



Biodiversidad de Bryophyta (musgos) en México

Biodiversity of Bryophyta (mosses) in Mexico

Claudio Delgadillo-Moya

Departamento de Botánica, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Apartado postal 70-233, 04510 México, D. F., México. moya@unam.mx

Resumen. Los musgos (Bryophyta) están representados por alrededor de 12 800 especies en el mundo. En México se reconocen 984 especies y variedades por registros en la literatura y por ejemplares depositados en el Herbario Nacional (MEXU). En los estados del sur y en los situados a lo largo del Eje Neovolcánico, la riqueza de especies de musgos es mayor, pero la exploración en los otros estados todavía puede ser fructífera. La proporción de endemismos es baja en todos los tipos de vegetación, excepto en la flora alpina donde alcanza el 17%, mientras que en el país apenas llega al 8%. La diversidad florística se concentra en 25 de las 75 familias reconocidas para la flora, las que contienen 792 especies y variedades (80% de la flora); las más diversas son las Pottiaceae con 158 especies y variedades. La facilidad de dispersión y su longevidad son responsables del bajo nivel de endemismo de los musgos en México. Sólo 6 especies se reconocen oficialmente como raras o en peligro, pero muchas están en riesgo por la perturbación de los bosques y de su microhábitat, por el hombre.

Palabras clave: Bryophyta, distribución, endemismo, flora de musgos, México.

Abstract. Mosses (Bryophyta) comprise about 12 800 species in the world. In Mexico, 984 species and varieties are recognized from literature records and specimens in the Bryophyte Collection of the National Herbarium (MEXU). The southern states and those along the Neovolcanic Belt are the richest in terms of number of species, but the botanical exploration elsewhere may still produce many records. The proportion of endemic taxa is low in most vegetation types, except in the alpine areas where it reaches 17% while it is only 8% at the national level. Moss diversity is concentrated in 25 out of 75 families that contain 792 species and varieties (80% of the moss flora); the most diverse family is the Pottiaceae with 158 species and varieties. Ease of dispersal and longevity are considered responsible for the low level of moss endemism in Mexico. Only 6 species are officially recognized as rare or endangered, but many others are at risk because of forest and microhabitat disturbance by man.

Key words: Bryophyta, distribution, endemism, Mexico, moss flora.

Introducción

Los musgos son plantas verdes, generalmente pequeñas, miden desde unos milímetros hasta 20-30 cm, aunque en algunas formas erectas o con tallos colgantes alcanzan en ocasiones casi 1 metro. Viven sobre el suelo, rocas o como epífitos, en sitios húmedos, arraigados o flotando en cuerpos de agua dulce; no son marinos. La parte más conspicua de cualquier musgo es el gametofito que consiste en un tallo con 3 a 5 hileras de hojas en un arreglo radial. Por su anatomía, los tallos y las hojas son estructuras simples; los primeros pueden tener un eje o cordón central de células más pequeñas rodeadas por varias capas de células parenquimatosas más grandes que a su vez están rodeadas por una o varias capas de células epidérmicas de paredes gruesas que forman una esclerodermis. En ciertos casos, la epidermis está formada por células grandes de

pared delgada que se conoce como hialodermis. Los tallos pueden estar más o menos cubiertos por filamentos uniseriados o ramificados llamados parafilios o llevar otras estructuras especiales, los pseudoparafilios, para proteger las zonas meristemáticas. Por su parte, las hojas son con frecuencia láminas de una célula de espesor, excepto en la parte media donde puede encontrarse un nervio con células de sostén y de conducción. Las células foliares pueden exhibir formas y tamaños diversos; sus ornamentaciones o engrosamientos les confieren propiedades mecánicas o fisiológicas especiales, particularmente relacionadas con la economía del agua o con la fotosíntesis. Los tallos llevan rizoides lisos o papilosos en la base o a lo largo de su cuerpo, a veces en tal abundancia que forman un tomento. Los rizoides son filamentos multicelulares, con las paredes transversales oblicuas. Los órganos sexuales —arquegonios y anteridios— están protegidos por hojas modificadas y por parafilios entremezclados que ayudan a mantener la humedad. Los arquegonios se forman en posición apical o

lateral, mientras que los anteridios varían en posición en tallos monoicos o dioicos.

El ciclo de vida de los musgos es haplo-diplobióntico, heteromórfico, donde el gametofito haploide alterna con el esporofito diploide; éste último es el resultado de la fecundación de la célula sexual femenina u oosfera. Los anterozoides biflagelados nadan hacia el arquegonio hasta llegar a la oosfera. Después de la fecundación, las divisiones sucesivas dan lugar a las 3 estructuras fundamentales del esporofito: pie, seta y cápsula. El pie ancla el esporofito al cuerpo del gametofito; la seta es el pedicelo que eleva la cápsula por encima del gametofito para facilitar la diseminación de las esporas. Las esporas producidas por meiosis, son liberadas a través de la boca de la cápsula y al geminar producen un cuerpo filamentosos o laminar denominado "protonema". Inicialmente, la boca está cubierta por el opérculo; por debajo de él, los procesos filiformes del peristoma, en combinación con la forma de la cápsula, regulan el número de esporas liberadas en cada evento de diseminación. La pared de la cápsula tiene estomas que pueden ser funcionales en los esporofitos inmaduros o verdes.

A pesar de su aparente sencillez, el gametofito y el esporofito exhiben numerosas variantes estructurales. Muchas se utilizan como argumentos taxonómicos para separar grupos en familias o divisiones diferentes; otros ayudan a explicar el comportamiento ecológico y fisiológico de los musgos. De manera similar a las hepáticas y a los antocerotes, los musgos son plantas muy antiguas que se cuentan entre las primeras en ocupar el ambiente terrestre; precedieron a las plantas vasculares y sus adaptaciones son comparativamente simples pero efectivas para colonizar tales ambientes. Su persistencia en los ecosistemas terrestres indica su éxito ecológico; su diversidad de especies refleja la existencia de estrategias adaptativas que les han permitido ocupar hábitats no disponibles para otras plantas.

Las siguientes referencias contienen información general sobre diversos aspectos de la biología de las Bryophyta: Crum (2001), Delgadillo y Cárdenas (1990), Goffinet y Shaw (2009), Richardson (1981), Schofield (1985) y Vanderporten y Goffinet (2009).

Diversidad

De acuerdo con Sharp et al. (1994) o en LATMOSS 2011 (Delgadillo, 2011), la flora de musgos de México incluye 984 especies y variedades. Además, en la Colección de Briofitas del Herbario Nacional de México (MEXU) están depositados ejemplares que representan especies no citadas en otras fuentes y que deben ser confirmados para nuestra flora. Considerando esos registros potenciales, se estima que los musgos en la flora de México suman alrededor de 1 000 especies, casi 8% de la flora mundial. Crosby

et al. (1999) reconocen 12 800 especies, mientras que Goffinet et al. (2009) estiman que existen alrededor de 13 000 en el mundo.

Las contribuciones a la flora de musgos de México (Sharp et al., 1994) describen e ilustran las especies conocidas hasta esa fecha; sus datos de distribución local, sin embargo, no son exhaustivos pues dejan fuera colecciones importantes de muchos herbarios o de algunas regiones del país. Es probable que haya especies sin descubrir en sitios alejados de los centros de población o poco explorados por los colectores. Por ello, las áreas de distribución de las especies conocidas, todavía no están bien delimitadas. La recolección por estado amplía invariablemente el área de distribución nacional conocida de muchos musgos. Por ejemplo, en Guanajuato, Delgadillo y Cárdenas (1996) registraron 114 especies aunque los estudios previos sólo citaban 20; en Querétaro, Herrera-Paniagua et al. (2008) listaron 212 especies y variedades que incluyen 44 previamente conocidas de ese estado. La flora de musgos de México (Sharp et al., 1994) registró unas 58 especies para Zacatecas; en cambio, Delgadillo y Cárdenas (1987) citaron 115 especies y variedades para ese estado. Los musgos de Aguascalientes y la flora de áreas de Baja California, Sonora, Chihuahua y Coahuila, solamente se conocen por la recolección incidental de pocas muestras.

Los musgos de los estados del centro y del sur del país parecen mejor conocidos. El Eje Neovolcánico abarca varios estados que en conjunto reúnen alrededor de 596 especies de musgos (Villaseñor et al., 2006). Sus relaciones geográficas se han discutido en varias publicaciones (p. ej., Delgadillo, 1985, 1987, 1988, 2009) pues se considera que la distribución de los musgos puede ser fuente de información fitogeográfica y para entender la historia de ocupación por plantas en esta región. Por otra parte, los musgos de Veracruz, Oaxaca y Chiapas también son comparativamente bien conocidos. No se cuenta con un inventario de especies del último estado, pero para Veracruz, Delgadillo (2011) enlista 536 especies y variedades mientras que para Oaxaca, Delgadillo y Cárdenas (2011) reconocen 459 especies. Es probable que por su clima benigno, por ser parte de rutas comerciales o por sus atractivos turísticos, esos estados hayan recibido mayor atención por parte de colectores desde hace muchos años.

El endemismo en la flora de musgos de México es bajo. Datos previos (Delgadillo, 1994) indicaban que el porcentaje de endemismo era de más de 10% (103 especies). No obstante, con la mejor exploración en México y en otros países y el avance en la revisión de géneros y familias, el número de especies restringidas se ha reducido. Actualmente se reconocen alrededor de 77 especies (ca. 8%) restringidas al territorio nacional.

A nivel local, los estudios florísticos regionales o por tipo de vegetación muestran que el número de especies restringidas es pequeño. El llamado bosque de *Liquidambar*, la flora de Zacatecas, la del Valle de Tehuacán, de la península de Yucatán o del estado de Chiapas contienen una proporción muy reducida de especies endémicas. Sólo la flora alpina parece contener un porcentaje importante de especies restringidas: alrededor del 17% (Delgadillo, 1987). No existe evidencia directa de las causas del mayor nivel de endemismo en la flora alpina, pero se sugiere que aunque existen presiones selectivas que promueven la especiación, los taxa formados han tenido el tiempo y la longevidad suficientes para dispersarse ampliamente o para mantener sus áreas de distribución. El género *Hypnodontopsis* se ha registrado en los depósitos de ámbar desde el Eoceno de Europa; *H. mexicana* (Thér.) H. Rob. parece abundante en esos depósitos, pero su distribución actual sólo incluye México y Uganda (Frahm, 2005). En contraste, las zonas alpinas de México son geológicamente recientes y por ello conservan muchas de sus especies endémicas; en el caso de otras regiones, la mayoría de las especies endémicas tienen un área de distribución pequeña,

circunscrita a unos cuantos estados circunvecinos. La exploración botánica fragmentaria también puede ser responsable del desconocimiento del área de distribución real de muchos taxa. El ejemplo de *Streptopogon matudianus* podría ilustrar el caso de una especie considerada como endémica por mucho tiempo; fue descrita en 1952 (Crum, 1952) y, a pesar de tener una morfología distintiva, pasó inadvertida por casi 50 años. Hacia fines del siglo XX, Matteri y Schiavone (1998) la registraron de Argentina.

El cuadro 1 muestra datos sobresalientes de la riqueza florística de musgos mexicanos. Aunque la flora comprende 75 familias, el número mayor de especies está concentrado en 25 de ellas, es decir, un tercio de las familias incluyen el 80% de las especies registradas para México. La familia más importante es Pottiaceae, con alrededor del 16% del total de las especies, seguida por las Bryaceae, Dicranaceae, Fissidentaceae y Orthotrichaceae. Las Pottiaceae son musgos de ambientes extremos (Zander, 1993) por lo que su distribución en México está generalizada. Con respecto a las especies endémicas, el cuadro 1 muestra que el 74% de ellas pertenece a 19 familias y que a pesar de que las Pottiaceae están representadas en la flora por 53 géneros

Cuadro 1. Riqueza de especies en las familias de musgos mexicanos. Se listan solamente las familias con más de 10 taxones específicos o infraespecíficos y el número correspondiente de especies de distribución restringida a México

Familias	Géneros	Especies y variedades	Especies endémicas
Amblystegiaceae	12	22	2
Bartramiaceae	6	33	3
Brachytheciaceae	9	30	1
Bryaceae	12	86	9
Calymperaceae	3	24	0
Cryphaeaceae	5	11	0
Daltoniaceae	4	12	0
Dicranaceae	17	60	4
Ditrichaceae	10	19	4
Entodontaceae	2	12	1
Fissidentaceae	1	52	1
Funariaceae	3	17	2
Grimmiaceae	5	27	3
Leskeaceae	8	17	1
Meteoriaceae	9	15	1
Neckeraceae	9	22	2
Orthotrichaceae	8	47	2
Pilotrichaceae	11	39	5
Polytrichaceae	6	19	1
Pottiaceae	53	158	13
Pterobryaceae	9	14	0
Pylaisiadelphaceae	8	15	2
Sematophyllaceae	7	17	1
Sphagnaceae	1	13	0
Thuidiaceae	3	11	0
Total	25/75	221/325	58/77

y un número alto de especies, el número de endemismos también es comparativamente pequeño.

En contraste con los anteriores, los datos recíprocos que derivan del cuadro 1 son igualmente interesantes. En las 50 familias menos diversas apenas se reúnen 192 especies, y en 56 de ellas sólo hay 17 especies endémicas. La explicación de la disparidad de datos seguramente está ligada a la edad geológica y a la historia y distribución principal de cada familia. Algunas familias como las Calymperaceae, Leucobryaceae, Meteoriaceae y Pterobryaceae son fundamentalmente tropicales, en tanto que otras como las Amblystegiaceae, Grimmiaceae, Hypnaceae y Polytrichaceae, son principalmente templadas. Además de carecer de evidencias sobre su edad, con los criterios taxonómicos actuales es difícil explorar la afinidad geográfica de las familias. El último esquema de clasificación de los musgos (Goffinet et al., 2009) incorpora familias segregadas recientemente o que han experimentado rearrreglos taxonómicos importantes, notablemente las Bryaceae, Hookeriaceae y Thuidiaceae, entre otras. Los comentarios adicionales sobre la diversidad taxonómica de la flora de musgos de México podrían revisarse nuevamente cuando los estudios moleculares que han promovido el rearrreglo de las familias y géneros ofrezcan mayor estabilidad taxonómica.

Con excepción de las endémicas, las demás especies de musgos mexicanos tienen áreas de distribución en 2 o más países, en franjas altitudinales y latitudinales frecuentemente amplias. Podría suponerse que por estar representados en varios países, los musgos no requerirían protección especial para su conservación. Sin embargo, la pérdida de la cubierta vegetal en muchas zonas, el cambio de uso del suelo, la contaminación ambiental y el cambio climático son importantes en la región y determinantes para la permanencia o en la reducción del área de distribución de muchas especies. La información sobre especies de México en categorías de riesgo es virtualmente nula (véase Hallingbäck y Hodgetts, 2000), aunque el Diario Oficial del 6 de mayo de 1994, en respuesta a la preocupación del Instituto Nacional de Ecología, publicó los nombres de 6 musgos raros o en peligro (Delgadillo, 1996). Esta última publicación incorpora también los nombres de otros musgos mexicanos que requieren protección especial. Es bien conocido el uso de varias especies durante la época navideña o como parte de arreglos florales. Gómez-Peralta y Wolf (2001) documentaron la extracción de 50 toneladas de peso fresco de briofitas de la Reserva de la Biosfera en la Sierra Chincua de Michoacán durante una estación de recolección. Además del retiro de las "carpetas" de musgo, los autores mencionan la remoción accidental de 11 000 plántulas de *Abies* y otras plantas herbáceas. Varias especies de *Hypnum*, *Thuidium*, *Bryum* y *Mironia* no reconocidas como en riesgo, formaban parte de las carpetas,

pero considerando los volúmenes extraídos y los efectos sobre las comunidades vegetales de esa zona y sobre la micro-fauna asociada a los musgos, también requieren vigilancia y protección legal. En esta zona y en todo el país, dicha protección se debe extender a los musgos cuyo tamaño, cobertura o biomasa los hace blanco de recolección o uso indebido. Sin embargo, la mejor protección a los musgos radica en la preservación de los bosques y de su microhábitat.

Agradecimientos

A Susana Guzmán de la UNIBIO, Instituto de Biología, UNAM, por la obtención de las imágenes digitales de musgos mexicanos que ilustran este trabajo y a Ángeles Cárdenas por la selección de los ejemplares idóneos. También se agradecen las observaciones de dos revisores anónimos.

Literatura citada

- Crosby, M. R., R. E. Magill, B. Allen y S. He. 1999. A checklist of the mosses. Missouri Botanical Garden, St. Louis. 306 p.
- Crum, H. A. 1952. Two new species of Mexican mosses collected by A. J. Sharp. *Bryologist* 55:51-58.
- Crum, H. 2001. Structural diversity of bryophytes. University of Michigan Herbarium, Ann Arbor. 379 p.
- Delgadillo, C. 1985. The Neovolcanic Belt of Mexico as a barrier and route of migration for mosses. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden* 11:41-44.
- Delgadillo, C. 1987. Moss distribution and the phytogeographical significance of the Neovolcanic Belt of Mexico. *Journal of Biogeography* 14:69-78.
- Delgadillo, C. 1988. Floristic corridors for moss distribution across the Neovolcanic Belt of Mexico. I. The Tuxpan corridor. *Journal of Bryology* 15:165-175.
- Delgadillo, C. 1994. Endemism in the neotropical moss flora. *Biotropica* 26:12-16.
- Delgadillo, C. 1996. Moss conservation in Mexico. *Anales de Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 67:177-181.
- Delgadillo, C. 2009. Floristic corridors for moss distribution across the Neovolcanic Belt of Mexico. IV. The Toluca and Chalco corridors. *Journal of Bryology* 31:30-40.
- Delgadillo, C. 2011. Los musgos, Veracruz y el Corredor Florístico del Golfo. *In* La biodiversidad en Veracruz. Estudio de estado, volumen II, A. Cruz-Angón (ed.). CONABIO, México, D. F. p. 89-96.
- Delgadillo, C. 2011. Latmoss 2010. <http://www.ibiologia.unam.mx/briologia/www/index/>; última consulta: 2.III.2012.
- Delgadillo, C. y A. Cárdenas. 1987. Musgos de Zacatecas,

- México. III. Síntesis y fitogeografía. Boletín de la Sociedad Botánica de México 47:13-24.
- Delgadillo, C. y A. Cárdenas. 1990. Manual de briofitas, segunda edición. Cuadernos 8. Instituto de Biología, UNAM. México, D. F. 135 p.
- Delgadillo, C. y A. Cárdenas. 1996. A preliminary checklist of the mosses of Guanajuato, Mexico. Flora del Bajío y Regiones Adyacentes, Fascículo complementario XI:1-14.
- Delgadillo, C. y A. Cárdenas. 2011. Bryophyta (Musci). In Diversidad florística de Oaxaca: de musgos a angiospermas, A. J. García-Mendoza y J. A. Meave (eds.). Instituto de Biología, UNAM/ CONABIO, México, D. F. p. 65-66; 137-148.
- Frahm, J. P. 2005. The genus *Hypodontopsis* (Bryopsida, Rhachitheciaceae) in Baltic and Saxon amber. Bryologist 108:228-235.
- Goffinet, B. y A. J. Shaw (eds.). 2009. Bryophyte biology, second edition. Cambridge University Press, Cambridge. 565 p.
- Goffinet, B., W. R. Buck y A. J. Shaw. 2009. Morphology, anatomy, and classification of the Bryophyta. In Bryophyte biology, B. Goffinet y A. J. Shaw (eds.). Cambridge University Press, Cambridge. p. 55-138.
- Gómez-Peralta, M. y J. H. D. Wolf. 2001. Commercial bryophyte harvesting in the Monarch Butterfly Biosphere Reserve, Sierra Chincua, Michoacán, Mexico. Bryologist 104:517-521.
- Hallinbäck, T. y N. Hodgetts (comps.). 2000. Status survey and conservation action plan for bryophytes. mosses, liverworts, and hornworts. IUCN/SSC Bryophyte Specialist Group, IUCN, Gland. 106 p.
- Herrera-Paniagua, P., C. Delgadillo, J. L. Villaseñor e I. Luna. 2008. Floristics and biogeography of the mosses of the state of Querétaro, México. Bryologist 111:41-56.
- Matteri, C. M. y M. M. Schiavone. 1998. Sobre el género *Streptopogon* (Pottiaceae, Musci) en Argentina subtropical. Tropical Bryology 14:11-19.
- Richardson, D. H. S. 1981. The biology of mosses. Blackwell Scientific, Oxford. 220 p.
- Schofield, W. B. 1985. Introduction to bryology. Macmillan, New York. 431 p.
- Sharp, A. J., H. A. Crum y P. M. Eckel (eds.). 1994. The moss flora of Mexico. Memoirs of the New York Botanical Garden 69:1-1113.
- Vanderpoorten, A. y B. Goffinet. 2009. Introduction to bryophytes. Cambridge University Press, Cambridge. 303 p.
- Villaseñor, J. L., C. Delgadillo y E. Ortiz. 2006. Biodiversity hotspots from a multigroup perspective: mosses and senecios in the Transmexican Volcanic Belt. Biodiversity and Conservation 15:4045-4058.
- Zander, R. H. 1993. Genera of the Pottiaceae: Mosses of harsh environments. Bulletin of the Buffalo Society of Natural Sciences 32:1-378.

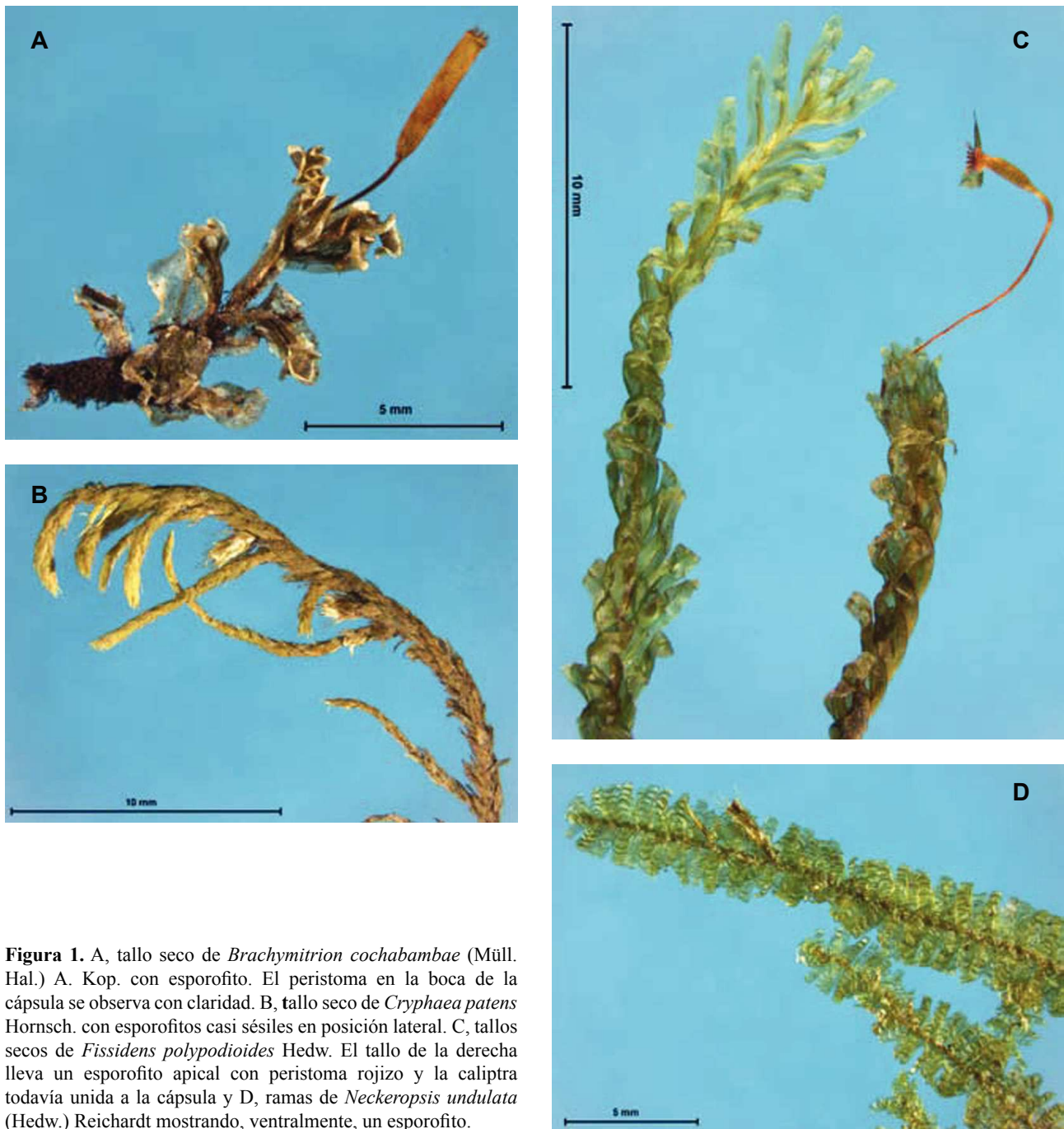


Figura 1. A, tallo seco de *Brachymitrium cochabambae* (Müll. Hal.) A. Kop. con esporofito. El peristoma en la boca de la cápsula se observa con claridad. B, tallo seco de *Cryphaea patens* Hornsch. con esporofitos casi sésiles en posición lateral. C, tallos secos de *Fissidens polypodioides* Hedw. El tallo de la derecha lleva un esporofito apical con peristoma rojizo y la caliptra todavía unida a la cápsula y D, ramas de *Neckeropsis undulata* (Hedw.) Reichardt mostrando, ventralmente, un esporofito.