos o zonas perturbadas (Urdíroz et al., 1997; Zander, 1993). Cabe desatacar que en los pocos afluentes que encontramos en el área de estudio se encontraron 2 especies de acuáticas facultativas o semiacuáticas, *F. asplenoides* y *P. marchica* las cuales pueden servir como bioindicadoras de la calidad del agua (Gecheva et al., 2011; Stream Bryophyte Group, 1999).

Es evidente que las características ambientales y de perturbación en SL influyen en la baja diversidad de su flora de musgos, pero aun así esta área contiene el 35.7% de los musgos de Guanajuato. En particular, debido a que se estima que los bosques de encino en Guanajuato han perdido cerca del 50% de su cobertura original (Zamudio, 2012), se recomienda que estos bosques en SL sean prioritarios para los estudios y preservación de las briofitas del estado. En general, las especies que caracterizan a la flora de musgos de SL pueden jugar roles ecológicos importantes, como el mantener la temperatura del suelo a niveles óptimos, el flujo del carbono e incrementar la disponibilidad de agua (Gornall et al., 2011; Sun et al., 2017).

Agradecimientos

A Enrique Ortiz Bermudes quien elaboró el mapa. A Patricia Cabello y Samuel Rico por el apoyo en el trabajo de campo. Al FOMIX-Gobierno del Estado de Guanajuato (clave GTO-2010-C02-145667) por el financiamiento a este trabajo.

Apéndice. Flora de musgos del ANP Sierra de Lobos, Guanajuato. Presencia en los tipos de vegetación: BP, bosque de *Pinus*; BQ, bosque de *Quercus*; BT, bosque tropical caducifolio; MX, matorral xerófilo; PA, pastizal; VR, vegetación riparia; EC, ecotono. Distribución mundial: AD, amplia distribución; B, boreal; Ch, chihuahuense; DC, del Caribe; E, endémico; M, mesoamericano; P, pantropical. *Nuevos registros para el estado.

Taxon	BP	BQ	BT	MX	PA	VR	EC	D
<i>Anacolia laevisphaera</i> (Taylor) Flowers		X						AD
<i>Archidium donnellii</i> Austin						X		DC
<i>Braunia andrieuxii</i> Lorentz	X	X	X	X	X	X	X	M
<i>Braunia secunda</i> (Hook.) Brunch y Schimp.		X						AD
* <i>Bryoerythrophyllum calcareum</i> (Thér.) R.H. Zander	X							M
<i>Bryum argenteum</i> Hedw.				X				AD
<i>Bryum billarderi</i> Schwägr.		X		X				AD
<i>Bryum chryseum</i> Mitt.	X	X			X	X		AD
* <i>Bryum subapiculatum</i> Hampe					X			AD
<i>Campylopus fragilis</i> (Brid.) Bruch y Schimp.				X				AD
<i>Campylopus pilifer</i> Brid.	X	X		X	X	X		AD

Referencias

- Allen, B. (1994). Moss flora of Central America. Part 1. Sphagnaceae-Calymperaceae. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden*, 49, 1–242.
- Allen, B. (2002). Moss flora of Central America. Part 2. Encalyptaceae-Orthotrichaceae. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden*, 90, 1–699.
- Colwell, R. K. (2006). EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species for samples. Recuperado el 27 marzo, 2017 de: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/>
- Cruz-Angón, A., Benítez, H. y González, M. E. (2010). Las estrategias estatales de biodiversidad. En J. Carabias, J. Sarukhán, J. De la Maza y C. Galindo (Eds.), *Patrimonio natural de México. Cien casos de éxito*. México D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Cuevas, J. L. y Zorrilla, M. (2012). Localización y superficie. En Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). *La biodiversidad en Guanajuato: estudio de estado. Vol. I* (pp. 28–37). México D.F.: Conabio/ Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE).
- Delgadillo, C. (1987). Moss distribution and the phytogeographical significance of the Neovolcanic Belt of Mexico. *Journal of Biogeography*, 14, 69–78.
- Delgadillo, C. (1998). Diversidad de la brioflora mexicana. En T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y F. Fa (Eds.), *Diversidad biológica de México, orígenes y distribución* (pp. 355–368). México D.F.: Instituto de Biología, UNAM.
- Delgadillo, C. (1999). The identity of *Grimmia involucreta* Cardot (Grimmiaceae, Musci). *Novon*, 9, 153–155.
- Delgadillo, C. (2003). Patrones biogeográficos de los musgos de México. En J. J. Morrone y J. Llorente (Eds.), *Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía* (pp. 195–198). México D.F.: Las Prensas de Ciencias, UNAM.
- Delgadillo, C. (2010). LATMOSS 2010. Recuperado el 20 septiembre, 2016 de: <http://www.ibiologia.unam.mx/briologia/www/index/Bases.html>
- Delgadillo, C. (2014). Biodiversidad de Bryophyta (musgos) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85 (Suplem.), S100–S105.
- Delgadillo, C. y Cárdenas, M. A. (1996). A preliminar checklist of the mosses of Guanajuato, Mexico. *Flora del Bajío y regiones adyacentes. Fascículo complementario XI*. Michoacán, México: Instituto de Ecología, A.C./ Conacyt/ Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo/ Conabio.
- Delgadillo, C. y Cárdenas, M. A. (2000). Urban moss in Mexico City. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Botánica*, 71, 63–72.
- Delgadillo, C., Villaseñor, J. L., Ortiz, E. y Peña-Retes, A. P. (2015). Diversidad de musgos en el estado de Aguascalientes, México. *Botanical Sciences*, 93, 899–906.
- Gaston, K. J., Jackson, S. F., Cantú-Salazar, L. y Cruz-Piñón, G. (2008). The ecological performance of Protected Areas. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 39, 93–113.
- Gecheva, G., Yurukova, L. y Ganeva, A. (2011). Assessment of pollution with aquatic bryophytes in Maritsa River (Bulgaria). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 87, 480–485.
- Gornall, J. L., Woodin, S. J., Jónsdóttir, I. S. y van der Wal, R. (2011). Balancing positive and negative plant interactions: how mosses structure vascular plant communities. *Oecologia*, 166, 769–782.
- Gradstein, S. R., Churchill, S. P. y Salazar-Allen, N. (2001). Guide to the bryophytes of tropical America. *Memoirs of the New York Botanical Garden*, 86, 1–577.
- Guzmán, D. (2012). Las áreas naturales protegidas del estado de Guanajuato y su importancia en la conservación de la biodiversidad. En Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Ed.), *La biodiversidad en Guanajuato: estudio de estado. Vol. II* (pp. 371–386). México D.F.: Conabio/ Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE).
- Herrera-Paniagua, P. y Martínez, M. (2014). Musgos de bosques húmedos de montaña en la sierra Madre Oriental: nuevos registros regionales. *Botanical Sciences*, 92, 81–88.
- Holz, I. y Gradstein, S. R. (2005). Cryptogamic epiphytes in primary and recovering upper montane oak forest of Costa Rica-species richness, community composition and ecology. *Plant Ecology*, 178, 89–109.
- IEE (Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato). (2015). Áreas Naturales Protegidas. Recuperado el 08 febrero, 2017 de: <http://www.ecologia.guanajuato.gob.mx/sitio/areas-naturales-protegidas/areas-naturales-protegidas-anps>
- Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2015. *Conociendo Guanajuato*. Aguascalientes: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado el 08 febrero, 2017 de: http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos//prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/estudios/conociendo/702825213022.pdf
- Legendre, P. y Legendre, L. (1998). *Numerical ecology*. Amsterdam: Elsevier Science BV.
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P. R., O’hara, R. B. et al. (2016). Vegan: community ecology package, R package version 2.3-4. Disponible en: <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- POG (Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato). (2004). *Resumen del programa de manejo del Área Natural Protegida en la categoría de Área de Uso Sustentable “Sierra de Lobos”, ubicada en los municipios de León, Ocampo y San Felipe*. Recuperado el 20 julio, 2016 de: <http://app.ecologiagto.mx/servicios/archivo.php?id=63>
- Porley, R. y Hodgetts, N. (2005). *Mosses and liverworts*. London: Collins.
- Pursell, R. A. (2007). Fissidentaceae. *Flora Neotropica Monograph*, 101, 1–279.
- R Development Core Team. (2016). *R: a language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Recuperado el 27

- marzo, 2017 de: <http://www.R-project.org>
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México. Edición digital*. México D.F.: Conabio. Recuperado el 14 febrero, 2016 de: http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx_Cont.pdf
- Sharp, A. J., Crum, H. y Eckel, P. M. (Eds.). (1994). The moss flora of Mexico. *Memoirs of the New York Botanical Garden*, 69, 1–1113.
- Sharpe, D. (2015). Your chi-square test is statistically significant: now what? *Practical Assessment, Research y Evaluation*, 20, 1–10.
- Stream Bryophyte Group. (1999). Roles of bryophytes in stream ecosystems. *Journal of North American Benthological Society*, 18, 151–184.
- Sun, S. Q., Liu, T., Wu, Y. H., Wang, G. X., Zhu, B., DeLuca, T. H. et al. (2017). Ground bryophytes regulate net soil carbon efflux: evidence from two subalpine ecosystems on the east edge of the Tibet Plateau. *Plant Soil*, 417, 363–375.
- Tan, B. C. y Pócs, T. (2000). Biogeography and conservation of bryophytes. En A. J. Shaw y B. Goffinet (Eds.), *Bryophyte biology* (pp. 403–448). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Urdíroz, A., Ederra, A. y Otano, M. (1997). Estudio del impacto de los incendios en medios forestales y su recuperación: brioflora de un carrascal mediterráneo. *Publicaciones de Biología, Universidad de Navarra, Serie Botánica*, 10, 45–53.
- Walther, B. A. y Moore, J. L. (2005). The concepts of bias, precision and accuracy, and their use in testing the performance of species richness estimators, with a literature review of estimator performance. *Ecography*, 28, 815–829.
- Zamudio, R. S. (2012). Diversidad de ecosistemas del estado de Guanajuato. En Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). *La biodiversidad en Guanajuato: estudio de estado. Vol. II* (pp. 21–55). México D.F.: Conabio/ Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE).
- Zander, R. H. (1993). Genera of the Pottiaceae: mosses of the harsh environments. *Bulletin of the Buffalo Society of Natural Sciences*, 32, 1–378.
- Zepeda-Gómez, C., Ávila-Pérez, P., Díaz-García, U. S., Alanís-Martínez, Y., Zarazúa-Ortega, G. y Amaya-Chávez, A. (2014). Diversidad de musgos epífitos de la zona metropolitana del valle de Toluca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 108–124.