



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

---

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

ÁREA ACADÉMICA DE BIOLOGÍA

LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

**Estudio Florístico de los Musgos del Parque  
Nacional Los Mármoles, Hidalgo, México**

TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

L I C E N C I A D O E N B I O L O G Í A  
P R E S E N T A :

**VÍCTOR MANUEL GÁLVEZ AGUILAR**

**DIRECTOR: DR. ARTURO SÁNCHEZ GONZÁLEZ**

**MINERAL DE LA REFORMA, HIDALGO**

	<b>Página</b>
Índice general	
<b>RESUMEN</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
<b>ANTECEDENTES</b>	<b>5</b>
<b>Características generales de las briofitas</b>	<b>5</b>
<b>Importancia de las briofitas</b>	<b>12</b>
<b>Estudios sobre musgos realizados en México y en el estado de Hidalgo</b>	<b>12</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>14</b>
<b>ÁREA DE ESTUDIO</b>	<b>15</b>
<b>MATERIAL Y MÉTODO</b>	<b>20</b>
<b>Recolección de ejemplares</b>	<b>20</b>
<b>Trabajo en laboratorio</b>	<b>21</b>
<b>Estimación del índice de constancia</b>	<b>23</b>
<b>Distribución geográfica actual de las especies de musgos</b>	<b>23</b>
<b>Estimación de la riqueza de taxa de musgos del PNM</b>	<b>24</b>
<b>RESULTADOS</b>	<b>25</b>
<b>Recolección y sustrato de crecimiento de los ejemplares de musgos</b>	<b>25</b>
<b>Florística y riqueza de especies de musgos del PNM</b>	<b>30</b>
<b>Índice de constancia y distribución geográfica actual de las especies por municipio</b>	<b>38</b>
<b>Colección de briofitas del herbario del CIB</b>	<b>40</b>
<b>DISCUSIÓN</b>	<b>41</b>
<b>Recolección y sustrato de crecimiento de los ejemplares de musgos</b>	<b>41</b>
<b>Florística y riqueza de especies de musgos del PNM</b>	<b>42</b>
<b>Índice de constancia y distribución geográfica actual de las especies por municipio</b>	<b>43</b>
<b>CONCLUSIÓN</b>	<b>46</b>
<b>Inventario florístico</b>	<b>46</b>
<b>Sustratos de crecimiento</b>	<b>46</b>

<b>Distribución geográfica actual</b>	<b>46</b>
<b>Colección de musgos del herbario</b>	<b>47</b>
<b>LITERATURA CITADA</b>	<b>48</b>
<b>ANEXO I</b>	<b>55</b>
<b>ANEXO II</b>	<b>62</b>

<b>Índice de Cuadros</b>	<b>Página</b>
<b>Cuadro 1. Sitios de recolección de ejemplares de musgos. Se indica el número de sitio, la fecha de recolecta, las coordenadas geográficas y la altitud</b>	<b>25</b>
<b>Cuadro 2. Taxa de musgos que representan nuevos registros para el estado de Hidalgo y su distribución en México</b>	<b>30</b>
<b>Cuadro 3. Áreas de México donde se han realizado estudios sobre musgos</b>	<b>32</b>
<b>Cuadro 4. Número de géneros por familia de musgos del PNM</b>	<b>34</b>
<b>Cuadro 5: Número de especies por género en el PNM</b>	<b>36</b>
<b>Cuadro 6: Distribución general de los musgos del Parque Nacional Los Mármoles</b>	<b>40</b>

<b>Índice de Figuras</b>	<b>Página</b>
<b>Figura 1. Phaeoceros sp. del PNM, se observa el gametofito sobre el sustrato y el esporofito maduro</b>	<b>6</b>
<b>Figura 2. Esquema de un antocero que muestra el gametofito y el esporofito</b>	<b>6</b>
<b>Figura 3 <i>Marchantia</i> sp. Hepática talosa del PNM, se observan los conceptáculos los cuales tienen listas las gemas para ser liberadas y reproducirse asexualmente</b>	<b>7</b>
<b>Figura 4. Hepática foliosa del PNM, se observan los tallos y las hojas</b>	<b>7</b>
<b>Figura 5. Distintas formas de crecimiento de los musgos. a) <i>Didymodon vinealis</i> (Brid.), b) <i>Pilotrichella flexilis</i> (Hedw.) Ångstr, c) <i>Thuidium delicatulum</i> (Hedw.) B. S. G.</b>	<b>8</b>
<b>Figura 6.- Esporofito de <i>Pogonatum</i> sp. del PNM. Se observan las diferentes estructuras que componen el esporofito, también se señalan los dientes del peristoma, que en algunos casos permiten diferenciar entre especies</b>	<b>9</b>
<b>Figura 7.- Ciclo de vida general de los musgos</b>	<b>10</b>
<b>Figura 8. Localización del Parque Nacional Los Mármoles</b>	<b>15</b>
<b>Figura 9. Barranca de San Vicente</b>	<b>16</b>
<b>Figura 10. Cerro del Cangando</b>	<b>16</b>
<b>Figura 11. Tipos de clima que predominan en el PNM</b>	<b>16</b>
<b>Figura 12. Principales ríos que se encuentran en el PNM</b>	<b>17</b>
<b>Figura 13. Principales localidades del PNM</b>	<b>18</b>
<b>Figura 14.- Etiqueta con datos estándar de las características generales del hábitat de cada ejemplar de musgo recolectado</b>	<b>20</b>
<b>Figura 15. Obra que contiene la clave taxonómica para identificar a las especies de musgos de México</b>	<b>22</b>

<b>Figura 16. Distribución de los sitios de recolección de ejemplares de musgos en el PNM</b>	<b>28</b>
<b>Figura 17. Porcentaje de ejemplares de musgos, por tipo de sustrato en el que se recolectaron</b>	<b>29</b>
<b>Figura 18. Estimación de la riqueza de musgos del PNM a partir de la distribución de los taxa en los sitios de recolección, utilizando tres índices diferentes (Bootstrap, Chao-2 y Jackknife).</b>	<b>33</b>
<b>Figura 19. Número y porcentaje de especies por familia en el PNM, las cuales están ordenadas de acuerdo con la riqueza de especies</b>	<b>35</b>
<b>Figura 20. Distribución de de los ejemplares recolectados y de las especies identificadas, por municipio</b>	<b>38</b>
<b>Figura 21. Número y porcentaje de especies presentes en uno o más municipios del PNM</b>	<b>39</b>

## RESUMEN

El Parque Nacional Los Mármoles (PNM) se localiza en la Sierra Madre Oriental, dentro de los municipios de Jacala, Nicolás Flores, Pacula y Zimapán, Hidalgo. Los principales tipos de vegetación son: bosque de encino, bosque de pino, bosque de pino-encino, bosque encino-pino, bosque de enebro y pastizal. El conocimiento de la flora de musgos en los diferentes ecosistemas del estado de Hidalgo es escaso, por lo que los objetivos de la presente investigación fueron conocer la composición florística y la distribución geográfica de las especies en el PNM. El trabajo en campo consistió en la recolección exhaustiva de ejemplares en 46 localidades que representaban los diferentes tipos de vegetación existentes dentro del Parque. Los ejemplares se colocaron en bolsas de papel a las que se agregó una etiqueta con datos específicos del área y se depositaron en el herbario del Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo para deshidratarlos e identificarlos. Se recolectaron un total de 573 ejemplares de musgos. Se identificaron 135 especies, 15 variedades y dos subespecies, distribuidas en 81 géneros y 29 familias. La identificación de las especies fue validada por los especialistas del grupo en México. Los tres índices no paramétricos utilizados para estimar el número probable de especies o taxa infraespecíficos en el PNM, sugieren que la riqueza puede ser de hasta 219. Las familias con cinco o más géneros fueron: Pottiaceae, Dicranaceae, Hypnaceae y Leskeaceae; y con más de seis especies: Pottiaceae, Bryaceae, Orthotrichaceae, Entodontaceae, Brachytheciaceae, Hypnaceae y Leskeaceae. Los géneros con más de cinco especies fueron *Bryum*, *Entodon*, *Brachythecium* y *Didymodon*. La mayoría de los ejemplares de musgos se recolectaron sobre suelo o bien eran epífitos. Sólo nueve de los taxa se consideraron de amplia distribución dentro del PNM pues se presentaron en los

cuatro municipios. Se registran por primera vez para el estado de Hidalgo 43 especies y seis variedades, de estos taxa resaltan 16 que presentan un patrón de distribución disyunta. El municipio de Zimapán fue el que presentó la mayor riqueza de especies, seguido de Nicolás Flores, Pacula y por último Jacala. Por su distribución geográfica actual, las especies de musgos del PNM se agruparon en cuatro categorías: endémicas, bicéntricas, americanas y de amplia distribución. La mayoría de los taxa se distribuyen en la región denominada mesoamericana neotropical de América (39.47%) o son de amplia distribución en el planeta (34.87%). El número de taxa endémicos en el PNM fue de 2.63%, un valor semejante al reportado para el estado de Querétaro, pero bastante inferior al de la región neotropical de México. El herbario del Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, posee ahora una colección de briofitas constituida por 573 ejemplares de musgos y 152 taxa.

## INTRODUCCIÓN

Las briofitas son el segundo grupo más grande de plantas continentales, después de las angiospermas, comprenden entre 18,000 (Shaw y Renzaglia, 2004) y 25,000 (Glime, 2006) especies conocidas.

En México se registra la presencia de 960 especies de musgos, lo que corresponde a un 4.2% de la riqueza de musgos conocida en el mundo. Gran parte del territorio nacional todavía no se ha explorado, por lo que el número de especies de musgos debe ser más elevado (Gálvez y Sánchez-González, 2006). En el estado de Hidalgo se han identificado alrededor de 280 especies, lo que equivale al 29.16% de las especies de México (Sharp *et al.*, 1994), pero sólo se han realizado dos estudios: el primero sobre los musgos de La Sierra de Pachuca (Alfaro y Castillo, 1986) y el segundo es un registro con claves para la identificación de las especies recolectadas en distintas entidades de México, entre ellas el estado de Hidalgo (Sharp *et al.*, 1994), publicado por el Jardín Botánico de Nueva York. En esta obra, los autores iniciaron la recolección de ejemplares en México en 1944 y la revisión de herbarios en México y en el extranjero, el trabajo concluyó en 1994. En ambos estudios, la mayoría de los ejemplares recolectados pertenecen a la región central y sur del estado de Hidalgo, por lo que toda la región norte, no ha sido explorada hasta el momento. El PNM, localizado en el noroeste del estado de Hidalgo, ha sido poco estudiado desde un punto de vista florístico (hasta el momento se mencionan sólo 48 especies), con respecto a la composición de especies de briofitas la información es escasa (SARH, 1994), hasta ahora no se conoce con precisión cuantas especies puedan existir dentro del PNM.

El PNM es la segunda área natural protegida con mayor extensión territorial en el estado de Hidalgo, el ritmo de deterioro de la vegetación debido a las actividades humanas es alarmante, por lo que es urgente un programa de manejo (Gálvez y Sánchez-González, 2006; Álvarez y Sánchez-González, 2007; CONAMP, 2007; Ramírez y Sánchez-González, 2007). Algunas especies vegetales tienen graves problemas de supervivencia, por ejemplo *Dahlia dissecta* y *Dahlia cuspidata*, particularmente en la comunidad de La Encarnación y en la Barranca de San Vicente donde hay nueve bancos de explotación de mármol (SARH, 1994).

Hasta el momento son muy pocos los estudios relacionados con la biogeografía de los musgos de México, es importante realizar inventarios a nivel local o regional, para conocer la distribución de cada especie, la integración de esta información puede ayudar a formular hipótesis sobre las causas de la diversidad florística y sobre las relaciones de la flora de México con la de otras regiones del mundo (Delgadillo, 2000, 2003).

Los escasos datos sobre la flora vascular y no vascular del PNM, aunado al rápido deterioro que está sufriendo, indican la necesidad de generar información básica, que sirva de utilidad para su conservación y aprovechamiento. Los estudios florísticos representan un primer paso para la elaboración de un programa de manejo. El presente trabajo es una contribución al conocimiento de las especies de musgos presentes en el estado de Hidalgo y en México y aporta también información sobre los patrones de distribución geográfica de los mismos en el planeta.

## ANTECEDENTES

### Características generales de las briofitas

Después de las angiospermas, las briofitas son el segundo grupo más diverso de plantas en el mundo y presentan además una amplia distribución (Hallingbäck y Hodgetts, 2000; Buck y Goffinet, 2002; Nishiyama *et al.*, 2004; Shaw y Renzaglia, 2004, Glime, 2006).

Son plantas de tamaño variable (desde milímetros hasta varios centímetros de longitud), típicamente verdes y sin las estructuras complejas presentes en las plantas vasculares, no producen flores ni semillas, la mayoría no disponen de mecanismos internos para el transporte de agua o nutrimentos y carecen de raíces, aunque presentan rizoides que son estructuras de absorción más primitivos (Hallingbäck y Hodgetts, 2000; Buck y Goffinet, 2002; Raven *et al.*, 2003; Stern *et al.*, 2003).

En su desarrollo hay alternancia de generaciones en la que predomina el gametofito (fotosintético) sobre el esporofito. El gametofito siempre está dividido en tallo y hojas. El esporofito se desarrolla como una cápsula o urna sostenida por una seta generalmente larga, aunque en algunas ocasiones puede ser muy corta. En el interior de la capsula se encuentran las esporas que son unicelulares y fotosintéticas, la capsula se encuentra cerrada por estructuras filamentosas (dientes) internas y/o externas (Delgadillo y Cárdenas, 1990; Mauseth, 2003; Raven *et al.*, 2003; Strasburger *et al.*, 2004).

Las briofitas están representadas por tres divisiones: Anthocerotophyta (Antoceros), Marchantiophyta (Hepáticas) y Bryophyta (Musgos) (Kenrick y Crane, 1997; Duff y Nickrent, 1999; Nishiyama y Kato, 1999; Willis y McElwain, 2002; Nishiyama *et al.*, 2004; Shaw y Renzaglia, 2004; Glime, 2006). A continuación se hace una pequeña descripción de las tres divisiones.

Anthocerotophyta. Se conocen entre 100 y 150 especies de antoceros en el mundo (figura 1). El gametófito es un talo multiestratificado (figura 2). La cápsula del esporofito es una estructura cilíndrica con una pared de varias capas de células que encierran al tejido esporógeno y la columnela. A partir del tejido esporógeno se forman las esporas y los pseudoelaterios; estos últimos son estructuras multicelulares intercaladas entre las esporas. Al madurar la cápsula se forman de una a cuatro líneas de dehiscencia (valvas) que se abren

a partir del ápice y exponen a las esporas a la acción del viento (Delgadillo y Cárdenas, 1990; Renzaglia y Vaughn, 2002; Raven *et al.*, 2003; Shaw y Renzaglia, 2004). Tienden a crecer en sitios húmedos y sombreados. Algunas especies crecen en grupos y no son fáciles de localizar (Renzaglia y Vaughn, 2002; Norris, 2003).

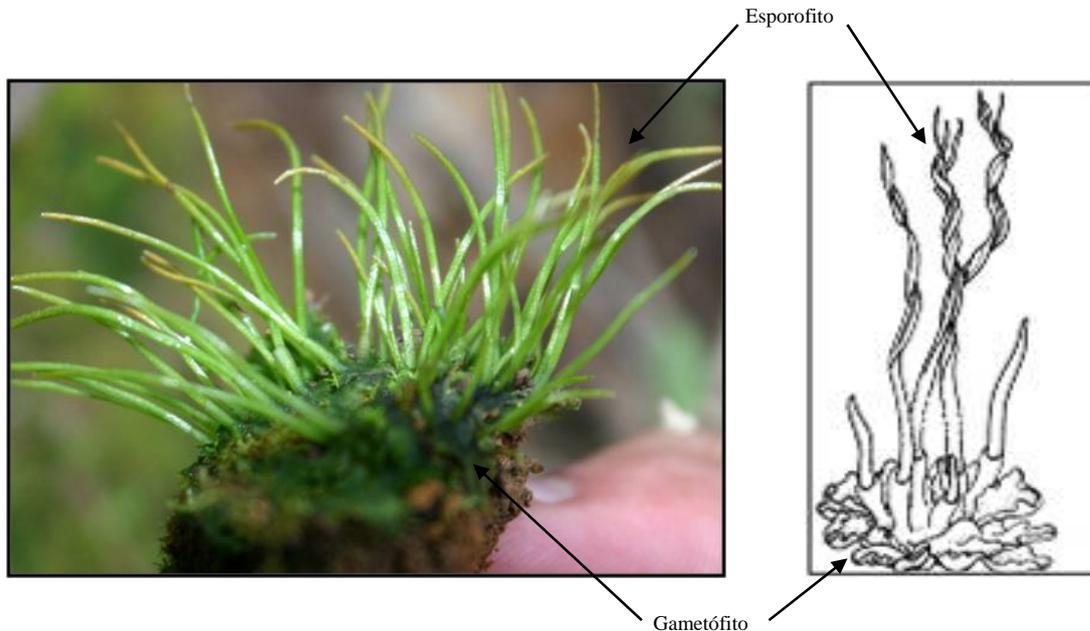


Figura 1. *Phaeoceros* sp. del PNM, se observa el gametofito sobre el sustrato y el esporofito maduro

Figura 2. Esquema de un antocero que muestra el gametofito y el esporofito

Marchantiophyta. Se conocen entre 5000 y 8000 especies de hepáticas. El gametofito puede ser taloso o folioso. El primero generalmente es postrado y se ramifica dicotómicamente (figura 3). Los órganos sexuales se forman comúnmente en la superficie superior del talo. Los esporofitos se desarrollan en estructuras elevadas, que favorecen la diseminación de las esporas por el viento. Los gametófitos pueden reproducirse asexualmente por medio de yemas o propágulos presentes en estructuras en forma de copa o media luna (conceptáculos), con características aerodinámicas. Las gotas de lluvia se encargan de liberarlas y dispersarlas a sitios cercanos (Delgadillo y Cárdenas, 1990; Hallingbäck y Hodgetts, 2000; Crandall-Stotler y Stotler, 2002; Glime, 2006).

Las formas foliosas (figura 4) exhiben numerosos rizoides unicelulares, dos hileras de hojas dorsales y una hilera de hojas ventrales. Las hojas uniestratificadas (filidios), son de tamaño variable; las dorsales son comparativamente grandes, bilobadas y se insertan diagonalmente sobre el tallo (caulidio), mientras que las ventrales son más pequeñas y se insertan transversalmente. El tallo tiene una estructura simple, los arquegonios crecen en el ápice de tallos o ramas y los anteridios se desarrollan solos o en grupos en las axilas de las hojas (Delgadillo y Cárdenas, 1990; Hallingbäck y Hodgetts, 2000; Crandall-Stotler y Stotler, 2002; Glime, 2006). Las hepáticas se encuentran en lugares húmedos y poco sombreados.



Figura 3. *Marchantia* sp. Hepática talosa del PNM, se observan los conceptáculos los cuales tienen listas las gemas para ser liberadas y reproducirse asexualmente



Figura 4. Hepática foliosa del PNM, se observan los tallos y las hojas

Bryophyta. Es la división más diversa y mejor estudiada de las tres, con aproximadamente entre 10,000 y 13,000 especies de musgos (figura 5). (Buck y Goffinet, 2002; Shaw y Renzaglia, 2004; Glime, 2006).

El tallo del gametofito de los musgos puede ser erecto o postrado y medir desde milímetros hasta varios centímetros de tamaño. Además de los rizoides, los tallos de los musgos pueden tener estructuras fotosintéticas y/o de protección. Las hojas con frecuencia presentan distintos arreglos sobre el tallo, la costa de las mismas puede ser doble, única,

con crestas, bifurcada, llegar al ápice o a la mitad de la hoja, puede estar bien marcada o ligeramente, son uní o pluriestratificadas y sus células varían en tamaño, forma y ornamentación (Mauseth, 2003; Strasburger *et al.*, 2004).

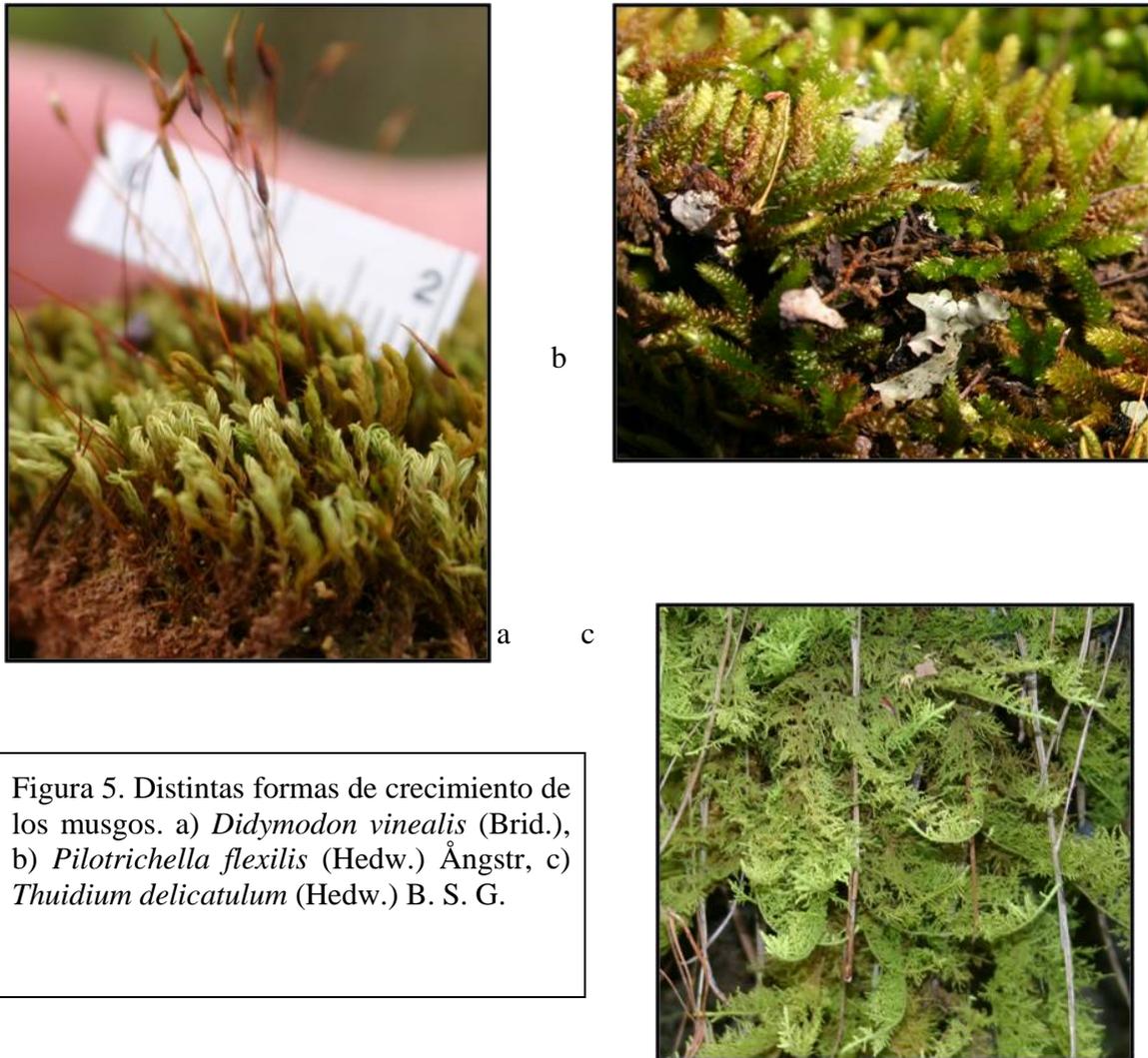


Figura 5. Distintas formas de crecimiento de los musgos. a) *Didymodon vinealis* (Brid.), b) *Pilotrichella flexilis* (Hedw.) Ångstr, c) *Thuidium delicatulum* (Hedw.) B. S. G.

El esporofito tiene tres partes fundamentales: pie, seta y cápsula (figura 6). El tamaño de la seta es variable y, en algunos grupos, está ausente o muy reducida. En el extremo distal se distingue la caliptra. La boca de la cápsula está cubierta por una tapa u opérculo; al madurar, el opérculo cae y deja al descubierto 1 o 2 filas de apéndices que en conjunto son denominados peristoma o dientes, los cuales pueden estar lisos u

ornamentados. La capsula está protegida por una cubierta membranosa la cual recibe el nombre de caliptra, esta puede ser lisa o pilosa, y cae cuando la capsula está madura. El pie está inserto en el tejido del gametofito (Delgadillo y Cárdenas, 1990; Raven *et al.*, 2003).

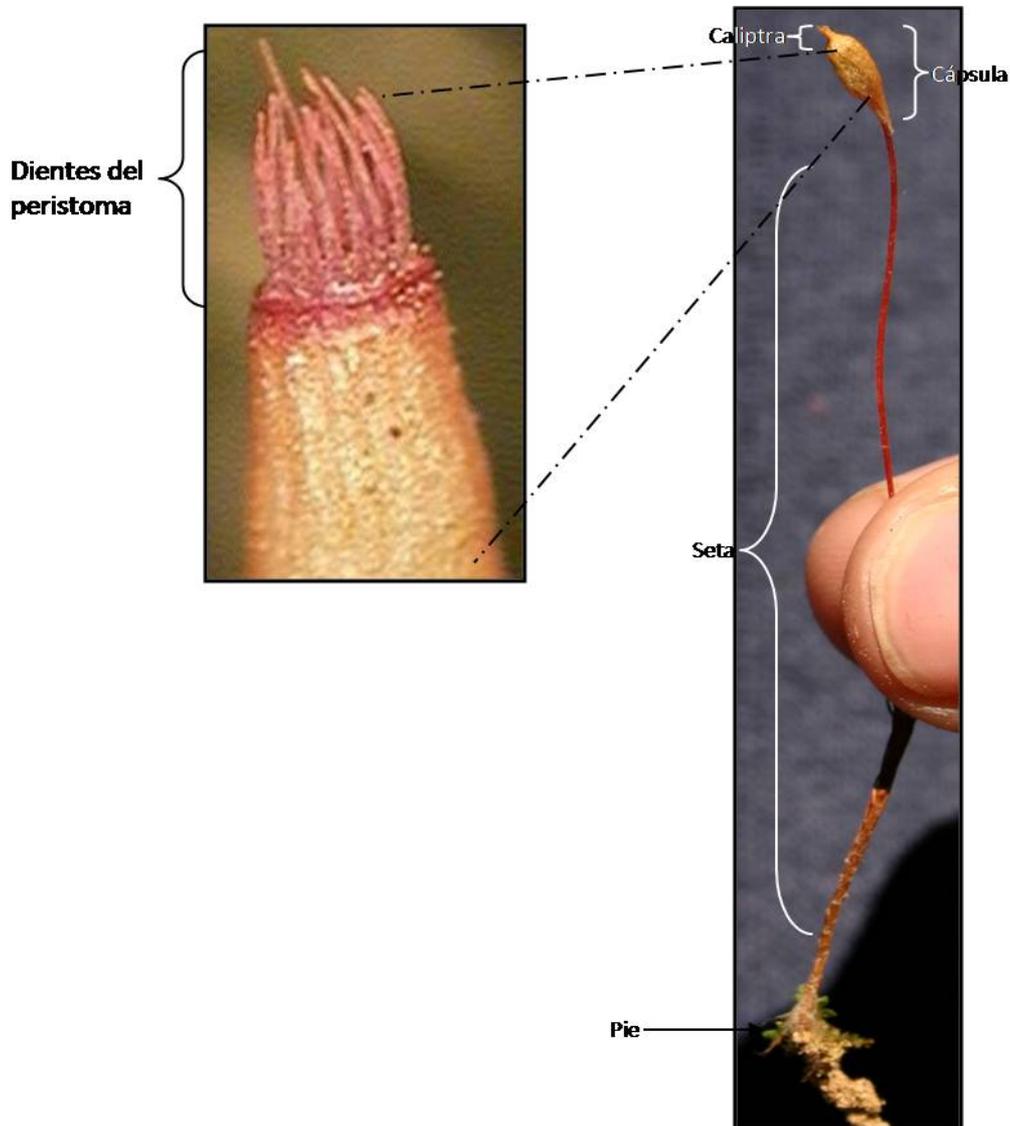


Figura 6. Esporofito de *Pogonatum* sp. del PNM. Se observan las diferentes estructuras que componen el esporofito, también se señalan los dientes del peristoma, que en algunos casos permiten diferenciar entre especies

Un musgo comienza a desarrollarse a partir de una espora haploide, la cual germinará para producir el protonema (figura 7), que es una etapa muy corta, de la cual se

origina el gametofito que se diferencia en tallos (caulidios) y hojas (filidios). En el ápice de los tallos o ramas se van a desarrollar los órganos sexuales de los musgos. Los órganos femeninos, conocidos como arquegonios, donde se forma la ovocélula, están protegidos por un grupo de hojas modificadas conocidas como periqueciales. En los órganos masculinos o anteridios, cubiertos por hojas modificadas llamadas perigonias, se originan las células espermáticas o anterozoides que fecundarán a la ovocélula para formar el cigoto. Este último se diferencia para formar el esporofito, en cuya cápsula por meiosis se formarán las esporas, para así continuar el siguiente ciclo reproductivo. Los musgos pueden ser dioicos o monoicos. Los dioicos, llevan los órganos masculinos y femeninos en plantas diferentes. Los monoicos los llevan en la misma planta (Buck y Goffinet, 2002).

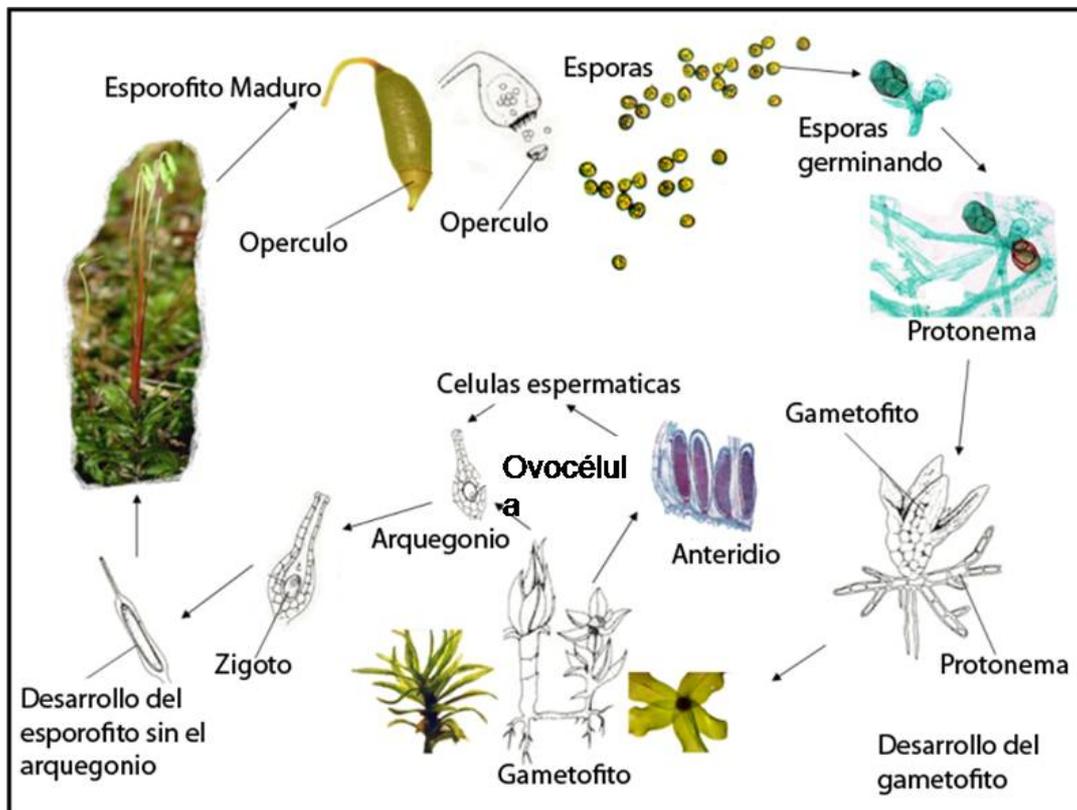


Figura 7. Ciclo de vida general de los musgos

Tradicionalmente se dividía a los musgos en tres clases: Sphagnopsida, Andreaeopsida y Bryopsida (Sharp *et al.*, 1994), pero con base en estudios morfológicos, anatómicos y moleculares ha surgido una nueva propuesta de clasificación, la cual los

divide en seis clases: Takakiopsida, Sphagnopsida, Andreaeopsida, Andreaebryopsida, Polytrichopsida y Bryopsida (Buck y Goffinet, 2002; Glime, 2006).

Takakiopsida presenta las hojas divididas al interior en filamentos redondeados, las capsulas son dehiscentes por una única abertura longitudinal en espiral. Sólo hay un orden, Takakiales.

Sphagnopsida tiene las ramas en fascículos, sus hojas están compuestas por una red de células hialinas y clorofílicas, la seta está ausente, las capsulas están sostenidas por un pseudopodio, carecen de estomas. Se dividen en Ambuchananiales y Sphagnales.

La clase Andreaeopsida se encuentra en rocas ácidas, son generalmente autoicos, carecen de una banda central caulinar, presentan pseudopodio. Sólo contiene un orden: Andreales.

Andreaebryopsida crecen sobre rocas calcáreas, son dioicas, carecen de una banda central caulinar, la caliptra es larga y cubre toda la cápsula, que es valvada, presentan seta. Sólo contiene un orden: Andreaebryales.

Las especies de Polytrichopsida son robustas, dioicas, presentan una banda central caulinar, hojas costadas, frecuentemente la costa presenta lamelas en la parte ventral, seta presente, cápsulas operculadas, peristoma nematodonto. Tiene dos órdenes, Polytrichales y Tetráphidales.

La clase Bryopsida comprende plantas pequeñas y robustas, hojas costadas, típicamente carecen de lamelas, las cápsulas son operculadas y el peristoma artrodonto. Esta clase contiene aproximadamente el 98% de las especies del grupo. Se divide en: Archidiales, Bryales, Dicranales, Diphysciales, Encalyptales, Funariales, Grimmiales, Hedwigiales, Hookeriales, Hypnales, Orthotrichales, Pottiales, Rhizogoniales, Seligeriales y Timmiales (Buck y Goffinet, 2002; Glime, 2006).

## **Importancia de las briofitas**

Las briofitas, en especial los musgos, colaboran en la estabilización de las capas más superficiales del suelo, colonizan rocas y suelos, son fundamentales en el reciclaje de nutrientes, en la producción de biomasa y en la fijación de carbono. También son capaces de regular el flujo hídrico. Su valor económico es destacable, ya sea como combustible (turba), en horticultura, en la absorción de aceites, o como fuente de compuestos químicos. Se han utilizado con fines medicinales y como bioindicadores (Delgadillo y Cárdenas, 1990; Hallingbäck y Hodgetts, 2000; Crandall-Stotler y Stotler, 2002; Glime, 2006).

También intervienen en el intercambio de carbono y en el mantenimiento de la temperatura en los bosques (De Lucia *et al.*, 2003). Ecológicamente pueden utilizarse como indicadores de calcio y de la cantidad de nutrientes en el agua, son buenos indicadores de lluvia ácida y del pH de los suelos. Algunos géneros inhiben la erosión de los suelos gracias a su forma de crecimiento (Saxena y Harinder, 2004).

## **Estudios sobre musgos realizados en México y en el estado de Hidalgo**

En la primera publicación sobre los musgos de México, Crum (1951), menciona la presencia de 202 especies. Sin embargo, la obra más reciente e importante hasta el momento es "The Moss Flora of México" (Sharp *et al.*, 1994), donde se reportan aproximadamente 960 especies de musgos. A partir de este trabajo, se han publicado listados que describen la riqueza muscinal de diferentes entidades de la República Mexicana, a pesar de ello la información todavía es incompleta.

La mayoría de los estudios se han concentrado en la franja central de México, dejando las regiones norte y sur poco exploradas. En la región norte del país se pueden citar trabajos de Bowers *et al* (1976) en Baja California, Crum (1951) en el noreste de México y Delgadillo y Cárdenas (1987) en Zacatecas. En el sur resaltan los estudios en los estados de Chiapas (Delgadillo y Cárdenas, 2002), Tabasco (Delgadillo y Zamudio, 1988), Veracruz (Juárez, 1983; De Luna, 1984) y Yucatán (Delgadillo y Cárdenas, 1982; Delgadillo *et al.*, 1982; Delgadillo, 1984).

En la zona central de México, se conoce poco la riqueza de especies de musgos en entidades como Colima (Delgadillo, 1987), Jalisco (De Luna, 1984), Michoacán (Delgadillo y Cárdenas, 1995) y Nayarit (Norris, 1969). En contraste, una de las regiones mejor estudiadas es el Valle de México y sus alrededores (Delgadillo y Zander, 1984; Cárdenas, 1989, 1995a, b, 1997, 1999, 2000).

Un claro ejemplo de que el inventario de las especies de musgos todavía es incompleto, lo representa el estado de Querétaro, en donde se registraban sólo 44 especies (Sharp *et al.*, 1994); pero en un estudio reciente Herrera (2005), menciona 212 especies y 23 variedades, es decir, 168 especies que son nuevos registros para la entidad y una nueva especie para México.

En el estado de Hidalgo la situación es similar, en un estudio realizado en la Sierra de Pachuca se mencionan 169 especies de musgos (Alfaro y Castillo, 1986), pero de acuerdo con la flora de musgos de México (Sharp *et al.*, 1994), la entidad posee alrededor de 280 especies (29% del total nacional). Debido a la escasa superficie explorada es muy probable que un estudio exhaustivo genere nuevos registros para el estado de Hidalgo (Gálvez y Sánchez-González, 2006).

Los inventarios sobre la briofitas de las áreas naturales protegidas de México son también escasos, es conveniente resaltar los de las Reservas de la Biosfera de Montes Azules, Chiapas (Delgadillo y Cárdenas, 2002) y del Valle de Tehuacán (Delgadillo y Zander, 1984); los de las zonas alpinas de los Parques Nacionales Nevado de Toluca, Iztaccíhuatl-Popocatepetl, La Malinche, el Cerro Potosí (Delgadillo, 1971, 1979b), Nevado de Colima, Pico de Orizaba y Cofre de Perote (De Luna, 1985); y el de la Sierra Madre Oriental (Delgadillo, 2004).

Recientemente, la CONANP publicó un listado florístico del PNM, en donde se menciona 59 géneros y 90 especies de musgos; 10 géneros y 14 especies de pteridofitas; cuatro géneros y 11 especies de gimnospermas y 253 géneros y 403 especies de angiospermas (CONANP, 2007). Estos datos son incompletos y no son confiables, al menos para las briofitas y pteridofitas, como lo demuestra el estudio formal de la pteridoflora del PNM, realizado por Ramírez (en proceso), en donde se registra la presencia de 72 especies. En el caso de los musgos, el listado de especies publicado por CONANP

(2007) es dudoso, la nomenclatura no está actualizada y no cuenta con referencias que sustenten la información.

## **OBJETIVOS**

- Realizar el inventario de las especies de musgos del Parque Nacional Los Mármoles, estado de Hidalgo
- Conocer los sustratos de crecimiento de los musgos del PNM
- Conocer la distribución geográfica actual de las especies de musgos del PNM
- Iniciar la colección de briofitas del Herbario del Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, con los ejemplares recolectados en el PNM

## ÁREA DE ESTUDIO

El Parque Nacional los Mármoles fue decretado el 8 de septiembre de 1936 por el Presidente Lázaro Cárdenas, en el Diario Oficial de la Federación (DOF, 1936). Se localiza entre los meridianos  $20^{\circ}45'39''$  y  $20^{\circ}58'22''$  latitud norte y  $99^{\circ}08'57''$  y  $99^{\circ}18'39''$  de longitud oeste. Tiene una extensión de 23,150 Ha (figura 8) dentro de los municipios de Jacala de Ledesma, con 34.5% de la superficie (7,986.75 Ha), Nicolás Flores, con 25% (5,787.5 Ha), Pacula, con 4.5% (1,041.75 Ha) y Zimapán, con 36% (8,334.0 Ha) (CONANP, 2007; Rivera, 2007).

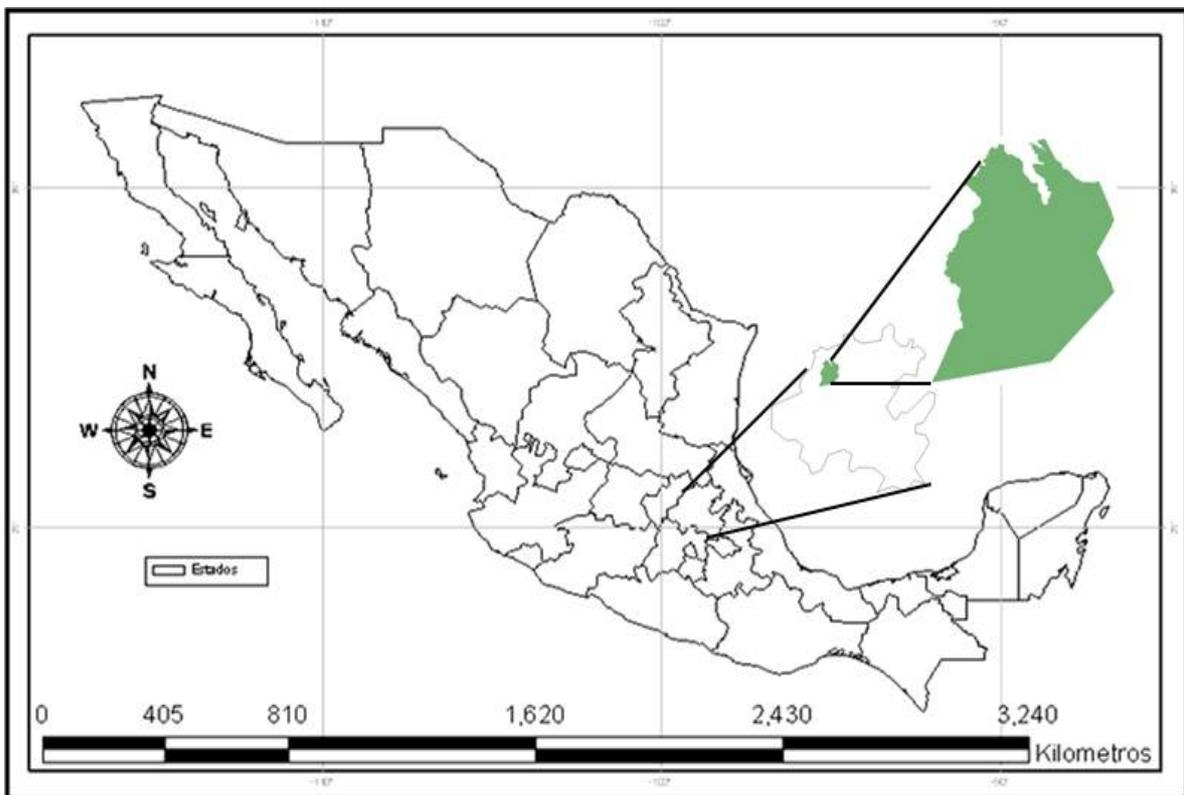


Figura 8. Localización del Parque Nacional Los Mármoles

Forma parte de la Sierra Gorda, dentro de la Sierra Madre Oriental, resaltan dos prominencias topográficas: La Barranca de San Vicente (figura 9), que tiene una

profundidad de 600 msnm y el Cerro del Cangandó (figura 10), con una altitud de 3000 m (SARH, 1994).



Figura 9. Barranca de San Vicente



Figura 10. Cerro del Cangandó

Existen carreteras asfaltadas en las principales poblaciones y caminos de terracería hacia los yacimientos de mármol de la Encarnación y San Nicolás, así como a poblados más pequeños (SARH, 1994).

Hay dos tipos de clima (figura 11): templado subhúmedo, que abarca 20,008 Ha y semicálido subhúmedo en 3,142 Ha, ambos con lluvias en verano. La vegetación que predomina son los bosques de encino, pino, pino-encino, encino-pino y enebro (SARH, 1994).

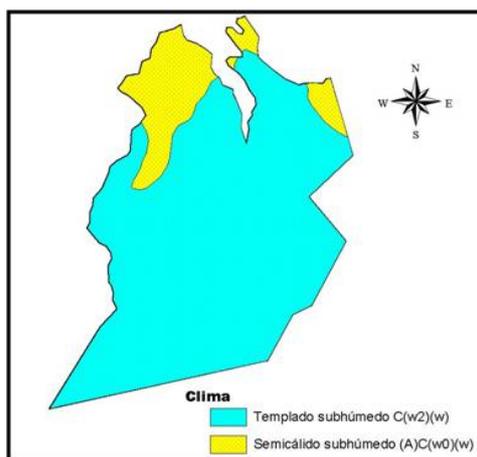


Figura 11. Tipos de clima que predominan en el PNM

Las rocas que afloran en Los Mármoles son sedimentarias marinas, constituidas por calizas, lutitas y areniscas; rocas ígneas intrusivas y extrusivas como las andesitas y tobas





degradación del Parque (Gálvez y Sánchez-González, 2006; CONANP, 2007, Rivera, 2007).

En el PNM se destacan los siguientes tipos de vegetación (SARH, 1994; CONANP, 2007):

- Bosque de encino. Ocupa 4,884.65 ha, que representan el 21.1% de la superficie, se presenta disperso en manchones al oriente, occidente y norte del PNM.
- Bosque de pino. Con 1,597.35 ha, que representan el 6.9% del PNM, se localiza en las partes más altas, principalmente sobre los 2,500 a 3,000 msnm.
- Bosque de encino-pino. Distribuido en 5,880.1 ha, aproximadamente el 25.4 % del PNM, se encuentra entre 2,000 y 2,500 msnm, en franjas continuas con mayor dominancia en la parte occidental.
- Bosque de pino-encino. Ocupa 3,310.45 ha y representa el 14.3% de la superficie del PNM, se encuentra entre 2,000 y 2,500 msnm.
- Bosque de enebro. Cubre 856.55 ha, que corresponden al 3.7% del PNM, se restringe al intervalo altitudinal de 1,500-2,000 msnm, en dos importantes áreas, una al occidente y otra al norte del PNM.
- Pastizal inducido y de uso agrícola. Ocupa 833.4 ha, que representan el 3.6% de la superficie del PNM.

## MATERIAL Y MÉTODO

### Recolección de ejemplares

El trabajo de campo consistió en la exploración paulatina y exhaustiva de las principales comunidades vegetales presentes en los cuatro municipios en los que se localiza el PNM, con el fin de recolectar el mayor número posible de ejemplares y así contar con una representación confiable de la riqueza de especies de musgos. Los sitios de recolección fueron elegidos preferencialmente, considerando que se encontraran alejados de viviendas y terrenos agrícolas.

El trabajo en campo inició el 30 de septiembre de 2005 y concluyó el 17 de diciembre de 2006. La recolección de ejemplares se realizó por lo menos una vez al mes, durante 14 meses y durante dos o más días consecutivos cada vez. Las especies se recolectaron en bolsas de papel del número 6, para proteger al ejemplar, separarlo de otras especies y para la absorción del exceso de agua de los mismos (Sánchez-González y González, 2007). En el interior de la bolsa se colocó una etiqueta (figura 14) con datos complementarios del sitio de muestreo, como la localidad o la población, el nombre del colector, coordenadas geográficas, altitud, topografía, tipo de vegetación, sustrato, exposición, entre otros. En el exterior de la bolsa se colocaron datos adicionales, como número de recolecta y localización del sitio de muestreo. En la libreta de campo se anotaron datos complementarios, sobre características específicas del sitio de muestreo.

MUNICIPIO:	<u>Zimapan</u>	POBLACIÓN:	<u>La Encarnación</u>
LOCALIDAD:	<u>La Encarnación</u>	FECHA:	<u>02-12-05</u>
COL.:	<u>VMGA No. 271</u>		
LOGITUD:	<u>99°12' 35.2"</u>	LATITUD:	<u>20° 53' 34.7"</u>
ALTITUD:	<u>2,257 m</u>	EXPOSICIÓN:	N <input type="checkbox"/> S <input checked="" type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> W <input type="checkbox"/>
LUZ:	Soleado, expuesto, <u>sombreado</u>		
AGUA:	Seco, <u>húmedo</u> , mojado, sumergido		
TOPOG:	Montaña, <u>cerro</u> , ladera, valle, río, arroyo, ciénega, estanque. P: _____		
VEG. DOMINANTE:	Bosque: <u>Encino</u>		
	Matorral: _____		
	Pastizal: _____		
SUSTRATO:	<u>Roca</u>		
	Nombre _____		
Planta:	Tronco: tallo, rama, raíz, hoja		
	Forma de vida: árbol, arbusto, hierba, liana		
	Nombre _____		

Figura 14. Etiqueta con datos estándar de las características generales del hábitat de cada ejemplar de musgo recolectado

Los ejemplares se separaron cuidadosamente para evitar tener diferentes especies en una misma bolsa, también se incluyeron muestras del sustrato. Idealmente, se trató de recolectar ejemplares con esporofito, para facilitar la identificación de los mismos (Delgadillo y Cárdenas, 1990).

Otros materiales utilizados en el trabajo de campo fueron: lupas, navajas y agujas de disección, etiquetas de recolecta, geoposicionador, cámara fotográfica, cinta métrica y cajas para almacenar los especímenes.

Las bolsas con los ejemplares se colocaron en cajas de cartón, etiquetadas con la fecha y el número de salida y se transportaron al herbario del Centro de Investigaciones Biológicas (CIB) de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH).

### **Trabajo en laboratorio**

En el herbario, los ejemplares se conservaron a temperatura ambiente, para que el proceso de secado fuera paulatino. Las bolsas y etiquetas maltratadas y con exceso de agua se cambiaron periódicamente.

Para la identificación de las especies de musgos se utilizó la clave del libro (figura 15) "The Moss Flora of México" (Sharp *et al.*, 1994). Para actualizar la nomenclatura de las especies, géneros y familias de musgos, se utilizó la información recopilada por el especialista en musgos en México: Dr. Claudio Delgadillo, investigador del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (Comunicación personal).

En la identificación de los ejemplares se utilizó el siguiente material: microscopio óptico, microscopio estereoscópico, agujas de disección, pinzas de disección de punta fina (de relojero), navajas de afeitar, cubreobjetos y portaobjetos.

El procedimiento para la determinación de cada especie fue el siguiente: de un ejemplar se obtuvo un tallo con ramas, este se sumergió en agua por cinco minutos, para hidratar las hojas. Después, se desprendieron unas cuantas hojas de tallos y ramas, con delicadeza para no dañarlas. Las hojas se colocaron en un portaobjetos y un par de ellas se realizaron cortes transversales tratando de que fueran de una o dos células de grosor, para

observar detalles estructurales de la hoja y de la costa, que en algunos casos son esenciales para distinguir entre especies (Delgadillo y Cárdenas, 1990; Sharp *et al.*, 1994).

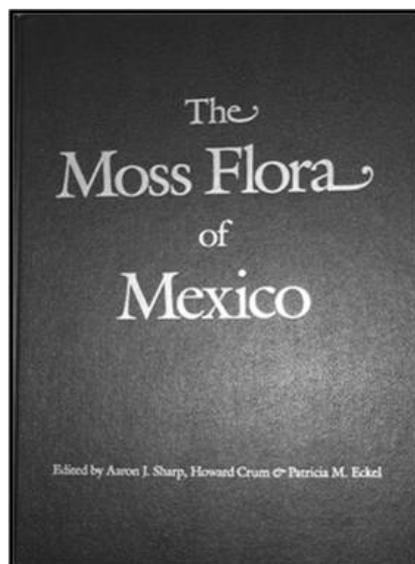


Figura 15. Obra que contiene la clave taxonómica para identificar a las especies de musgos de México

Otras características de importancia taxonómica son el arreglo que las hojas tienen en el tallo o rama, la presencia o ausencia de costa (corta, media, completa, bifurcada, con estolones u otra ornamentación); la forma, el tamaño y el borde de las hojas. En ejemplares con esporofito son muy importantes el color y tamaño de la seta, el arreglo y forma de la capsula, la presencia del peristoma (simple o doble) con o sin ornamentaciones, su longitud, principalmente (Buck y Goffinet, 2002).

Con los ejemplares identificados se constituyó una base de datos que incluye el orden, la familia, el género, la especie y la variedad o subespecie (cuando era el caso). Además se agregó información el nombre del colector, número de recolecta, nombre de quien identificó, fecha de recolecta y fecha de identificación, localidad, tipo de vegetación, coordenadas geográficas y altitud. Cada uno de los ejemplares identificados cuenta

actualmente con una etiqueta con datos estándar (Delgadillo y Cárdenas, 1990) y forman parte de la ahora existente colección de musgos del herbario del CIB.

### **Estimación del índice de constancia (IC) de las especies.**

Para valorar la amplitud de distribución de cada una de las especies en los diferentes municipios de colecta se estimó el IC (Madrigal, 1967), mediante la fórmula:

$$IC = \frac{\text{Número de sitios en que se presenta la especie} \times 100}{\text{Número total de sitios de recolección}} \quad (100)$$

### **Distribución geografía actual de las especies de musgos**

La información sobre la distribución geográfica actual de cada taxa de musgos del PNM procede de la base de datos LATMOSS (Delgadillo *et al.*, 1995). Para la clasificación de los taxa, de acuerdo con su área de distribución, se utilizaron las categorías propuestas en el Index Muscorum (Wijk *et al.*, 1959-1969), modificadas parcialmente por Herrera (2005) para analizar la distribución de los musgos del estado de Querétaro.

- ✓ Afr1: Norte de África, Isla Madeira, Azores e Islas Canarias
- ✓ Afr2: Centro de África e Isla Santa Helena
- ✓ Afr3: Madagascar, Isla Mauricio y Reunión
- ✓ Afr4: Sur de África, Isla Kerguelen e Islas Príncipe Eduardo
- ✓ Am1: Norte América, Alaska, Groenlandia, Islas Aleutianas, Terranova y Labrador y Bermudas
- ✓ Am2: México y Centroamérica
- ✓ Am3: Antillas, las Bahamas y Trinidad y Tobago
- ✓ Am4: Venezuela, Colombia, Perú, Bolivia, Ecuador e Islas Galápagos
- ✓ Am5: Brasil, Guyana, Guayana Francesa, Surinam y Paraguay

- ✓ Am6: Chile, Argentina, Uruguay, Islas Malvinas, Islas Orcadas del Sur, Islas Shetland del Sur e Islas Juan Fernández
- ✓ Ant: Antártida
- ✓ As 1: Norte de Asia (incluyendo Rusia), Siberia, Península de Kamchatka e Isla Sajalín
- ✓ As 2: China, Mongolia, Japón, Corea y Taiwán
- ✓ As 3: Pakistán, India, Nepal, Himalaya, Sri Lanka, Myanmar e Indochina
- ✓ As 4: Indonesia, Malasia, Filipinas, Nueva Guinea, Java y Sumatra
- ✓ As 5: Chipre, Irán, Arabia Saudita y Yemen
- ✓ Austr1: Australia y Tasmania
- ✓ Austr2: Nueva Zelanda, Isla Auckland, Islas Campbell, Islas Chatham e Islas Macquarie
- ✓ Eur: Europa, Cáucaso, Islandia y Archipiélago Svalbard
- ✓ Oc: Islas Salomón, República de Vanuatu, Islas Marshall, Islas Carolina, Islas Bonin, Fiji, Tahití y Hawai.

### **Estimación de la riqueza de taxa de musgos del PNM**

Para estimar el número de taxa de musgos presentes en el PNM, se utilizaron los datos de presencia/ausencia de los mismos en los sitios de recolecta. La estimación se basó en métodos no paramétricos, propuestos por Colwell y Coddington (1994), utilizando los índices Bootstrap, Chao-2 y Jackknife del programa de cálculo EstimateS 7.5.0 (Colwell, 2005).

## RESULTADOS

### Recolección y sustrato de crecimiento de los ejemplares de musgos

El PNM se visitó en 23 ocasiones, desde el mes de septiembre de 2005 hasta el mes de diciembre de 2006. El municipio de Zimapán se exploró en diez ocasiones, el de Nicolás Flores en seis, el de Pacula en cuatro y el de Jacala en tres. Se seleccionaron en total, en los cuatro municipios, 46 sitios de recolección de ejemplares. Los sitios elegidos representaron variantes de los principales tipos de vegetación, que se reconocieron con base en su fisonomía (figura 16, cuadro 1).

Cuadro 1. Sitios de recolección de ejemplares de musgos. Se indica el número de sitio, la fecha de recolecta, las coordenadas geográficas y la altitud

Sitio	Latitud	Longitud	Altitud (m)
	30-Sep-05		
1	20° 51' 08.0''	99° 14' 02.2''	2,248
2	20° 51' 14.3''	99° 13' 57.7''	2,211
3	20° 51' 06.0''	99° 13' 49.1''	2,311
	01-Oct-05		
4	20° 57' 24.3''	99° 12' 54.1''	1,747
5	21° 02' 45.4''	99° 05' 39.1''	1,569
	29-Oct-05		
6	20° 47' 55.0''	99° 10' 37.3''	1,859
7	20° 47' 53.1''	99° 11' 15.9''	1,942
8	20° 48' 02.6''	99° 11' 30.7''	2,029
	11-Nov-05		
9	20° 48' 13.5''	99° 11' 49.4''	2,114
10	20° 47' 45.7''	99° 12' 07.0''	2,162
	12-Nov-05		
11	20° 52' 31.8''	99° 12' 11.1''	2,665
12	20° 52' 30.6''	99° 12' 13.7''	2,638
	25-Nov-05		
13	20° 47' 48.0''	99° 12' 06.7''	2,182
14	20° 47' 55.0''	99° 13' 10.8''	2,367
	26-Nov-05		

Continuación del cuadro 1. Sitios de recolección de ejemplares de musgos. Se indica el número de sitio, la fecha de recolecta, las coordenadas geográficas y la altitud

Sitio	Latitud	Longitud	Altitud (m)
15	21° 01' 41.6''	99° 18' 23.9''	1,343
16	21° 00' 40.8''	99° 18' 42.0''	1,464
	01-Dic-05		
17	20° 53' 46.6''	99° 12' 08.4''	2,117
18	20° 53' 42.8''	99° 12' 33.7''	2,225
	02-Dic-05		
19	20° 53' 34.7''	99° 12' 35.2''	2,257
20	20° 53' 09.8''	99° 12' 27.4''	2,288
21	20° 52' 05.9''	99° 12' 46.8''	2,433
	10-Ene-06		
22	20° 52' 51.9''	99° 12' 27.9''	2,286
23	20° 52' 08.3''	99° 12' 29.8''	2,544
	28-Ene-06		
24	20° 57' 19.5''	99° 20' 12.8''	1,851
	18-Mar-06		
25	20° 56' 20.7''	99° 20' 27.8''	1,977
26	20° 54' 39.1''	99° 19' 40.8''	2,041
27	20° 54' 12.5''	99° 12' 22.8''	2,142
28	20° 51' 05.2''	99° 12' 12.6''	1,933
29	20° 47' 37.7''	99° 19' 12.3''	2,236
	23-May-06		
30	20° 50' 25.4''	99° 19' 04.7''	1,822
31	20° 49' 31.5''	99° 12' 45.4''	2,564
	29-May-06		
32	20° 48' 57.4''	99° 12' 31.5''	2,673
33	20° 48' 32.2''	99° 13' 27.1''	2,902
34	20° 48' 09.1''	99° 14' 59.8''	2,397
	30-May-06		
35	20° 52' 46.3''	99° 11' 57.9''	2,713
	31-May-06		
36	20° 57' 45.1''	99° 13' 06.1''	1,762
37	20° 56' 39.0''	99° 12' 38.9''	1,865
38	20° 53' 34.2''	99° 14' 22.5''	2,128

Continuación del cuadro 1. Sitios de recolección de ejemplares de musgos. Se indica el número de sitio, la fecha de recolecta, las coordenadas geográficas y la altitud

Sitio	Latitud	Longitud	Altitud (m)
	20-Jul-06		
39	20° 52' 59.5''	99° 15' 24.7''	1,535
40	20° 52' 20.0''	99° 15' 30.7''	1,627
41	20° 50' 47.0''	99° 15' 29.4''	2,015
	21-Jul-06		
42	20° 46' 58.5''	99° 09' 47.7''	1,184
	30-Sep-06		
43	20° 52' 31.6"	99° 12' 12.3"	2,651
44	20° 52' 15.6"	99° 12' 22.7"	2,563
	17-Dic-06		
45	20° 50' 58.6"	99° 13' 47.2"	2,286
46	20° 52' 07.6"	99° 12' 46.5"	2,418

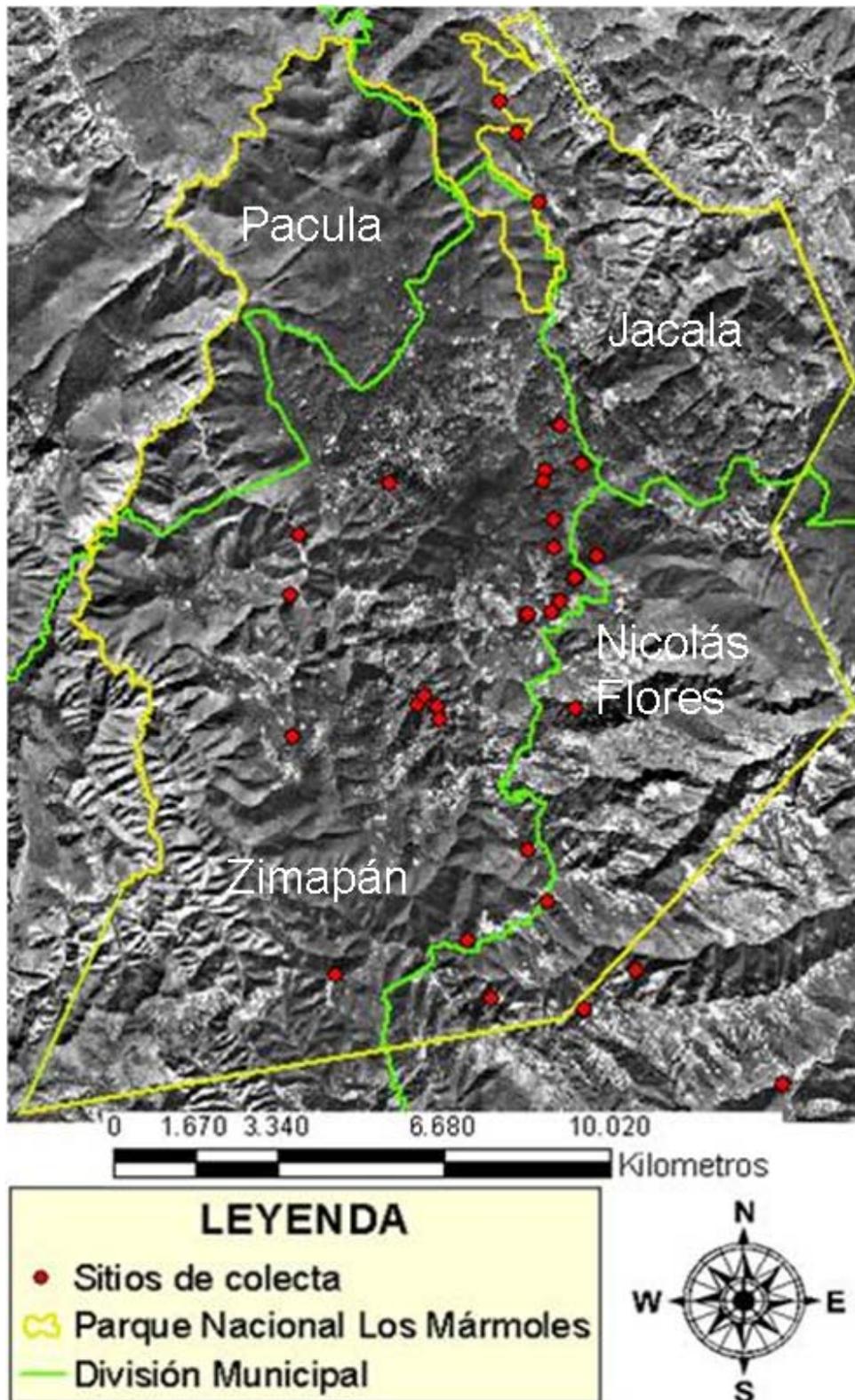


Figura 16. Distribución de los sitios de recolección de ejemplares de musgos en el PNM

Los sustratos en los que se recolectaron los musgos se dividieron en cuatro tipos: hojarasca, roca, suelo y madera. La mayoría de los ejemplares de musgos crecen directamente en el suelo o son epifitos (sobre madera) y muy pocos crecen sobre rocas o sobre la hojarasca del bosque (figura 17).

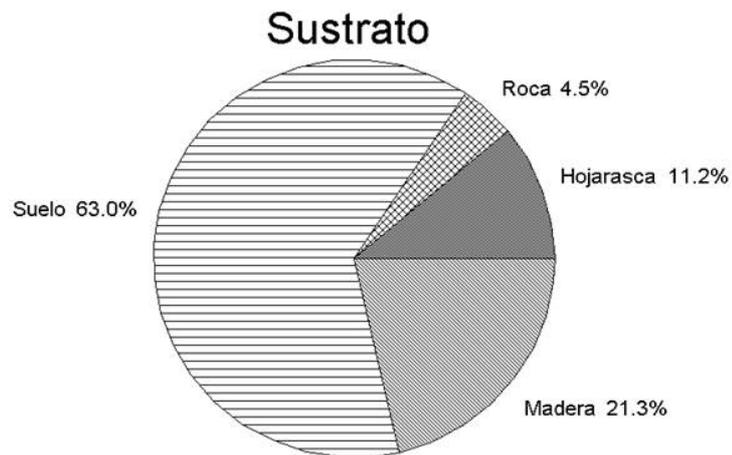


Figura 17. Porcentaje de ejemplares de musgos, por tipo de sustrato en el que se recolectaron

## Florística y riqueza de especies de musgos del PNM

Se recolectaron en total 573 ejemplares de musgos, que corresponden a 29 familias, 81 géneros, 135 especies, 15 variedades y dos subespecies (Anexo 1). De los taxa identificados, 49 especies y seis variedades representan nuevos registros para el estado de Hidalgo (cuadro 2).

Cuadro 2. Taxa de musgos que representan nuevos registros para el estado de Hidalgo y su distribución en México. Se presentan en orden alfabético

Especie	Distribución
<i>Aloina rigida</i> (Hedw.) Limpr.	NL, Zac
<i>Amblystegium radicale</i> (P. Beauv.) Schimp.	DF, Pue.
<i>Amblystegium tenax</i> (Hedw.) C.E.O. Jensen	BC, Méx, Mich, Oax, Pue, Tam.
<i>Atrichum angustatum</i> (Brid.) B.S.G.	Chis, DF, Dgo, Jal, Mich, Oax, Nay, Pue, Tam, Ver
<i>Atrichum polycarpum</i> (C. Müll.) Mitt.	Chis, Oax, Pue, Tam, Ver.
<i>Brachymenium mexicanum</i> Mont.	Chis, Chih, Dgo, Jal, Méx, Mich, Mor, Nay, Oax, SLP, Tam.
<i>Brachymenium systylium</i> (C. Müll.) Jaeg.	BC, Chis, Chih, DF, Dgo, Gro, Jal, Méx, Mich, Mor, Nay, NL, Oax, Pue, Qro, SLP, Tam, Ver.
<i>Brachythecium cirriphyllodes</i> McFarland	Méx, Mich, Ver.
<i>Brachythecium collinum</i> (Schleich. ex C.Müll.) B. S. G.	BC, Chih.
<i>Bryoerythrophyllum jamesonii</i> (Tayll.) Crum	Mich.
<i>Bryum canariense</i> Brid.	Nay, Pue.
<i>Bryum chryseum</i> Mitt.	Chih, Jal, Mich, Oax, Pue.
<i>Bryum densifolium</i> Brid.	Chis, Ver.
<i>Bryum procerum</i> Shimp. ex Besh.	DF, Dgo, Méx, Mich, Mor, Oax, Pue, Yuc
<i>Campylium halleri</i> (Hedw.) Lindb.	NL.
<i>Campylopus anderssonii</i> (C. Müll.) Jaeg.	Chis, Oax.
<i>Campylopus fragilis</i> (Brid.) B. S. G.	Chis, Mich, Nay, Oax, Ver.
<i>Claopodium pellucinerve</i> (Mitt.) Best	DF, Dgo.
<i>Didymodon michiganensis</i> (Steere) Saito	Chih.
<i>Didymodon australasiae</i> (Hook. & Grev.) Zand. var. <i>australasiae</i>	BC, Chih, DF, Dgo, Jal, Méx, Mich, Mor, Oax, SLP, Son, Ver, Zac.
<i>Didymodon rigidulus</i> Hedw. var. <i>subulatus</i> (Thér & Bartr. ex Bartr.) Zand.	DF, Mich, Pue, Qro, Son.
<i>Didymodon vinealis</i> (Brid.) Zand. var. <i>brachyphyllus</i> (Sull.) Zand.	BC, DF
<i>Entodon abbreviatus</i> (Schimp. ex Besch.) Jaeg.	DF, Méx, Mich, Mor, Oax, Pue.

Continuación del cuadro 2. Taxa de musgos que representan nuevos registros para el estado de Hidalgo y su distribución en México. Se presentan en orden alfabético

Especie	Distribución
<i>Entodon brevirostris</i> (Shimp. ex Besh.) Jaeg.	Chis, DF, Gro, Méx, Mich, Oax, Pue, Tam, Ver.
<i>Entodon hampeanus</i> C. Müll.	Chis, Oax, Pue, Tam, Ver.
<i>Entodon jamesonii</i> (Tayl.) Mitt.	Chis, Mich, Oax, Pue, Ver.
<i>Entodon schleicheri</i> (Schimp.) Demeter	NL.
<i>Entodontopsis leucostega</i> (Brid.) Buck & Irel.	Camp, Chis, Jal, Mich, Nay, Oax, QR, SLP, Sin, Ver, Yuc.
<i>Funaria hygrometrica</i> Hedw. var. <i>hygrometrica</i>	BC, Chis, Chih, Coah, Col, DF, Dgo, Gro, Jal, Mex, Mich, Nay, NL, Oax, Pue, Ver.
<i>Haplocladium angustifolium</i> (Hampe & C. Müll. ex C. Müll.) Broth.	Chih, NL, Oax, SLP, Ver.
<i>Herpetineuron toccocae</i> (Sull. & Lesq. ex Sull.) Card.	Chis, Chih, Col, DF, Dgo, Gro, Jal, Mex, Mich, Mor, NL, Oax, Pue, SLP, Sin, Son, Tam, Ver
<i>Homomallium sharpii</i> Ando & Hig.	SLP, Tam.
<i>Leptodontium brachyphyllum</i> Broth. & Thér.	DF, Méx, Mor.
<i>Leptodontium viticulosoides</i> (P.- Beauv.) Wijk. & Marg. var. <i>viticulosoides</i>	Jal, Sin.
<i>Leskea angustata</i> Tayl.	DF, Méx, Jal.
<i>Leucobryum martianum</i> (Hornsch.) Hampe ex C. Müll.	Oax.
<i>Leucodon julaceus</i> (Hedw.) Sull.	NL, Qro, Tam.
<i>Metzleria longiseta</i> (Hook.) Broth.	Mich, Oax.
<i>Oreoweisia delgadilloi</i> Robins. & Bowers	Chih, Dgo, Jal, Sin.
<i>Orthotrichum aequatoreum</i> Mitt.	Chis, DF, Méx, Mich, Oax, Pue, Ver.
<i>Orthotrichum rupestre</i> Schleich. ex Schwaegr.	BC, NL
<i>Pohlia oerstediana</i> (C. Müll.) Shaw	Méx, Pue, Oax, Ver.
<i>Pseudoleskea arizonae</i> Williams	Dgo.
<i>Ptychomitrium sinense</i> (Mitt.) A. Jaeg.	BC, Chih, NL, Son, Tam
<i>Raiiella lagoensis</i> (Hampe) Buck	Chis, Chih, DF, Gro, Jal, Mich, Mor, Nay, Oax, SLP, Sin, Ver.
<i>Rozea andrieuxii</i> (C. Müll.) Besch. var. <i>Andrieuxii</i> fo. <i>chrysea</i> (Besch.) Buck	DF, Jal, Mich, Oax, Ver.
<i>Sematophyllum subsimplex</i> (Hedw.) Mitt.	Chis, Nay, Oax, Ver.
<i>Stereophyllum radiculosum</i> (Hook.) Mitt.	Camp, Chis, Col, Gro, Jal, Mor, Nay, NL, Oax, QR, SLP, Tab, Tam, Ver, Yuc.
<i>Trichostomum sinaloense</i> (E. B. Bartram) R. H. Zander	BC, Méx, Sin, Tlax, Ver.

La riqueza de especies de musgos del PNM es relativamente alta, comparada con la de otras áreas naturales protegidas de México y otras regiones cercanas al estado de Hidalgo. Es conveniente resaltar que aunque la superficie que ocupa el PNM es de las más pequeñas, la riqueza de especies de musgos es comparable a la de otras regiones de tamaño considerablemente mayor (cuadro 3).

Cuadro 3. Áreas de México donde se han realizado estudios sobre musgos. Se incluye la superficie y el número de especies registradas

Área estudiada	Superficie (Ha)	Número de especies
Sierra Madre Oriental	20 250,000	412
Querétaro	1 168,400	235
Cimas del Eje Neovolcánico	41,050	221
Zonas alpinas	182,779	178
Sierra de Pachuca	20,000	169
<b>Parque Nacional Los Mármoles</b>	<b>23,150</b>	<b>152</b>
Montes Azules	331,200	136
Valle de Tehuacán	490,817	57

La estimación de la riqueza de taxa de musgos del PNM, con el uso de tres diferentes índices, a partir de su distribución en los sitios de recolección, indica que el número especies y taxa infraespecíficos puede ser mayor de los 152 registrados en el presente estudio. El valor del índice de Bootstrap sugiere que en el PNM puede haber hasta 180 taxa, el de Jackknife, 213 y el de Chao-2, de hasta 219 taxa de musgos (figura 18).

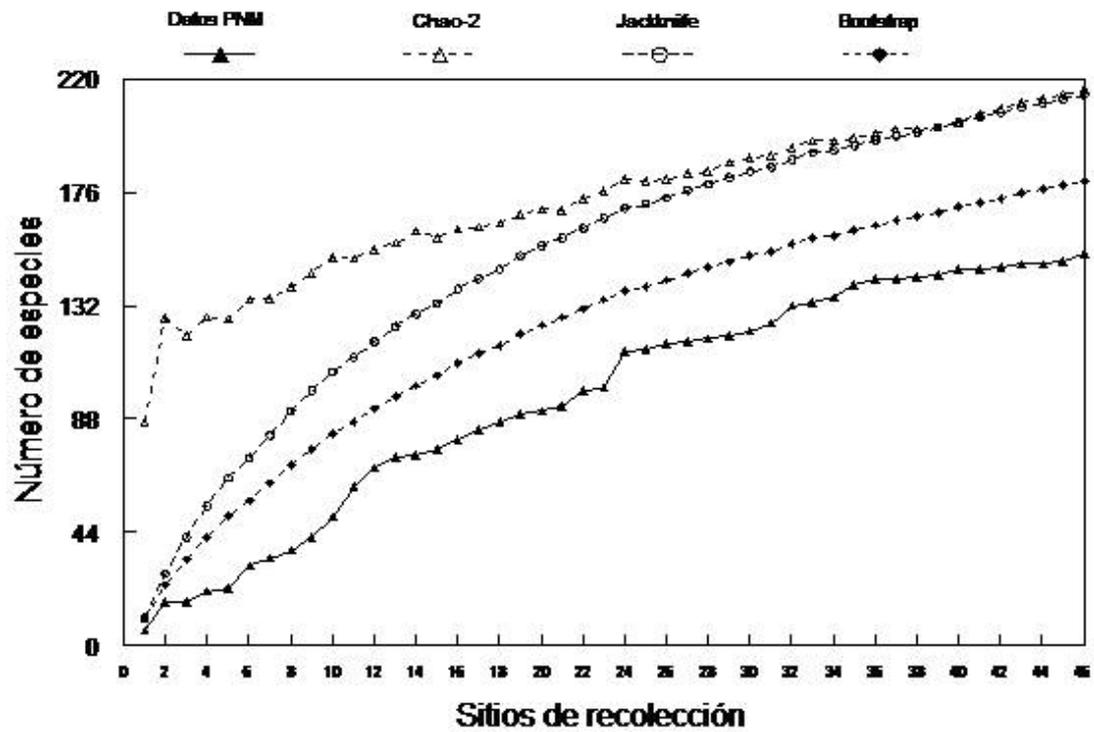


Figura 18. Estimación de la riqueza de musgos del PNM a partir de la distribución de los taxa en los sitios de recolección, utilizando tres índices diferentes (Bootstrap, Chao-2 y Jackknife).

Las familias con mayor número de géneros fueron Pottiaceae, Dicranaceae, Hypnaceae, Leskeaceae, Bryaceae, Brachytheciaceae, Meteoriaceae y Orthotrichaceae (cuadro 4).

Cuadro 4. Número de géneros por familia de musgos del PNM

Familias	Géneros	Familias	Géneros
Pottiaceae	14	Sematophyllaceae	2
Dicranaceae	6	Hedwigiaceae	2
Hypnaceae	5	Leucodontaceae	2
Leskeaceae	5	Ditrichaceae	1
Bryaceae	4	Leucobryaceae	1
Brachytheciaceae	4	Fissidentaceae	1
Meteoriaceae	4	Ptychomitriaceae	1
Orthotrichaceae	4	Fabroniaceae	1
Bartramiaceae	3	Racopilaceae	1
Stereophyllaceae	3	Anomodontaceae	1
Thuidiaceae	3	Cryphaeaceae	1
Polytrichaceae	3	Neckeraceae	1
Funariaceae	2	Prionodontaceae	1
Amblystegiaceae	2	Erpodiaceae	1
Entodontaceae	2		

Las familias que resaltaron en el estudio por su mayor riqueza de especies en el PNM fueron Pottiaceae (24), Bryaceae (17) y Orthotrichaceae (11), las familias restantes presentaron nueve o menos especies (figura 19).

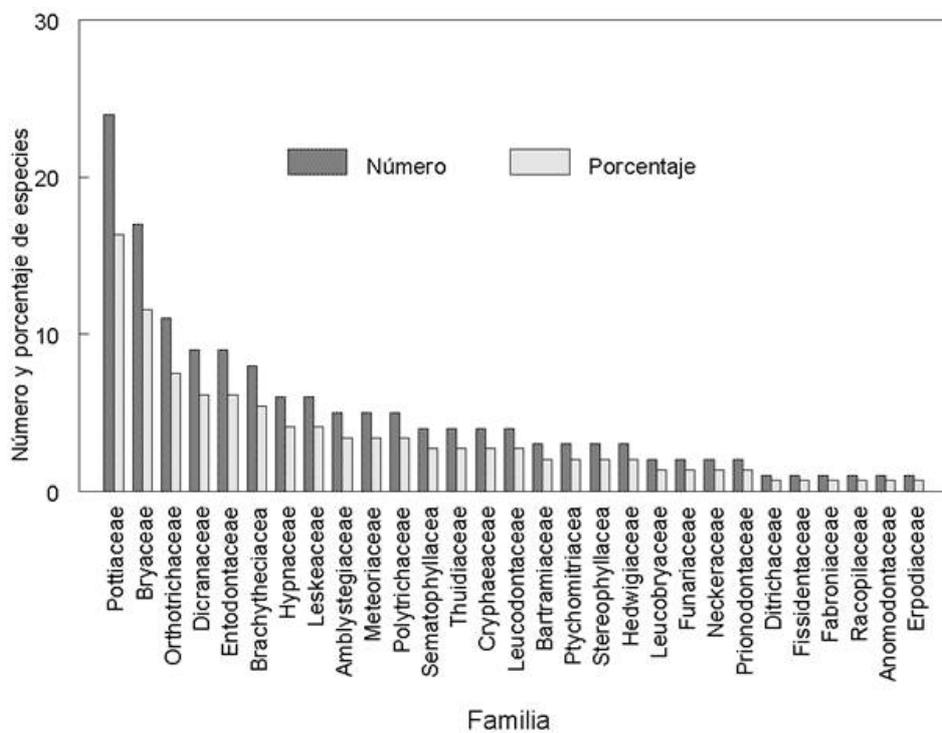


Figura 19. Número y porcentaje de especies por familia en el PNM, las cuales están ordenadas de acuerdo con la riqueza de especies

Los géneros con mayor número de especies fueron *Bryum* (10), *Entodon* (8), *Didymodon* (5) y *Brachythecium* (5), los 77 géneros restantes presentaron 4 o menos especies (cuadro 5).

Cuadro 5. Número de especies por género en el PNM, ordenados para resaltar los géneros con más especies

Género	Número de especies	Género	Número de especies
<i>Bryum</i>	10	<i>Anacolia</i>	1
<i>Entodon</i>	8	<i>Breutelia</i>	1
<i>Brachythecium</i>	5	<i>Flowersia</i>	1
<i>Didymodon</i>	5	<i>Anomobryum</i>	1
<i>Campylopus</i>	4	<i>Aongstroemia</i>	1
<i>Cryphaea</i>	4	<i>Metzleria</i>	1
<i>Orthotrichum</i>	4	<i>Microcampylopus</i>	1
<i>Brachymenium</i>	3	<i>Dicranum</i>	1
<i>Pohlia</i>	3	<i>Oreoweisia</i>	1
<i>Ptychomitrium</i>	3	<i>Ceratodon</i>	1
<i>Campylium</i>	3	<i>Fissidens</i>	1
<i>Sematophyllum</i>	3	<i>Funaria</i>	1
<i>Leucodon</i>	3	<i>Entosthodon</i>	1
<i>Zygodon</i>	3	<i>Palamocladium</i>	1
<i>Leptodontium</i>	3	<i>Rhynchostegium</i>	1
<i>Syntrichia</i>	3	<i>Rozea</i>	1
<i>Leucobryum</i>	2	<i>Erythrodontium</i>	1
<i>Amblystegium</i>	2	<i>Fabronia</i>	1
<i>Hypnum</i>	2	<i>Homomallium</i>	1
<i>Haplocladium</i>	2	<i>Mittenothamnium</i>	1
<i>Cyrto-hypnum</i>	2	<i>Platygyriella</i>	1

Continuación del cuadro 5. Número de especies por género en el PNM, ordenados para resaltar los géneros con más especies

Género	Número de especies	Género	Número de especies
<i>Neckera</i>	2	<i>Leskea</i>	1
<i>Prionodon</i>	2	<i>Lindbergia</i>	1
<i>Macrocoma</i>	2	<i>Herpetineuron</i>	1
<i>Macromitrium</i>	2	<i>Hedwigia</i>	1
<i>Atrichum</i>	2	<i>Forsstroemia</i>	1
<i>Pogonatum</i>	2	<i>Barbella</i>	1
<i>Bryoerythrophyllum</i>	2	<i>Papillaria</i>	1
<i>Trichostomum</i>	2	<i>Pilotrichella</i>	1
<i>Braunia</i>	2	<i>Erpodium</i>	1
<i>Meteorium</i>	2	<i>Polytrichum</i>	1
<i>Pylaisia</i>	1	<i>Aloina</i>	1
<i>Claopodium</i>	1	<i>Barbelopsis</i>	1
<i>Pseudoleskea</i>	1	<i>Molendoa</i>	1
<i>Racopilum</i>	1	<i>Pleurochaete</i>	1
<i>Pylaisiadelpha</i>	1	<i>Pseudocrossidium</i>	1
<i>Entodontopsis</i>	1	<i>Pseudosymblepharis</i>	1
<i>Heterophyllum</i>	1	<i>Rhexophyllum</i>	1
<i>Stereophyllum</i>	1	<i>Timmiella</i>	1
<i>Rauiella</i>	1	<i>Weissia</i>	1

### Índice de constancia y distribución geográfica actual de las especies por municipio

En el municipio de Zimapán se identificaron 104 especies de musgos de un total de 258 ejemplares (figura 20), de las cuales 31 especies representan nuevos registros para el estado de Hidalgo; para Pacula se identificaron 55 especies a partir de 129 ejemplares y 15 especies son nuevos registros; en Nicolás Flores 72 especies en 146 ejemplares examinados, 14 son nuevos registros; y en Jacala 29 especies de 40 ejemplares analizados, ocho son nuevos registros para el estado de Hidalgo.

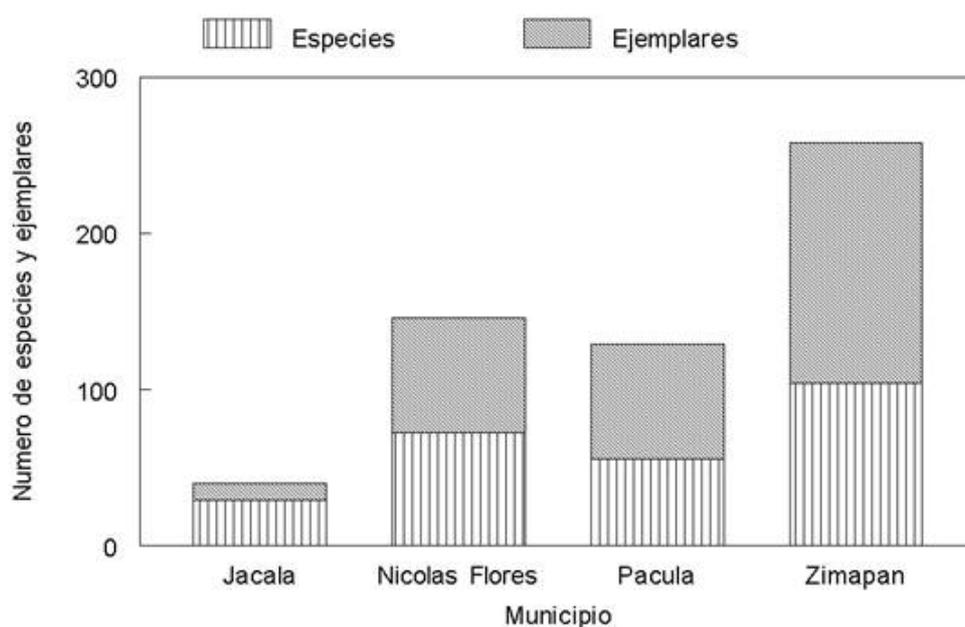


Figura 20. Distribución de de los ejemplares recolectados y de las especies identificadas, por municipio

La mayoría de las especies (53.94%) se recolectó en sólo uno de los cuatro municipios, el 26.97% en dos municipios, el 13.15% en tres municipios y sólo un porcentaje muy bajo (5.92%) de las especies tiene amplia distribución en el PNM, pues se recolectaron en los cuatro municipios (figura 21).

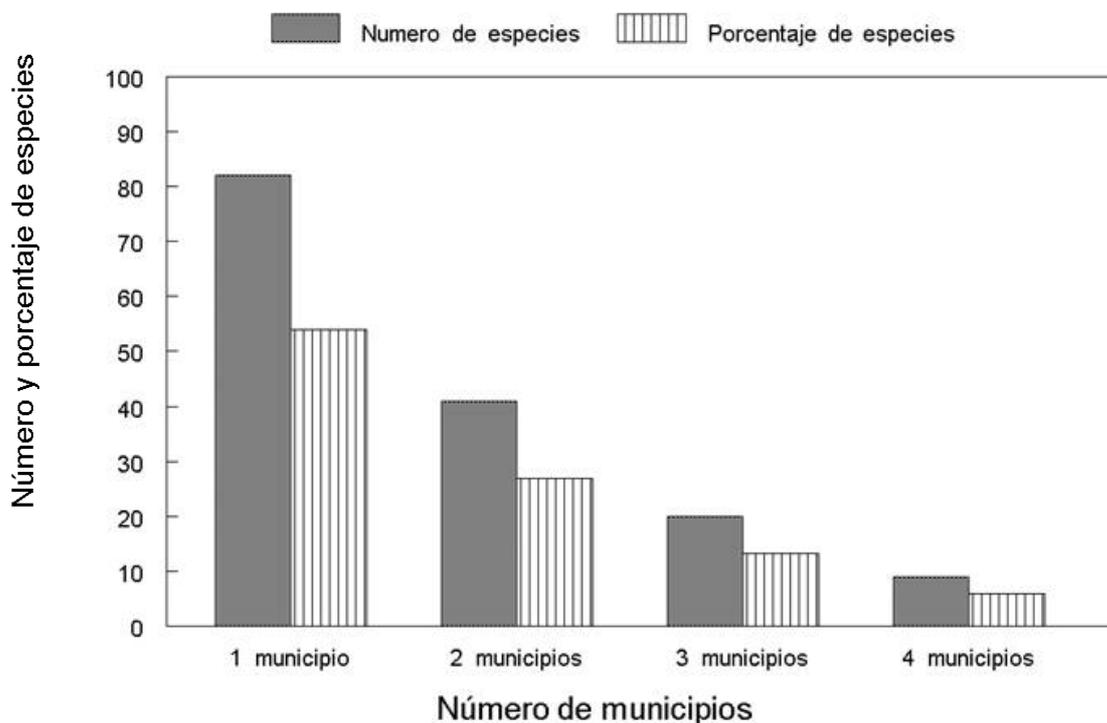


Figura 21. Número y porcentaje de especies presentes en uno o más municipios del PNM

La distribución actual mundial de los taxa de musgos del PNM se dividió en cuatro categorías generales: Endémicos, Bicéntricos, Americanos y de Amplia distribución (cuadro 6). Estas categorías se dividieron de acuerdo con la distribución de sus principales elementos. En la categoría Americanos son más abundantes los taxa Panamericanos 20.39% y los de América tropical 15.79%; en la categoría de Amplia distribución destacan los taxa cosmopolitas 21.05% y en la categoría Bicentricos los que se distribuyen en América-África 9.21% y en América-Asia 6.58%. También se identificaron cuatro especies endémicas a México (2.63%): *Entodon abbreviatus*, *Homomallium sharpii*, *Neckera angustifolia* y *Pohlia pseudobarbula*.

Cuadro 6: Distribución general de los musgos del Parque Nacional Los Mármoles

Distribución geográfica	Taxa	
	Total	(%)
1. Endémicos	4	2.63
2. Bicéntricos	29	19.08
a) América-África	14	9.21
b) América-Asia	10	6.58
c) América-Europa	4	2.63
d) América-Australia	1	0.66
3. Americanos	66	43.42
a) Norteamérica	4	2.63
b) Panamericanos	31	20.39
c) México-Centroamérica-Antillas	2	1.32
d) Norteamérica-Centroamérica-Antillas	2	1.32
e) México-Centroamérica	3	1.97
f) América tropical	24	15.79
4. Amplia Distribución	53	34.87
a) América-Asia-África	10	6.58
b) América-Asia-Europa	9	5.92
c) América-África-Europa	2	1.32
d) Cosmopolitas-Subcosmopolitas	32	21.05
<b>Total</b>	<b>152</b>	

### Colección de briofitas del herbario del CIB

El Herbario del Centro de Investigaciones Biológicas cuenta ahora con 573 ejemplares de musgos del PNM, los cuales representan a 152 especies identificadas. Todos los ejemplares tienen etiquetas estándar con información general, están ordenados alfabéticamente de acuerdo al orden, la familia y el género al que pertenecen y están disponibles para su consulta.

## DISCUSIÓN

### Recolección y sustrato de crecimiento de los ejemplares de musgos

Las especies de la división Bryophyta crecen en un amplia variedad de sustratos naturales (Buck y Goffinet, 2002), se considera que cualquier sustrato puede ser colonizado por una determinada especie, dependiendo del tiempo de vida del sustrato, de sus propiedades químicas y de su capacidad de retención de agua (Bates, 2002). Por ser organismos pioneros, es muy probable que los musgos aparezcan transitoriamente en distintos sustratos, dependiendo de la etapa de la sucesión o del proceso cíclico en que se encuentre la comunidad vegetal (Buck y Goffinet, 2002). Acorde con lo anterior, en el presente trabajo los ejemplares de las distintas especies de musgos se recolectaron a lo largo de todo el año, en distintos tipos de vegetación, en condiciones ambientales diferentes y la mayoría de las especies crecía sobre suelo o eran epifitos. De cualquier manera, se reconocen distintas especies como buenas indicadoras de una serie de condiciones relacionadas con el sustrato (Matteri, 1998; Bates, 2002; Saxena y Harinder, 2004; Lara *et al.*, 2006), algunas de las especies presentes en el PNM crecen sólo sobre un sustrato específico.

En un trabajo realizado en Colombia (Pinzón y Linares, 2006) mencionan que la mayor riqueza de musgos se concentró en rocas y cañadas y fue menor en el suelo y en matorral. El contraste en los resultados entre ambos estudios, con respecto al tipo de sustrato, puede tener múltiples explicaciones, una de las más importantes probablemente se relaciona con diferencias en el tipo de vegetación: una zona semi-seca, donde predominan los arbustos versus el PNM, una zona templada sub-húmeda donde predominan bosques de pino, encino y enebro.

En el municipio de Zimapán se recolectó el mayor número de ejemplares y de especies, lo que probablemente se deba a que es el que ocupa mayor extensión territorial dentro del PNM y a que presenta mejores vías de acceso a los sitios, en contraste con los municipios de Pacula y Nicolás Flores (CONANP, 2007). De cualquier manera, en todos los sitios en que se recolectaron los ejemplares de musgos, hay indicios de perturbación por las actividades humanas (SARH, 1994; Gálvez y Sánchez-González, 2006; CONANP, 2007). En el municipio de Jacala fue más evidente el disturbio en las comunidades

vegetales, lo cual puede ser una explicación del escaso número de especies de musgos encontrados, aunque más de 70% de los ejemplares recolectados correspondieron a especies diferentes.

### **Florística y riqueza de especies de musgos del PNM**

Por el número de especies identificadas para el PNM (152), la flora de musgos se puede considerar diversa. En otro estudio, de los musgos de la Sierra de Pachuca, se registraron 169 especies y variedades (Alfaro y Castillo, 1986). En el libro “The Moss Flora of Mexico” se describen 280 especies para el estado de Hidalgo (Sharp *et al.*, 1994), lo que significa que el PNM posee el 52% de las especies de la entidad.

En un trabajo realizado en el estado de Querétaro, que incluyó algunas localidades colindantes al estado de Hidalgo (Herrera, 2005; Herrera-Paniagua *et al.*, 2008) se reportan 212 especies y variedades. Es interesante resaltar que 61 especies de musgos presentes en el PNM no se registraron para el estado de Querétaro, lo cual implica que la variación en la composición florística es alta a pesar de la cercanía, o bien, que el esfuerzo de recolección debe incrementarse.

La cantidad de taxa identificados en el presente estudio es un reflejo del esfuerzo en la recolección de ejemplares y en el trabajo en el laboratorio; 49 especies y variedades son nuevos reportes a nivel estatal. Sin embargo, la riqueza de especies de musgos del PNM es aún más elevada, los tres estimadores no paramétricos utilizados en el presente estudio lo confirman (Colwell y Coddington, 1994); algunos sitios de difícil acceso no fueron explorados y la recolección de especies en cada localidad puede realizarse de manera más exhaustiva (Delgadillo y Cárdenas, 1990).

A pesar de lo mencionado en el párrafo anterior, en comparación con otras áreas naturales protegidas (ANP) de México, el número de taxa de musgos presentes en el PNM es relativamente alto, si se considera que la mayoría de las áreas susceptibles a contrastar son de mayor extensión territorial. En la Reserva de la Biosfera (RB) Montes Azules se han registrado 144 especies y variedades de musgos (Delgadillo y Cárdenas, 2002) y en la RB del Valle de Tehuacan, 57 especies y variedades (Delgadillo y Zander, 1984). En las zonas alpinas de los Parques Nacionales Nevado de Toluca, Iztaccíhuatl-Popocatepetl, La

Malinche y el Cerro Potosí se reportan 157 especies y variedades (Delgadillo, 1971, 1979b); y en el Nevado de Colima, Pico de Orizaba y Cofre de Perote se reportan 221 especies y variedades (De Luna, 1985). Destaca por su riqueza la Sierra Madre Oriental, que incluye varias ANP, en donde se registran 412 especies y variedades de musgos (Delgadillo, 2004).

De las 29 familias identificadas en el PNM, la de mayor riqueza de géneros y especies es Pottiaceae, lo que concuerda con otros estudios realizados en la Sierra de Pachuca (Alfaro y Castillo, 1986) y en el estado de Querétaro (Herrera, 2005). Este resultado era de esperarse pues es la familia con mayor riqueza de taxa a nivel mundial, con cerca de 76 géneros y 1,457 especies (Cárdenas, 1995a).

### **Índice de constancia y distribución geográfica actual de las especies por municipio**

Sólo nueve de las especies (5.92%) presentaron amplia distribución en el PNM, se localizaron en los cuatro municipios: *Ptychomitrium lepidomitrium*, *Pogonatum campylocarpum*, *Pleurochaete squarrosa*, *Pilotrichella flexilis*, *Neckera chlorocaulis*, *Meteorium illecebrum*, *Macrocoma tenuis* ssp. *sullivantii*, *Leucodon curvirostris* y *Campyllum halleri*, lo que puede significar que estas especies están adaptadas a un intervalo amplio de variación en las condiciones del medio (Terradas, 2001).

Con respecto a los taxa que representan registros nuevos, en algunos era de esperarse su presencia en el estado de Hidalgo, pues se habían reportado previamente en otras entidades colindantes o cercanas, como Distrito Federal, Estado de México, Puebla, Querétaro, San Luís Potosí, Tlaxcala y Veracruz (Sharp *et al.*, 1994). Otros taxa en cambio, tienen una distribución disyunta (restringida), que es cuando dos o más áreas ocupadas por un mismo taxón (o taxones relacionados) se hallan separadas entre sí por una distancia que excede la capacidad normal de dispersión o diseminación del mismo. Es decir, que existe una disyunción geográfica, representada por barreras geográficas que producen aislamiento reproductivo, en el caso de poblaciones de una misma especie (Espinosa *et al.*, 2002; Zunino y Zullini, 2003). Los 16 taxa que merecen atención especial, por presentar distribución disyunta son: *Bryum canariense*, *Bryum chryseum*, *Metzleria longiseta*, *Campylopus anderssonii*, *Oreoweisia delgadilloi*, *Leucobryum martianum*, *Ptychomitrium*

*sinense*, *Campyllum halleri*, *Brachytheceium collinum*, *Entodon schleicheri*, *Homomallium sharpii*, *Pseudoleskea arizonae*, *Orthotrichum rupestre*, *Aloina rigida*, *Bryoerythrophyllum jamesonii*, *Didymodon michiganensis* y *Leptodontium viticulosoides* var. *viticulosoides*. Sin descartar la posibilidad de que la distribución natural de estos taxa sea restringida, el patrón observado puede deberse simplemente a la carencia de estudios florísticos en otros estados de la República Mexicana (Delgadillo, 2000; Gálvez y Sánchez-González, 2006).

El patrón de distribución geográfica actual de los musgos del PNM indica que predominan los taxa americanos y, en segundo término, los de amplia distribución. Dentro de los taxa americanos sobresalen los de América tropical y los Panamericanos, que han sido agrupados en una región denominada mesoamericana (Delgadillo, 2003), que abarca desde México hasta América del Sur. Delgadillo (1979), hace notar que la flora muscinal de la República Mexicana es esencialmente neotropical y que el patrón es semejante a nivel regional en la Sierra Madre Oriental (Delgadillo, 1979a, 2004).

A pesar de que la mayoría de las especies de musgos son de amplia distribución en el planeta (Schofield y Crum, 1972; Glime, 2006), esta categoría para México sólo ocupan el 25.8% (Delgadillo, 2003), para el estado de Querétaro se reporta que el 36.5% de los musgos pertenecen a la categoría de amplia distribución (Herrera, 2005), valor muy semejante al del PNM, con 34.87%.

En la categoría de distribución Bicéntrica resaltan las relaciones entre América-Asia y América-África, las hipótesis que explican estas disyunciones se basan principalmente en factores históricos (Schofield y Crum, 1972). En el primer caso, las relaciones se explican con base en la teoría de la conexión que existió entre América y Asia a través del estrecho de Bering (Sharp, 1966). En el segundo caso, hay una hipótesis que indica que esta distribución se debe a una conexión muy antigua entre los continentes o a la dispersión a grandes distancias (Delgadillo, 1993). Algunas especies pueden representar linajes cuya identidad taxonómica se ha preservado durante millones de años, pero en las especies con tasas evolutivas rápidas, la hipótesis de la dispersión a grandes distancias es más viable (Delgadillo, 1993).

Con respecto a las especies de musgos endémicas a México, en el PNM sólo el 2.63% perteneció a esta categoría. Este valor es muy semejante al reportado para el estado de Querétaro (Herrera, 2005; Herrera-Paniagua *et al.*, 2008), en el que se menciona 3.2%

de endemismos. Ambos porcentajes son inferiores a los de la zona neotropical de México, que posee entre 8.5 y 10.5% de endemismos (Delgadillo, 1994, 2000). En comparación con el endemismo de la flora vascular de México, que es muy elevado a nivel de especie, de entre 52% y 57% (Rzedowski, 1991a, b; Villaseñor, 2003); se ha encontrado que el endemismo de la flora de musgos en las regiones neotropicales es más bajo de lo esperado, lo cual puede deberse a que los registros florísticos todavía son incompletos y/o, a que existen fuertes conexiones florísticas entre países adyacentes (Delgadillo, 1994, 2000).

Para conocer realmente las relaciones de la flora se deben completar los catálogos básicos de las especies de musgos por país o por región y aplicar técnicas modernas de análisis sistemático y biogeográfico (Delgadillo, 2000).

## CONCLUSIONES

### Inventario florístico

- a. En el PNM existen 29 familias, 81 géneros, 135 especies, 15 variedades y dos subespecies de musgos.
- b. Las familias que presentaron el mayor número de géneros fueron Pottiaceae, Dicranaceae, Hypnaceae y Leskeaceae, y las de mayor número de especies fueron Pottiaceae, Bryaceae, Orthotrichaceae y Entodontaceae.
- c. Los géneros con mayor riqueza de especies en el PNM fueron *Bryum*, *Entodon*, *Brachythecium* y *Didymodon*, todos con más de cinco especies.
- d. Sólo nueve especies fueron recolectadas en los cuatro municipios por lo que se consideraron de amplia distribución local.
- e. El inventario de especies de musgos del PNM demuestra que aún falta mucho por conocer de este grupo, por lo que es necesario estudiar otras regiones del estado para las que aun no se cuenta con información.

### Sustratos de crecimiento

- a. La mayoría de los ejemplares de musgos recolectados tienen hábitos terrestres o son epifitos.

### Distribución geográfica actual

- a. Existe un patrón de distribución geográfica de los musgos del PNM: la mayoría de los taxa se restringen al Continente Americano, en especial a la región tropical o Mesoamericana y en segundo lugar son de amplia distribución en el planeta.
- b. Solamente cuatro especies resultaron ser endémicas de México: *Entodon abbreviatus*, *Homomallium sharpii*, *Neckera angustifolia* y *Pohlia pseudobarbula*.
- c. Se registra por primera vez la presencia de 43 especies y seis variedades de musgos

para el estado de Hidalgo. De estos nuevos registros, 16 son de particular interés por que muestran patrones de distribución disyunta.

- d. Los nuevos registros obtenidos en este trabajo y los estimadores de riqueza utilizados a escala local, sugieren que el número de taxa de musgos del estado de Hidalgo, puede ser más elevado de lo que se pensaba, por que aun existen amplias zonas sin explorar.

### **Colección de musgos del herbario**

- a. El herbario del Centro de Investigaciones Biológicas posee una colección de 573 ejemplares de musgos.

**LITERATURA CITADA**

- Alfaro O. A. P. y Castillo, D. X. J.** 1986. Distribución por tipos de vegetación de los musgos de la Sierra de Pachuca, Hidalgo. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.
- Álvarez Z. E. y Sánchez-González, A.** 2007. El género *Quercus* en el Estado de Hidalgo. *Herreriana, Revista de Divulgación de la Ciencia* **3**: 22.
- Bates J. W.** 2002. Mineral nutrition, substratum ecology, and pollution. In A. J. Shaw y B. Goffinet [eds.], *Bryophyte biology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Bowers F. D., Delgadillo, M. C. y Sharp, A. J.** 1976. The mosses of Baja California. *Journal Hattori Botanical Laboratory* **40**: 397-410.
- Buck W. R. y Goffinet, B.** 2002. Morphology and classification of mosses. In A. J. Shaw y B. Goffinet [eds.], *Bryophyte Biology*, 71-123. Cambridge University Press, Cambridge.
- Cárdenas S. Á.** 1989. Nuevos registros para la flora de musgos de México y del Valle de México. *Anales del Instituto de Biología Serie Botánica, Universidad Nacional Autónoma de México* **58**: 93-96.
- Cárdenas S. Á.** 1995a. El Orden Funariales en el Valle de México, México. *Evansia* **12**: 9-12.
- Cárdenas S. Á.** 1995b. Las Pottiaceae (Musci) del Valle de México, México. *Acta Botánica Mexicana* **33**: 51-61.
- Cárdenas S. Á.** 1997. Musgos del Valle de México: Pico La Biznaga (Atizapán de Zaragoza). *Evansia* **14**: 53-55.
- Cárdenas S. Á.** 1999. Los musgos pleurocárpicos del Valle de México, México. *Tropical Bryology* **16**: 109-116.
- Cárdenas S. Á.** 2000. Las Bartramiaceae (Musci) del Valle de México, Mexico. *Acta Botánica Mexicana* **50**: 61-65.
- Colwell, R. K. y Coddington, J. A.** 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* **345**: 101-108

- Colwell, R. K.** 2005. EstimateS. Statistical estimation of species richness and shared species from samples Version 7.5.0. University of Connecticut, Connecticut. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimate>.
- CONANP.** 2007. Estudio previo justificativo para la modificación del decreto por el que se pretende recategorizar El Parque Nacional Los Mármoles como área de protección de flora y fauna, 89. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
- Crandall-Stotler B. y Stotler, R. E.** 2002. Morphology and classification of the Marchantiophyta. In A. J. Shaw y B. Goffinet [eds.], *Bryophyte Biology*, 21-70. Cambridge University Press, Cambridge.
- Crum H. A.** 1951. Lista de las especies de musgos del Noreste de México. *Sociedad Botánica de México* **12**: 3-27.
- De Lucia E. H., Turnbull, M. H., Walcroft, A. S., Griffin, K. L., Tissue, D. T., Glenny, D., Mcseveny, T. M. y Whitehead, D.** 2003. The contribution of bryophytes to the carbon exchange for a temperate rainforest. *Global Change Biology* **9**: 1158-1170.
- De Luna E.** 1984. Notas del Herbario Xal. I. Nuevos registros para la brioflora de Jalisco, Puebla y Veracruz. *Biótica* **9**: 211-2114.
- De Luna E.** 1985. Afinidades fitogeográficas de los musgos de los extremos del eje Neovolcánico, México. *Biótica* **10**: 235-255.
- Delgadillo M. C.** 1971. Phytogeographic studies on Alpine mosses of México. *The Bryologist* **74**: 331-346.
- Delgadillo M. C.** 1979a. Mosses and phytogeography of the *Liquidambar* Forest of México. *The Bryologist* **82**: 432-449.
- Delgadillo M. C.** 1979b. Notes on Alpine mosses of México. *The Bryologist* **82**: 629-631.
- Delgadillo M. C.** 1984. Mosses of the Yucatan Peninsula, Mexico. III Phytogeography. *The Bryologist* **87**: 12-16.
- Delgadillo M. C.** 1987. Musgos alpinos del Nevado de Colima, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **47**: 7-11.

- Delgadillo M. C.** 1993. The Neotropical-African moss disjunction. *The Bryologist* **96**: 604-615.
- Delgadillo M. C.** 1994. Endemism in the Neotropical Moss Flora. *Biotropica* **26**: 12-16.
- Delgadillo M. C.** 2000. Distribución geográfica y diversidad de los musgos Neotropicales. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **65**: 63-70.
- Delgadillo M. C.** 2003. Patrones biogeográficos de los musgos de México. In J. J. Morrone y J. Llorente [eds.], Una perspectiva latinoamericana de la Biogeografía, 195-198. Las Prensas de Ciencias, UNAM, México D. F.
- Delgadillo M. C.** 2004. Musgos. In I. Luna, J. J. Morrone y D. Espinosa [eds.], Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental, 127-135. Las Prensas de Ciencias, UNAM, México, D. F.
- Delgadillo M. C. y Cárdenas, S. Á.** 1982. Musgos de la Península de Yucatan, México II. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **43**: 35-37.
- Delgadillo M. C. y Cárdenas, S. Á.** 1987. Musgos de Zacatecas, México III. Síntesis y Biogeografía. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **47**: 13-24.
- Delgadillo M. C. y Cárdenas, S. Á.** 1990. Manual de Briofitas. Cuaderno 8. Instituto de Biología, UNAM, México, D. F.
- Delgadillo M. C. y Cárdenas, S. Á.** 1995. Observations on moss succession on Paricutin Volcano, México. *The Bryologist* **98**: 606-608.
- Delgadillo M. C. y Cárdenas, S. Á.** 2002. The Lacandon Forest (Chiapas, México) a benchmark area for Tropical mosses. *The Bryologist* **105**: 327-333.
- Delgadillo M. C. y Zamudio, S.** 1988. Algunos musgos de Tabasco, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **48**: 13-18.
- Delgadillo M. C. y Zander, R. H.** 1984. The mosses of the Tehuacan Valley, México, and notes on their distribution. *The Bryologist* **87**: 319-322.
- Delgadillo M. C., Bello, B. y Cárdenas, S. Á.** 1995. LATMOSS, A catalogue of neotropical mosses. *Monographic Systematic Botanical Missouri Botanical Garden* **56**: 1 191.

- Delgadillo M. C., Cárdenas, S. Á. y Sharp, A. J.** 1982. Mosses of the Yucatán Peninsula, México. I. *The Bryologist* **85**: 253-257.
- DOF.** 1936. Decreto que declara Parque Nacional la región que comprende la Barranca de San Vicente y el Cerro de Cangandó, en el Estado de Hidalgo. Estados Unidos Mexicanos. Diario Oficial de la Federación.
- Duff R. J. y Nickrent, D. L.** 1999. Phylogenetic relationships of land plants using mitochondrial small-subunit rDNA sequences. *American Journal of Botany* **86**: 372-386.
- Espinosa D., Morrone, J. J., Llorente, B. J. y Flores, O.** 2002. Introducción al análisis de patrones en biogeografía histórica. Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM, México D. F.
- Gálvez A. V. M. y Sánchez-González, A.** 2006. La importancia del estudio de las briofitas en México y en el Estado de Hidalgo. *Herreriana, Revista de Divulgación de la Ciencia* **2**: 7-8.
- Glime J. M.** 2006. Bryophyte Ecology. <http://www.bryoecol.mtu.edu/>, Michigan, USA.
- Hallingbäck T. y Hodgetts, N.** 2000. Mosses, liverworts, and hornworts. Status survey and conservation action plan for bryophytes. IUCN/SSC Bryophyte Specialist Group, IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Herrera P. P.** 2005. Análisis biogeográfico de los musgos del Estado de Querétaro. Posgrado en Ciencias Biológicas, Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.
- Herrera-Paniagua P., Delgadillo, M. C., Villaseñor, J. L. y Luna-Vega, I.** 2008. Floristics and biogeography of the mosses of the state of Querétaro, México. *The Bryologist* **Aceptado para su publicación.**
- Juárez G. G.** 1983. Los musgos de Coatepec, Veracruz, México. *Biotica* **8**: 49-58.
- Kenrick P. y Crane, P. R.** 1997. The origin and early evolution of plants on land. *Nature* **389**: 33-39.

- Lara F., Miguel, E. S. y Mazimpaka, V.** 2006. Mosses and other plants used in nativity sets: a sampling study in northern Spain. *Journal of Bryology* **28**: 374-381.
- Madrigal S.** 1967. Contribución al conocimiento de la ecología de los bosques de oyamel (*Abies religiosa* (H.B.K.) Schl. & Cham.) en el Valle de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, México.
- Matteri C. M.** 1998. La diversidad briológica (o sobre cómo y por qué proteger los musgos). *Ciencia Hoy* **8**: 1-8.
- Mauseth J. D.** 2003. Botany. An introduction to plant biology. Jones and Bartlett Publishers, U.S.A.
- Nishiyama T. y Kato, M.** 1999. Molecular phylogenetic analysis among bryophytes and tracheophytes based on combined data of plastid coded genes and the 18S rRNA gene. *Molecular Biology and Evolution* **16**: 1027-1036.
- Nishiyama T., Wolf, P. G., Kugita, M., Sinclair, R. B., Sugita, M., Sugiura, C., Wakasugi, T., Yamada, K., Yoshinaga, K., Yamaguchi, K., Ueda, K. y Hasebe, M.** 2004. Chloroplast phylogeny indicates that bryophytes are monophyletic. *Molecular Biology and Evolution* **21**: 1813-1819.
- Norris D.** 2003. A conservation about mosses, liverworts, and hornworts. *Fremontia* **31**: 5-11.
- Norris D. H.** 1969. A small collection of bryophytes from Nayarit State, México. *The Bryologist* **72**: 522-525.
- O'Neill K. P.** 2002. Role of bryophyte-dominated ecosystems in the global carbon budget. In A. J. Shaw y B. Goffinet [eds.], *Bryophyte Biology*, 344-368. Cambridge University Press, Cambridge.
- Pinzón M. y Linares, E. L.** 2006. Diversidad de líquenes y briofitos en la región subxerofítica de la Herrera, Mosquera (Cundinamarca-Colombia). I. Riqueza y estructura. *Caldasia* **28**: 243-257.

- Ramírez C. S.** En proceso. La Pteridoflora del Parque Nacional Los Mármoles, estado de Hidalgo, México. Licenciatura en Biología. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Hidalgo, México.
- Ramírez C. S. y Sánchez-González, A.** 2007. Las Pteridofitas del Estado de Hidalgo. *Herreriana, Revista de Divulgación de la Ciencia* **3**: 1-2.
- Raven P. H., Evert, R. F. y Eichhorn, S. E.** 2003. Biology of Plants. W. H. Freeman and Company. Worth Publisher, New York, U.S.A.
- Renzaglia K. S. y Vaughn, K. C.** 2002. Anatomy, development, and classification of hornworts. In A. J. Shaw y B. Goffinet [eds.], *Bryophyte Biology*, 1-20. Cambridge University Press, Cambridge.
- Rivera M. V. H.** 2007. Evaluación del impacto ambiental ocasionado por la actividad humana en el Parque Nacional Los Mármoles, Estado de Hidalgo. Maestría en recursos bióticos. Área Académica de Biología. Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Hidalgo, México.
- Rzedowski J.** 1991a. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana*. **14**: 3-21
- Rzedowski J.** 1991b. El endemismo en la flora fanerogámica mexicana: una apreciación analítica preliminar. *Acta Botánica Mexicana*. **15**: 47-64
- Sánchez-González A. y González, M.** 2007. Técnicas de recolecta de plantas y herborización. In A. Contreras-Ramos, C. Cuevas, I. Goyenechea y U. Iturbe [eds.], *La sistemática, base del conocimiento de la biodiversidad*, 123-133. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo.
- SARH.** 1994. Diagnóstico del Parque Nacional Los Mármoles. Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre. Consultores en Ecología y Medio Ambiente, Hidalgo, México.
- Saxena D. K. y Harinder.** 2004. Uses of bryophytes. *Resonance* **9**: 56-65.
- Schofield W. B. y Crum, H. A.** 1972. Disjunctions in bryophytes. *Annals of the Missouri Botanical Garden* **59**: 174-202.
- Sharp A. J.** 1966. Some aspects of Mexican phytogeography. *Ciencia* **24**: 229-232.

- Sharp A. J., Crum, H. y Eckel, P. M.** 1994. The Moss Flora of México. *Memoirs of The New York Botanical Garden* **69**: 1-1113.
- Shaw J. y Renzaglia, K.** 2004. Phylogeny and diversification of bryophytes. *American Journal of Botany* **91**: 1557-1587.
- Stern K. R., Jansky, S. y Bidlack, J. E.** 2003. Introductory Plant Biology. McGraw-Hill, New York, U.S.A.
- Strasburger E., Noll, F., Schenc, H., Schimper, A. F. W., Sitte, P., Weiler, E. W., Kadereit, J. W., Bresinsky, A. y Körner, C.** 2004. Tratado de Botánica. Ediciones Omega, Barcelona, España.
- Terradas J.** 2001. Ecología de la vegetación. De la ecofisiología de las plantas a la dinámica de comunidades y paisaje. Ediciones Omega, Barcelona, España.
- Villaseñor J. L.** 2003. Diversidad y distribución de las magnoliophyta de México. *Interciencia*. **28**: 160-167.
- Wijk R., Margadant, W. R. y Florschütz, P. A.** 1959-1969. Index Muscorum. Vol. I-V. International Bureau for Plant Taxonomy and Nomenclature. Utrecht.
- Willis K. J. y McElwain, J. C.** 2002. The evolution of plants. Oxford University Press Inc., New York. U.S.A.
- Zunino M. y Zullini, A.** 2003. Biogeografía. La dimensión espacial de la evolución. Fondo de cultura Económica, México D. F.

## Anexo 1. Listado de los musgos del Parque Nacional Los Mármoles

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Sustrato</b>	<b>Altitud</b>	<b>Municipio</b>
Bartramiaceae	<i>Anacolia laevisphaera</i> (Tayl.) Flow.	Suelo	2,286	Zimapán
	<i>Breutelia brittoniae</i> Ren. & Card.	Madera	2,713	Zimapán
	<i>Flowersia campylopus</i> (Shimp. ex C. Müll.) Griffin & Buck	Madera	2,665	Zimapán
Bryaceae	<i>Brachymenium exile</i> (Dozy & Molk.) Bosch & Lac.	Suelo	1,851	Pacula
	<i>Brachymenium mexicanum</i> Mont.	Suelo	1,851	Pacula
	<i>Brachymenium systylium</i> (C. Müll.) Jaeg.	Hojarasca	1,859	Nicolás Flores
	<i>Anomobryum filiforme</i> (Diks.) Solms ex Rabenh	Suelo	2,651	Zimapán
	<i>Bryum argenteum</i> Hedw.	Suelo	2,665	Zimapán
	<i>Bryum billarderi</i> Schwaegr.	Suelo	2,544	Zimapán
	<i>Bryum canariense</i> Brid.	Suelo	2,564	Nicolás Flores
	<i>Bryum chryseum</i> Mitt.	Suelo	2,286	Zimapán
	<i>Bryum densifolium</i> Brid.	Suelo	2,638	Zimapán
	<i>Bryum erythroloma</i> (Kindb.) Syed	Hojarasca	2,713	Zimapán
	<i>Bryum leptotorquescens</i> C. Müll. ex Broth	Suelo	2,257	Zimapán
	<i>Bryum pallescens</i> Schleich. ex Schwaegr.	Suelo	2,286	Zimapán
	<i>Bryum procerum</i> Shimp. ex Besh.	Hojarasca	2,673	Nicolás Flores
	<i>Bryum richardsii</i> Sharp	Tierra	2,902	Nicolás Flores
	<i>Pohlia elongata</i> Hedw.	Suelo	1,343	Pacula
<i>Pohlia oerstediana</i> (C. Müll.) Shaw	Suelo	2,651	Zimapán	
<i>Pohlia pseudobarbula</i> (Thér.) Crum ex Shaw	Suelo	2,418	Zimapán	
Dicranaceae	<i>Aongstroemia orientalis</i> Mitt.	Madera	1,851	Pacula

## Continuación del anexo 1. Listado de los musgos del Parque Nacional Los Mármoles

Familia	Especie	Sustrato	Altitud	Municipio
	<i>Metzleria longiseta</i> (Hook.) Broth.	Hojarasca	2,673	Nicolás Flores
	<i>Microcampylopus curvisetus</i> (Hampe) Giese & J.-P. Frahm	Suelo	2,162	Nicolás Flores
	<i>Campylopus albidovirens</i> Herz.	Suelo	2,029	Nicolás Flores
	<i>Campylopus anderssonii</i> (C. Müll.) Jaeg.	Suelo	2,638	Zimapán
	<i>Campylopus fragilis</i> (Brid.) B. S. G.	Suelo	2,544	Zimapán
	<i>Campylopus pilifer</i> Brid.	Suelo	2,638	Zimapán
	<i>Dicranum flagellare</i> Hedw.	Suelo	1,942	Nicolás Flores
	<i>Oreoweisia delgadilloi</i> Robins. & Bowers	Roca	2,665	Zimapán
Ditrichaceae	<i>Ceratodon purpureus</i> (Hedw.) Brid. ssp. <i>stenocarpus</i> (B. S. G.) Dixon.	Suelo	2,564	Nicolás Flores
Leucobryaceae	<i>Leucobryum antillarum</i> Shimp. ex Besch. var. <i>polakowskyi</i> (C. Müll. ex Besch.) Peters.	Madera	1,464	Pacula
	<i>Leucobryum martianum</i> (Hornsch.) Hampe ex C. Müll.	Hojarasca	1,464	Nicolás Flores
Fissidentaceae	<i>Fissidens asplenioides</i> Hedw.	Suelo	2,433	Zimapán
Funariaceae	<i>Funaria hygrometrica</i> Hedw. var. <i>calvescens</i> (Schwaegr.) Mont.	Roca	2,638	Zimapán
	<i>Funaria hygrometrica</i> Hedw. var. <i>hygrometrica</i>	Hojarasca	2,286	Zimapán
	<i>Entosthodon obtusifolius</i> Hook. f. in Hook.	Suelo	2,162	Nicolás Flores
Ptychomitriaceae	<i>Ptychomitrium sinense</i> (Mitt.) A. Jaeg.	Suelo	1,762	Jacala
	<i>Ptychomitrium lepidomitrium</i> (C. Müll.) B. S. G. ex Besch.	Suelo	1,864	Jacala
	<i>Ptychomitrium serratum</i> (C. Müll.) B. S. G. ex Besch.	Roca	2,211	Zimapán
Amblystegiaceae	<i>Amblystegium radicale</i> (P. Beauv.) Schimp.	Roca	2,211	Zimapán
	<i>Amblystegium tenax</i> (Hedw.) C.E.O. Jensen	Roca	2,673	Nicolás Flores
	<i>Campylium halleri</i> (Hedw.) Lindb.	Suelo	2,182	Nicolás Flores
	<i>Campylium hispidulum</i> (Brid.) Mitt.	Suelo	2,397	Nicolás Flores

## Continuación del anexo 1. Listado de los musgos del Parque Nacional Los Mármoles

Familia	Especie	Sustrato	Altitud	Municipio
	<i>Campylium chrysophyllum</i> (Brid.) J. Lange	Suelo	1,865	Jacala
Brachytheciaceae	<i>Brachythecium cirriphyloides</i> McFarland	Madera	2,117	Zimapán
	<i>Brachythecium collinum</i> (Schleich. ex C.Müll.) B. S. G.	Suelo	2,286	Zimapán
	<i>Brachythecium conostomun</i> (Tayl.) Jaeg.	Suelo	2,713	Zimapán
	<i>Brachythecium occidentale</i> (Hampe) Jaeg.	Roca	2,433	Zimapán
	<i>Brachythecium ruderales</i> (Brid.) W. R. Buck	Hojarasca	2,665	Zimapán
	<i>Palamocladium leskeoides</i> (Hook.) Britt.	Madera	2,257	Zimapán
	<i>Rhynchostegium serrulatum</i> (Hedw.) Jaeg.	Suelo	2,286	Zimapán
	<i>Rozea andrieuxii</i> (C. Müll.) Besch. var. <i>andrieuxii</i> fo. <i>chrysea</i> (Besch.) Back	Suelo	2,418	Zimapán
Entodontaceae	<i>Entodon abbreviatus</i> (Schimp. ex Besch.) Jaeg.	Suelo	2,665	Zimapán
	<i>Entodon beyrichii</i> (Schwaegr.) C. Müll.	Suelo	2,117	Zimapán
	<i>Entodon brevirostris</i> (Shimp. ex Besh.) Jaeg.	Hojarasca	2,286	Zimapán
	<i>Entodon jamesonii</i> (Tayl.) Mitt.	Suelo	2,286	Zimapán
	<i>Entodon hampeanus</i> C. Müll.	Suelo	2,286	Zimapán
	<i>Entodon macropodus</i> (Hedw.) Müll.	Suelo	2,286	Zimapán
	<i>Entodon schleicheri</i> (Schimp.) Remeter	Suelo	1,822	Pacula
	<i>Entodon serrulatus</i> Mitt.	Suelo	1,851	Pacula
	<i>Erythrodontium longisetum</i> (Hook.) Par.	Madera	1,343	Pacula
Fabroniaceae	<i>Fabronia ciliaris</i> (Brid.) Brid. var. <i>wrightii</i> (Sull. ex Sull. & Lesq.) Back	Suelo	1,535	Zimapán
	<i>Homomallium sharpii</i> Ando & Hig.	Suelo	2,117	Zimapán
	<i>Hypnum amabile</i> (Mitt.) Hampe.	Hojarasca	2,162	Nicolás Flores
	<i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw. var. <i>Cupressiforme</i>	Hojarasca	2,713	Zimapán

## Continuación del anexo 1. Listado de los musgos del Parque Nacional Los Mármoles

Familia	Especie	Sustrato	Altitud	Municipio
	<i>Mittenothamnium reptans</i> (Hedw.) Card.	Suelo	2,713	Zimapán
	<i>Platygyriella densa</i> (Hook.) Back	Madera	2,114	Nicolás Flores
	<i>Pylaisia falcata</i> Schimp.	Madera	2,397	Nicolás Flores
Leskeaceae	<i>Claopodium pellucinerve</i> (Mitt.) Best	Suelo	1,851	Pacula
	<i>Haplocladium angustifolium</i> (Hampe & C. Müll. ex C. Müll.) Broth.	Suelo	2,651	Zimapán
	<i>Haplocladium microphyllum</i> (Hedw.) Broth	Suelo	2,041	Pacula
	<i>Leskea angustata</i> Tayl.	Suelo	2,211	Zimapán
	<i>Lindbergia mexicana</i> (Besch.) Card	Suelo	1,851	Pacula
	<i>Pseudoleskea arizonae</i> Williams	Hojarasca	2,665	Zimapán
Racopilaceae	<i>Racopilum tomentosum</i> (Hedw.) Brid.	Suelo	2,418	Zimapán
Sematophyllaceae	<i>Pylaisiadelpha tenuirostris</i> (Bruch & Schimp. ex Sull.) Buck	Madera	2,225	Zimapán
	<i>Sematophyllum adnatum</i> (Mx.) Britt.	Suelo	2,418	Zimapán
	<i>Sematophyllum subpinnatum</i> (Brid.) Britt.	Madera	2,257	Zimapán
	<i>Sematophyllum subsimplex</i> (Hedw.) Mitt.	Madera	2,015	Zimapán
Stereophyllaceae	<i>Entodontopsis leucostega</i> (Brid.) Buck & Irel.	Madera	1,464	Pacula
	<i>Heterophyllum affine</i> (Hook. ex Kunth) Fleisch.	Madera	1,627	Zimapán
	<i>Stereophyllum radiculosum</i> (Hook.) Mitt.	Madera	1,627	Zimapán
Thuidiaceae	<i>Cyrto-hypnum mexicanum</i> (Mitt.) Buck & Crum	Suelo	2,029	Nicolás Flores
	<i>Cyrto-hypnum minutulum</i> (Hedw. ) Buck & Crum	Suelo	2,248	Zimapán
	<i>Raiiella lagoensis</i> (Hampe) Buck#	Suelo	2,128	Jacala
	<i>Thuidium delicatulum</i> (Hedw.) B. S. G. var. <i>delicatulum</i>	Hojarasca	2,128	Jacala
	<i>Thuidium delicatulum</i> (Hedw.) B. S. G. var. <i>peruvianum</i> (Mitt.) Crum	Suelo	1,942	Nicolás Flores
Anomodontaceae	<i>Herpetineuron tocoae</i> (Sull. & Lesq. ex Sull.) Card.	Madera	1,851	Pacula

## Continuación del anexo 1. Listado de los musgos del Parque Nacional Los Mármoles

Familia	Especie	Sustrato	Altitud	Municipio
Cryphaeaceae	<i>Cryphaea apiculata</i> B. S. G.	Hojarasca	1,851	Pacula
	<i>Cryphaea filiformis</i> (Hedw.) Brid.	Madera	1,933	Pacula
	<i>Cryphaea jamesonii</i> Tayl.	Madera	2,673	Nicolás Flores
	<i>Cryphaea patens</i> Hornsch. ex C. Müll	Hojarasca	1,851	Pacula
Hedwigiaceae	<i>Braunia secunda</i> (Hook.) B. S. G.	Hojarasca	2,638	Zimapán
	<i>Braunia squarrulosa</i> (Hampe)C. Müll	Madera	2,713	Zimapán
	<i>Hedwigia ciliata</i> (Hedw.) P.- Beauv.	Suelo	2,651	Zimapán
Leucodontaceae	<i>Forsstroemia producta</i> (Hornsch.) Par.	Madera	2,162	Nicolás Flores
	<i>Leucodon cryptotheca</i> Hampe	Suelo	2,564	Nicolás Flores
	<i>Leucodon curvirostris</i> Hampe	Hojarasca	2,673	Nicolás Flores
	<i>Leucodon julaceus</i> (Hedw.) Sull.	Madera	1,865	Jacala
Meteoriaceae	<i>Barbella cubensis</i> (Mitt.) Broth.	Madera	2,041	Pacula
	<i>Meteorium illecebrum</i> Mitt.	Madera	2,041	Pacula
	<i>Meteorium teres</i> Mitt.	Roca	2,117	Zimapán
	<i>Papillaria nigrescens</i> (Hedw.) Jaeg.	Suelo	1,762	Jacala
	<i>Pilotrichella flexilis</i> (Hedw.) Ångstr.	Madera	2,128	Jacala
Neckeraceae	<i>Neckera angustifolia</i> C. Müll.	Madera	2,162	Nicolás Flores
	<i>Neckera chlorocaulis</i> C. Müll.	Madera	1,865	Jacala
Prionodontaceae	<i>Prionodon densus</i> (Hedw.) C. Müll.	Suelo	2,142	Pacula
	<i>Prionodon luteovirens</i> (Tayl.) Mitt.	Madera	2,673	Nicolás Flores
Erpodiaceae	<i>Erpodium beccarii</i> C. Müll ex. Vent.	Madera	1,184	Nicolás Flores
Orthotrichaceae	<i>Macrocoma orthotrichoides</i> (Raddi) Wijk & Marg.	Madera	1,851	Pacula
	<i>Macrocoma tenuis</i> (Hook. & Grev.) Bit ssp. <i>sullivantii</i> (C. Mull) Bit	Madera	2,182	Nicolás Flores

## Continuación del anexo 1. Listado de los musgos del Parque Nacional Los Mármoles

Familia	Especie	Sustrato	Altitud	Municipio
	<i>Macromitrium guatemaliense</i> C. Müll.	Suelo	1,977	Pacula
	<i>Macromitrium punctatum</i> (Hook. & Grev.) Brid.	Madera	1,851	Pacula
	<i>Orthotrichum aequatoreum</i> Mitt.	Suelo	2,563	Zimapán
	<i>Orthotrichum anomalum</i> Hedw.	Suelo	2,211	Zimapán
	<i>Orthotrichum pycnophyllum</i> Schimp. ex C. Müll.	Suelo	2,418	Zimapán
	<i>Orthotrichum rupestre</i> Schleich. ex Schwaegr.	Roca	2,665	Zimapán
	<i>Zygodon campylophyllus</i> C. Müll.	Suelo	1,851	Pacula
	<i>Zygodon obtusifolius</i> Hook.	Suelo	2,418	Zimapán
	<i>Zygodon reinwardtii</i> (Hornsch.) Braun ex B. S. G.	Suelo	1,851	Pacula
Polytrichaceae	<i>Atrichum angustatum</i> (Brid.) B.S.G.	Suelo	2,418	Zimapán
	<i>Atrichum polycarpum</i> (C. Müll.) Mitt.	Suelo	2,418	Zimapán
	<i>Polytrichum juniperinum</i> Hedw.	Suelo	2,638	Zimapán
	<i>Pogonatum campylocarpum</i> (C. Müll. Hal.) Mitt.	Suelo	2,418	Zimapán
	<i>Pogonatum tortile</i> (Sw. ex Brid.) Brid.	Suelo	2,433	Zimapán
Pottiaceae	<i>Aloina rigida</i> (Hedw.) Limpr.	Roca	2,286	Zimapán
	<i>Barbellopsis trichophora</i> (Mont.) W. R. Buck	Suelo	2,665	Zimapán
	<i>Bryoerythrophyllum campylocarpum</i> (C. Müll.) Crum	Suelo	1,859	Nicolás Flores
	<i>Bryoerythrophyllum jamesonii</i> (Tayll.) Crum	Suelo	2,182	Nicolás Flores
	<i>Didymodon australasiae</i> (Hook. & Grev.) Zand. var. <i>australasiae</i>	Suelo	1,627	Zimapán
	<i>Didymodon michiganensis</i> (Steere) Saito	Suelo	1,851	Pacula
	<i>Didymodon rigidulus</i> Hedw. var. <i>gracilis</i> (Schleich. ex Hook. & Grev.) Zand.	Madera	2,257	Zimapán
	<i>Didymodon rigidulus</i> Hedw. var. <i>subulatus</i> (Thér. & Bartr. ex Bartr.) Zand.	Suelo	2,673	Nicolás Flores
	<i>Didymodon vinealis</i> (Brid.) Zand. var. <i>brachyphyllus</i> (Sull.) Zand.	Suelo	2,236	Pacula

## Continuación del anexo 1. Listado de los musgos del Parque Nacional Los Mármoles

Familia	Especie	Sustrato	Altitud	Municipio
	<i>Didymodon vinealis</i> (Brid.) Zand. var. <i>vinealis</i>	Suelo	2,651	Zimapán
	<i>Didymodon hampei</i> R. H. Zander	Suelo	2,182	Nicolás Flores
	<i>Leptodontium brachyphyllum</i> Broth. & Thér.	Suelo	2,713	Zimapán
	<i>Leptodontium flexifolium</i> (Dicks. ex With.) Hampe ex Lindb.	Suelo	2,225	Zimapán
	<i>Leptodontium viticulosoides</i> (P.- Beauv.) Wijk. & Marg. var. <i>viticulosoides</i>	Hojarasca	2,673	Nicolás Flores
	<i>Leptodontium viticulosoides</i> (P.- Beauv.) Wijk. & Marg. var. <i>sulphureum</i> (C. Müll.) Zand.	Suelo	2,665	Zimapán
	<i>Molendoa sendtneriana</i> (B. S. G.) Limpr.	Suelo	2,902	Nicolás Flores
	<i>Pleurochaete squarrosa</i> (Brid.) Lindb.	Suelo	1,762	Jacala
	<i>Pseudocrossidium replicatum</i> (Tayl.) Zand.	Suelo	2,367	Nicolás Flores
	<i>Pseudosymblepharis schimperiana</i> (Par.) Crum	Suelo	2,367	Nicolás Flores
	<i>Rhexophyllum subnigrum</i> (Mitt.) Thér. ex Hilp.	Hojarasca	2,248	Zimapán
	<i>Syntrichia fragilis</i> (Taylor) Ochyra	Suelo	2,286	Zimapán
	<i>Syntrichia obtusissima</i> (C. Müll. Hal.) R. H. Zander	Suelo	1,851	Pacula
	<i>Syntrichia princeps</i> (De Not.) Mitt.	Suelo	1,822	Pacula
	<i>Timmiella anomala</i> (B. S. G.) Limpr.	Suelo	2,673	Nicolás Flores
	<i>Trichostomum brachydontium</i> Bruch ex F. Muell.	Suelo	2,288	Zimapán
	<i>Trichostomum sinaloense</i> (E. B. Bartram) R. H. Zander	Suelo	1,747	Jacala
	<i>Weissia jamaicensis</i> (Mitt.) Grout	Suelo	2,418	Zimapán

Anexo 2. Imágenes de algunas especies de musgos del Parque Nacional Los Mármoles



*Funaria hygrometrica* Hedw. var.  
*calvescens* (Schwaegr.) Mont.



*Thuidium delicatulum* (Hedw.) B.  
S. G. var. *peruvianum* (Mitt.)  
Crum



*Syntrichia princeps* (De Not.) Mitt.



*Cryphaea jamesonii* Tayl.



*Pleurochaete squarrosa* (Brid.) Lindb.



*Pogonatum tortile* (Sw. ex Brid.) Brid.

Continuación del anexo 2. Imágenes de algunas especies de musgos del Parque Nacional Los Mármoles



***Leucodon julaceus* (Hedw.) Sull.**



***Leucodon curvirostris*  
Hampe**



***Herpetineuron toccoe* (Sull. &  
Lesq. ex Sull.) Card.**



***Polytrichum juniperinum*  
Hedw.**



***Hypnum amabile* (Mitt.) Hampe.**



***Braunia squarrosa* (Hampe) C. Müll**