

Bolivia Ecológica

EDICIÓN TRIMESTRAL REVISTA Nº 59

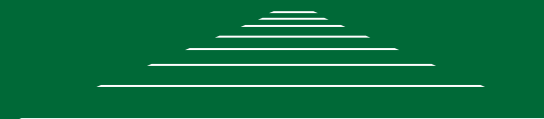
AÑO 2010



LAS BRIOFITAS

- Introducción
- ¿Qué son las briofitas?
- Ciclo de vida y reproducción
- Evolución y clasificación
- Diversidad de briofitas en Bolivia
- Ecología
- Valor económico
- Conservación
- Glosario
- Bibliografía

CENTRO DE ECOLOGÍA DIFUSIÓN



FUNDACIÓN SIMÓN I. PATIÑO

EDITOR

CENTRO DE ECOLOGÍA DIFUSIÓN SIMÓN I. PATIÑO

DIRECTORA DE LA PUBLICACIÓN

Carmiña Montoya Köster

AUTORES

Eliana Calzadilla

Claudia Aldana

Steven Churchill

COLABORACIÓN

Cristina Torrico Laserna

FOTOGRAFÍA PORTADA

Género *Campylopus*

Alfredo Fuentes

DISEÑO GRÁFICO

Sandra P. Heredia A.

ÍNDICE

• Introducción	pág. 1
• ¿Qué son las briofitas?	pág. 2
• Ciclo de vida y reproducción	pág. 6
• Evolución y clasificación	pág. 10
• Diversidad de briofitas en Bolivia	pág. 12
• Ecología	pág. 21
• Valor económico	pág. 25
• Conservación	pág. 25
• Glosario	pág. 26
• Bibliografía	pág. 28

INTRODUCCIÓN

Las briofitas son un grupo de plantas terrestres muy diverso, casi igual al número de helechos y plantas afines, son mucho menos que el cuarto de millón de plantas con flores que se conocen actualmente en el mundo. Sin embargo, su importancia no radica en el número de especies, sino en el rol que desempeñan en los ecosistemas, específicamente en los ambientes húmedos.

Las briofitas están entre los grupos de plantas más importantes para la conservación del agua y el suelo. En Bolivia esto resulta más evidente en el bosque montano de yungas, puna húmeda y páramo arbustivo.

Las briofitas generalmente son plantas pequeñas, sin embargo forman comunidades extensas que a menudo cubren áreas grandes de pantanos, troncos y ramas de árboles. Estos organismos poseen alrededor de 14 000 especies en todo el mundo; de las cuales un diez por ciento están registradas en Bolivia (Churchill et al. 2009).

En general la identificación de briofitas es una tarea difícil, probablemente es uno de los grupos menos conocidos de las plantas terrestres ya que a menudo se las confunde con líquenes, varios grupos de helechos pequeños e incluso con algas.



Caizadilla, Eliana

Hepática talosa (*Dumortiera hirstuta*)



Fuentes, Alfredo

Musgo de ceja de monte (*Splachnum weberbaueri*)

¿QUÉ SON LAS BRIOFITAS?

Las briofitas son organismos del Reino de las plantas (Plantae - embryophytes). El término “brio-” deriva del griego **Bryon** (βρυον), que hace referencia a este grupo de plantas.

Se caracterizan por poseer un gametofito fotosintético dominante, esporofitos monoesporangiados y una escasa diferenciación de tejidos conductores. Estas tres características importantes las diferencian de los otros grupos de plantas: helechos, gimnospermas y plantas con flores.

Actualmente Marchantiophyta (hepáticas), Anthocerophyta (antoceros) y Bryophyta (musgos) son los tres grupos de briofitas.

Todas presentan similar tamaño y ciclo de vida, igualmente presentan gametangios pluricelulares protegidos por una cubierta estéril.

Los gametos son biflagelados y un gametofito es el principal responsable de la fotosíntesis del que depende en gran medida el esporófito. La diferencia entre estos tres grupos radica en la morfología general y la estructura de los esporofitos, principalmente.

Morfología de las briofitas



¿Qué organismos se pueden confundir con briofitas?

Hay varios grupos de plantas de aspecto similar que se confunden a menudo con las briofitas. Estos incluyen a algunos líquenes foliosos que son en realidad una asociación simbiótica entre un hongo y un alga, que presentan estructuras de reproducción llamadas apotecios. También plantas afines a los helechos como: *Huperzia*, *Lycopodium* y *Selaginella* que se asemejan a musgos. Entre los helechos pequeños, por ejemplo, el género *Trichomanes* se puede confundir con cualquier hepática o musgo. Los helechos se diferencian de las briofitas por tener hojas con varias capas de células y una nervadura, también presentan estolones o rizomas y cuando están fértiles tienen soros.



Caizadilla, Eliana

Liquen (*Lobaria* sp.)



Jiménez, Iván

Pteridofita o helecho afín (*Selaginella* sp.)



Perra, Juan David

Liquen (*Solorina* sp.)



Jiménez, Iván

Pteridofita o helecho afín (*Huperzia* sp.)

Características de las briofitas

- Las briofitas carecen de una cutícula protectora, por eso absorben el agua y los nutrientes directamente a través de toda su superficie. Por esta razón las briofitas pueden servir como bioindicadores de la contaminación y la degradación del medio ambiente.
- Pueden secarse (deshidratarse) completamente por periodos cortos o largos e hidratarse rápidamente al entrar en contacto con la humedad, también resisten a la congelación y descongelación sin tener daño alguno.
- Son organismos altamente adaptados a microambientes, pueden mantenerse en microhábitats, incluso cuando la vegetación circundante está seriamente afectada por cambios climáticos.
- Las briofitas foliosas o talosas poseen un gametofito, que es la generación dominante y fotosintética.
- Presentan gametangios pluricelulares con una cubierta estéril para la protección del esporofito joven.
- Durante su fertilización, las briofitas requieren agua para el transporte de los espermatozoides hasta el óvulo.
- Las hepáticas y musgos con frecuencia pueden reproducirse asexualmente por fragmentación simple de los tallos y hojas, o producir yemas multicelulares especializadas. La reproducción asexual sirve como una adaptación para la reproducción y dispersión.

Comparación de las características generales de las briofitas

CARACTERÍSTICAS	HEPÁTICAS	ANTOCEROS	MUSGOS
Número de especie a nivel mundial	5 000	100	9 000
Gametofito	Generación dominante de vida libre, talosas o foliosas; rizoides unicelulares; la mayoría tiene numerosos cloroplastos; muchos producen yemas, crecimiento por meristema apical.	Generación dominante de vida libre; talosas; rizoides unicelulares; la mayoría presenta un único cloroplasto por célula.	Generación dominante de vida libre, foliosas; rizoides multicelulares; la mayoría tiene numerosos cloroplastos; muchos producen yemas, crecimiento por meristema marginal, seguido por crecimiento posterior a partir de un meristema apical y crecimiento por meristema apical; algunas especies presentan hidroides y leptoides.
Esporofito	Pequeño y nutricionalmente dependiente del gametofito; no ramificado; formado por pie, seta efímera y una capsula esférica que se abre en 4 valvas, sustancias fenólicas en las paredes de las células endodérmicas, sin estomas.	Pequeño y nutricionalmente dependiente del gametofito; no ramificado; el esporangio largo y cilíndrico con un meristema entre el pie y el esporangio; que se abre por el ápice y se divide en 2 valvas, cutícula, con estomas, sin tejidos conductores especializados.	Pequeño y nutricionalmente dependiente del gametofito; no ramificado; formado por pie, seta larga y la capsula se abre por una estructura llamada opérculo (parecida a una tapa), algunas contienen sustancias fenólicas en las paredes de las células epidérmicas; con estomas; algunas especies tienen hidroides y leptoides.

Formas de vida

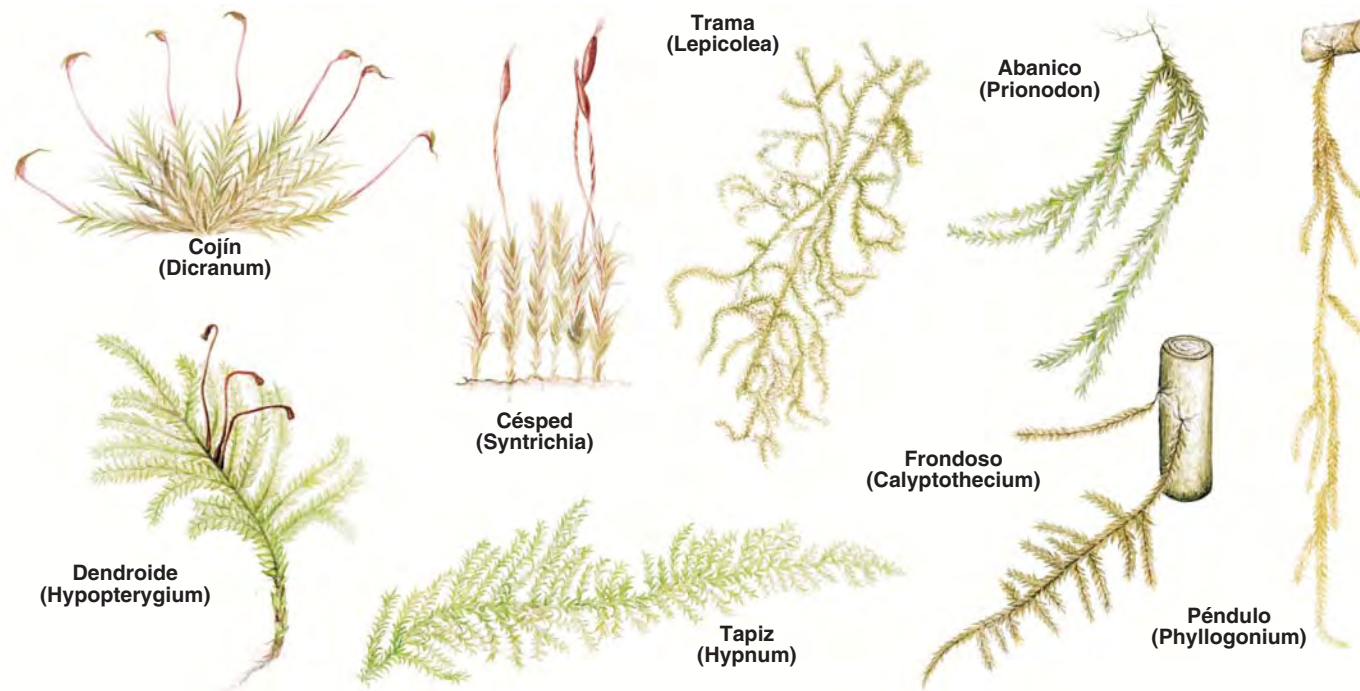
Las briofitas presentan diferentes formas de vida. La forma de los gametofitos, por ejemplo, cojín y césped son comunes en ambientes abiertos como la puna. Otras formas como péndula, dendroide o frondosa comunes en epífitas del bosque montano. Las formas de vida de las briofitas son usadas también para la caracterización de comunidades.

Césped: Crecimiento con tallos erectos, paralelos y próximos entre sí, a menudo cubriendo áreas extensas. Ejemplos: *Anastrophyllum*, Pottiaceae.

Cojín. Con tallos más o menos erectos, estrechamente agrupados y radiales en los bordes. Ejemplos: *Andreaea*, *Grimmia* y *Leucobryum*.

Dendroide. En forma de árbol, ramificación por encima de un nítido estípite en forma de tronco. Ejemplo: *Hypopterygium*, *Pterobryon*.

Tapiz: Forma de vida de crecimiento horizontal densamente entrelazado. Ejemplos: Lejeunaceae, Hypnaceae, *Plagiothecium* y *Pilosium*.



Trama. Forma de crecimiento a menudo ascendente y poco entrelazada. Ejemplos: *Lepicolea*, *Porella* y *Thuidium*.

Abanico: Forma de abanico. Ejemplo: *Prionodon*.

Frondoso, -sa.: Parecido a la hoja (fronde) de un helecho, apretado y regularmente ramificado en un plano (pinnado). Ejemplos: *Bryopteris*, *Calyptothecium*, *Neckeropsis* y *Porotrichum*.

Péndulo, -la.: Tallos y ramas colgantes o pendientes. Ejemplos: *Frullania*, *Orthostrichopsis* y *Phyllogonium*.



Hepática frondosa (*Bryopteris filicina*)

Maillard, Oswaldo

CICLO DE VIDA Y REPRODUCCION

Ciclo de vida

Las briofitas presentan un ciclo de vida particular, con una alternación de generaciones heteromorfa bien definida.

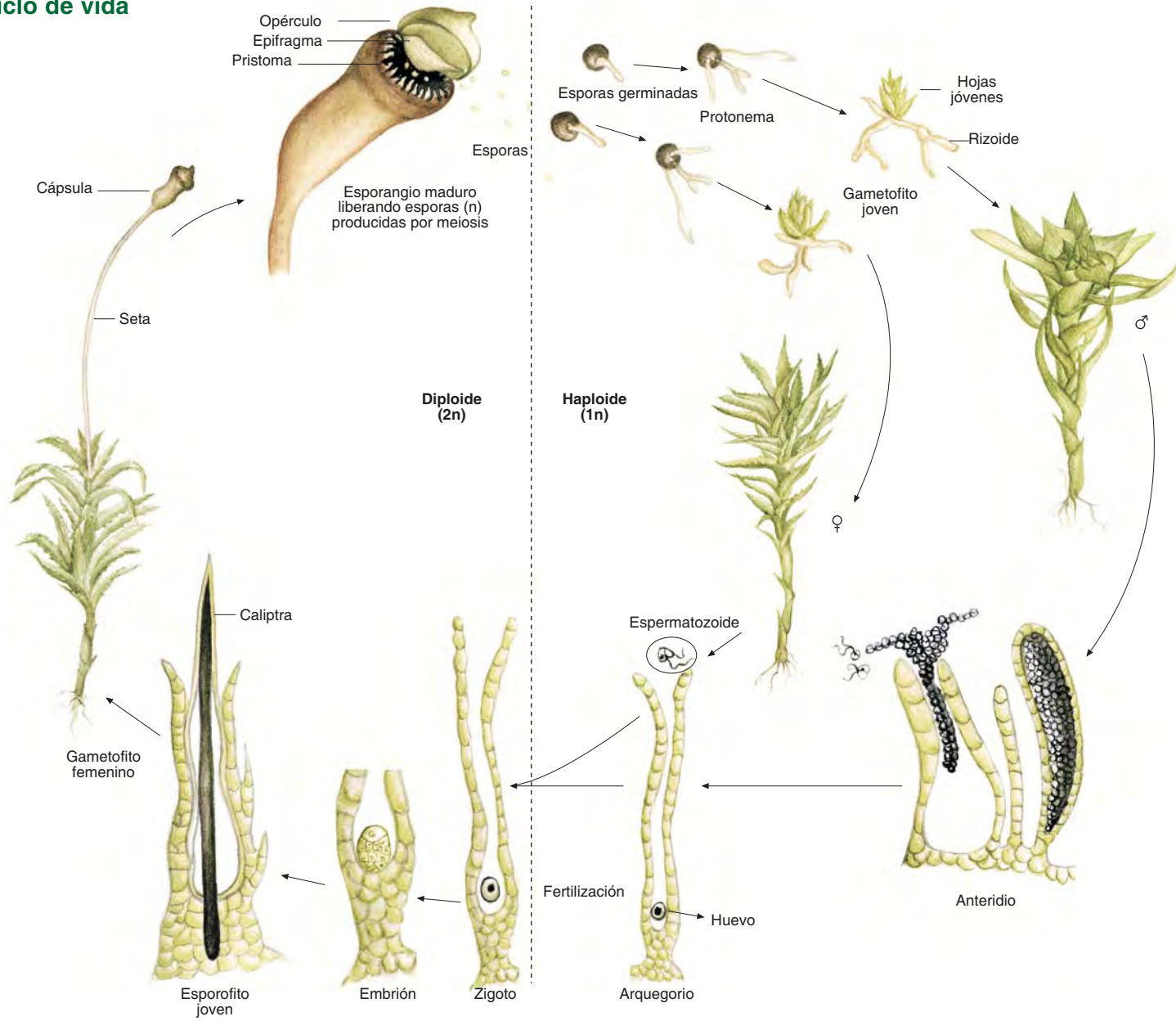
El gametofito es la fase dominante, que presenta pequeñas hojas y es fotosintética, mientras que el esporofito es dependiente del gametofito y de corta duración (Gradstein et al. 2001), que se produce en cierta época del año dependiendo de las condiciones microclimáticas.

Este ciclo de vida es único en el reino vegetal, todas las plantas exceptuando las briofitas tienen un esporofito dominante y un gametofito no trófico y altamente reducido.

Las estructuras reproductivas (anteridios y arquegonios) se encuentran ubicadas en el gametofito (fase haploide), los gametos se unen en fertilización y se desarrolla un esporofito (fase diploide) unido al gametofito. En el esporofito ocurre la meiosis y se producen las esporas.

Además de la reproducción sexual, existe también reproducción asexual (During 1992), por ejemplo en hepáticas foliosas se producen yemas sobre la superficie o borde de la hoja, como en caso de los géneros *Cyclolejeunea* y *Radula*.

Ciclo de vida



Sexualidad

Los órganos sexuales o **gametofitos**, están formados por arquegonios (femenino) y anteridios (masculino), cuando estos órganos sexuales están presentes en una sola planta se la denomina **monoica** y cuando se encuentran en plantas separadas son llamadas **dioicas**.

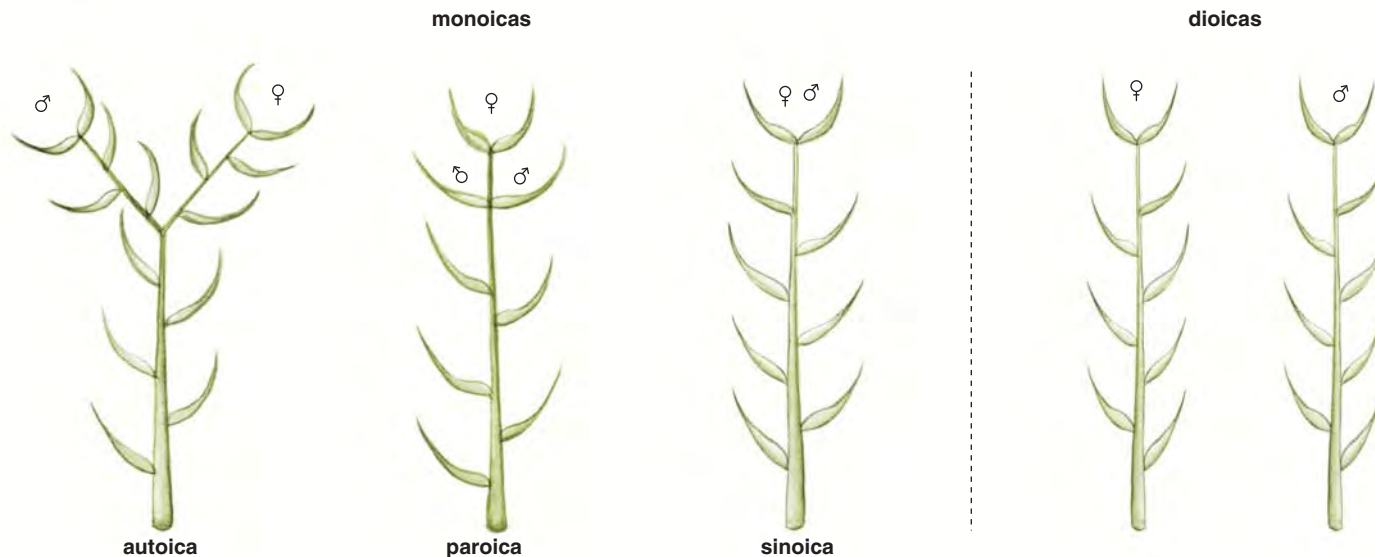
Las briofitas también muestran una condición monoica que se caracteriza por la posición de los órganos sexuales en la planta, **autoica** con órganos sexuales masculinos y femeninos en grupos separados sobre la misma planta, **paroica** con órganos sexuales masculinos y femeninos en

un mismo gametofito pero no mezclados y **sinoica** con órganos sexuales masculinos y femeninos mezclados en el mismo gametofito.

Las especies sinoicas se presentan en musgos y paroicas en hepáticas y musgos. La producción de esporofitos es más frecuente especies monoicas que en dioicas.

En Bolivia cerca la mitad de las briofitas son dioicas y la otra mitad son monoicas.

Esquema de sexualidad de las briofitas



Reproducción sexual

Los tres grupos de briofitas, hepáticas, antoceros y musgos, comparten un ciclo de vida similar con algunas excepciones.

Podemos mostrar el ciclo de vida de las briofitas, con el ejemplo de un musgo, el ciclo se inicia con el lanzamiento y la dispersión de las esporas haploides de la cápsula diploide. Las esporas requieren generalmente un sustrato húmedo en el que puedan germinar.

Una vez que se inicia la germinación, sobre todo en los musgos, se producen filamentos muy ramificados, llamado **protonema**.

Las células del protonema se diferencian para formar células filamentosas de color marrón rojizo que sirven para sujetarse al sustrato y las células verdes formarán los brotes de hojas y se convertirán en el gametofito adulto.

El crecimiento se produce hacia el ápice, formando hojas dispuestas en espiral, o en el caso de las hepáticas en tres filas. Con el tiempo los órganos sexuales multicelulares se producen en las puntas de los tallos o ramas, los órganos sexuales masculinos son llamados **anteridios** y los femeninos **arquegonios**.

Espermatozoides biflagelados son producidos por la mitosis en el anteridio y un único óvulo es producido por los arquegonios.

Una vez que el anteridio se rompe, el agua es necesaria para su dispersión, los espermatozoides biflagelados que se ven facilitados por su estructura, pueden moverse a distancias cortas a través del agua hasta el cuello abierto del arquegonio.

El desarrollo del esporofito se inicia una vez que ha ocurrido la fertilización. Los nutrientes orgánicos y el agua pasan a través de la base del gametofito para el desarrollo del esporofito.

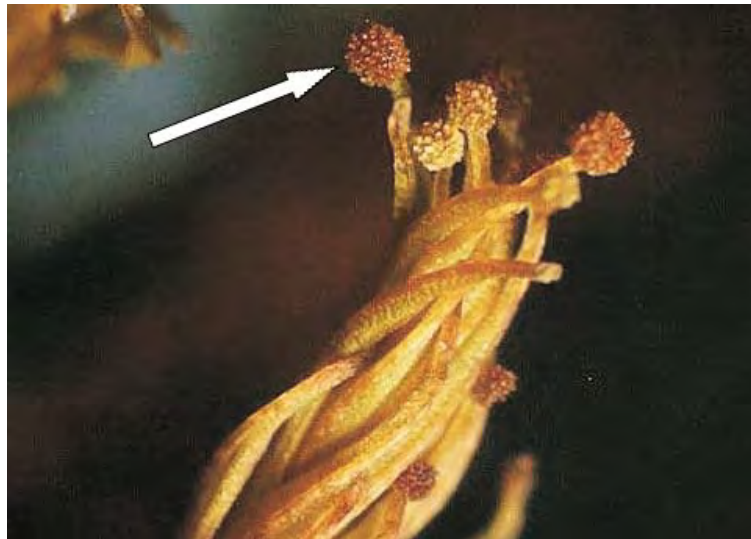
El esporofito de las hepáticas, antoceros y musgos es notoriamente diferenciado. En los musgos se forma una seta y una cápsula en la punta. Las esporas, resistentes al agua, se forman por meiosis dentro de la cápsula.

En las hepáticas la cápsula es esférica y por lo general se abren cuatro valvas; en antoceros presenta un esporangio alargado y cilíndrico que se abre en el ápice y se divide en dos valvas.

En los musgos la capsula presenta una tapa llamada **opérculo** la cual se cae y se retraen los dientes del **peristoma** al secarse, luego son liberadas las esporas y continua el ciclo.

Reproducción asexual

Las briofitas tienen una notable capacidad para reproducirse asexualmente optimizando su éxito para la propagación. Muchas especies de musgos y hepáticas poseen medios de reproducción asexual, generalmente a través de la fragmentación del gametofito y también de **yemas** especializadas producidos en las hojas, tallos y rizoides. Estos fragmentos de plantas o yemas originan una nueva planta (genéticamente idéntica). Es posible que más de la mitad de las especies de briofitas en Bolivia tengan el potencial de reproducirse asexualmente.



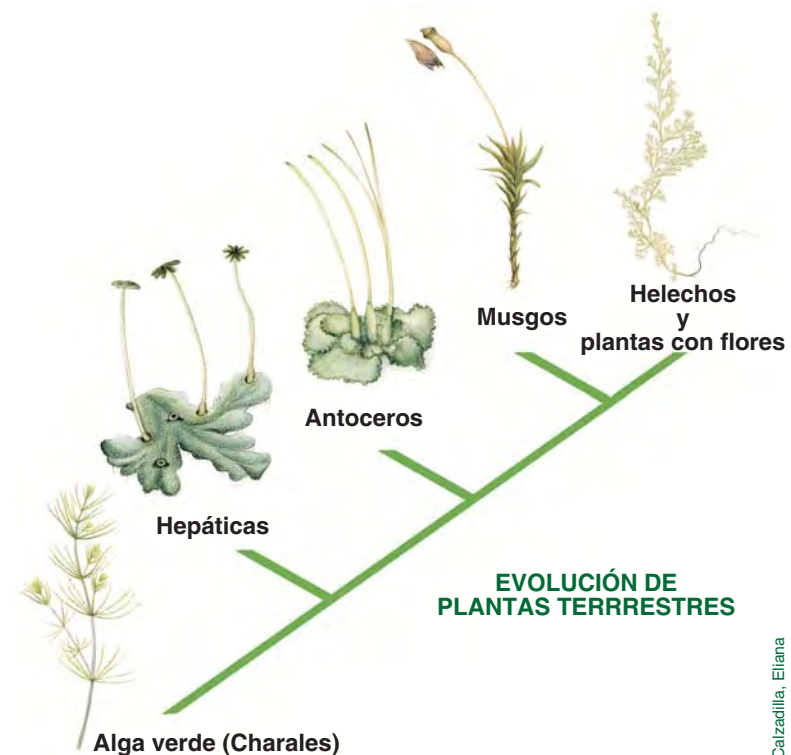
Propágulo agrupado en la punta de las hojas de *Streptopogon calymeres*

Parra, Juan David

EVOLUCIÓN Y CLASIFICACIÓN

La evolución de las briofitas representa una transición entre algas verdes, *Coleochaete* y Charales y las plantas vasculares representadas hoy en día como licofitos o helechos afines, por ejemplo, *Lycopodium* y *Selaginella*.

Las briofitas son el grupo de plantas verdes terrestres más antiguas (que viven) hoy en día. El registro fósil se remonta por lo menos a 400 millones de años (paleozoico medio), tiempo en que vivían los anfibios terrestres.



El primer ancestro terrestre de las plantas verdes se cree que se asemejaba a una hepática talosa compleja.

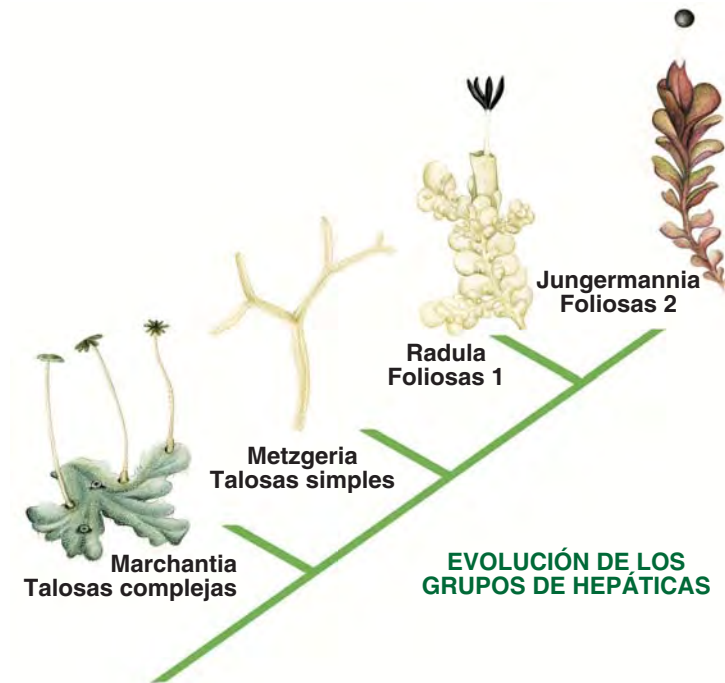
Los tres grupos (fila) de briofitas son representados por hepáticas (Marchantiophyta), antoceros (Anthocerophyta) y musgos (Bryophyta).

Hepáticas

Las hepáticas constituyen un grupo muy diverso, algunas presentan un gametofito taloso complejo o simple, mientras que la mayoría presentan gametofitos foliosos. Los otros dos grupos de briofitas, antoceros y musgos, no presentan morfologías extremas dentro el mismo grupo, es decir formas talosas y foliosas.

En la actualidad se conocen cerca de 5 000 especies de hepáticas a nivel mundial. La evolución de las hepáticas se inició con hepáticas talosas complejas, como por ejemplo *Marchantia*, posteriormente surgieron las hepáticas talosas simples, como por ejemplo, *Metzgeria*, y finalmente las hepáticas foliosas que representan el mayor número de géneros y especies.

Las dos líneas más evolucionadas de hepáticas foliosas, tienen familias grandes incluidas en Bolivia, en el primer grupo están las familias: Frullaniaceae, Lejeunaceae, Porellaceae y Radulaceae; el segundo grupo están: Calypogeiaceae, Jungermanniaceae, Lepidoziaceae, Lophocoleaceae y Plagiochilaceae.



Calzedilla, Eliana

Antoceros

Los antoceros son un grupo altamente especializado de las briofitas, el número de especies que presentan esta entre 100 a 300 especies en el mundo.

Actualmente se considera que los antoceros provienen de un ancestro asociado con la familia Anthocerotaceae y recientemente derivaron dos linajes representados por la familia Nothotylaceae y Dendrocerotaceae. Las dos últimas familias presentan una reducción de características como la ausencia de estomas y en el género *Nothotylas*, un esporofito corto con crecimiento continuo.

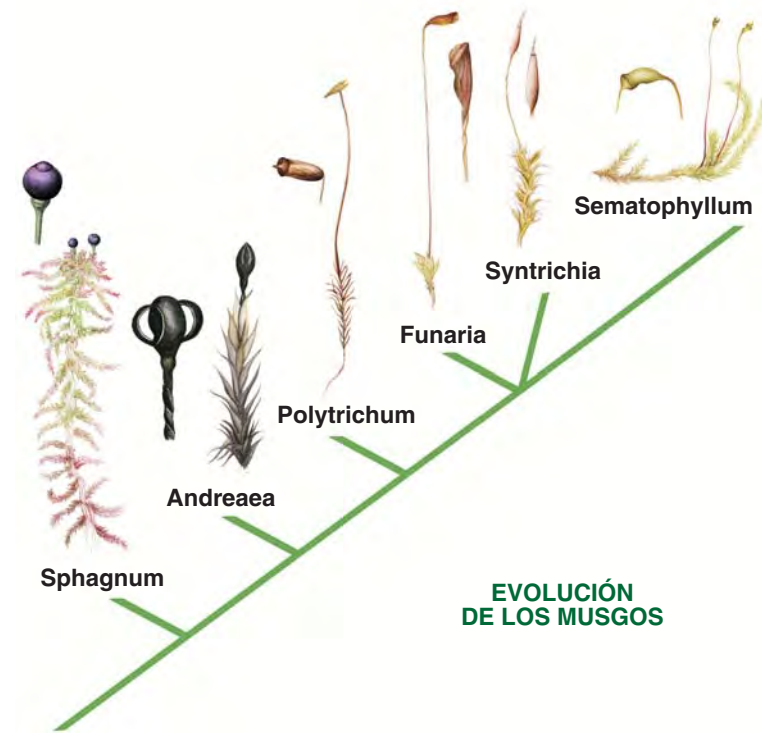
Musgos

Los musgos representan el grupo más numeroso y diverso de las briofitas, con aproximadamente 9 000 especies.

La línea principal de la evolución de los musgos procede de *Sphagnum*, seguida de *Andreaea*, *Polytrichum* y finalmente aparecen los musgos verdaderos. El último, representa el mayor grupo de especies conocidas (>90%).

Los musgos verdaderos probablemente antes presentaban un peristoma doble, con dientes externos e interno opuestas entre sí (por ejemplo, *Funaria*), la otra línea principal incluida en la evolución de musgos en el que sólo el peristoma interno (por ejemplo, *Syntrichia*), está presente y el último gran linaje de musgos incluidos también con un peristoma doble, en el que los dientes externos e internos son alternos (por ejemplo, *Sematophyllum*).

Este linaje incluyó una transformación en la evolución para formar musgos erectos, plantas con gametofito y esporofitos terminales, a musgos con gametofito postrado, pendiente o colgante con el esporofito presente en tallos y ramas laterales.



Catzadilla, Eliana

DIVERSIDAD DE BRIOFITAS EN BOLIVIA

Bolivia es excepcionalmente rica en briofitas, con 106 familias, 387 géneros y 1400 especies, que representan aproximadamente el 10% de todas las especies conocidas en el mundo.

El número de especies conocidas de hepáticas y musgos en Bolivia, 477 y 919 respectivamente, comparado con las 570 especies de hepáticas y 1 325 de musgos registrados en los Estados Unidos y Canadá, muestran que Bolivia siendo un país relativamente pequeño (17 veces menor), presenta una gran diversidad a comparación de áreas mayores.

Taxón	Familias	Géneros	Especies
Hepáticas	35	109	477
Antoceros	2	3	4
Musgos	69	275	919
Total	106	387	1 400

Hepáticas

El número de especies de hepáticas en Bolivia es 477 distribuidas en 109 géneros, 35 familias y 9 órdenes. Las diez familias más diversas representan una porción significativa de las especies (83%).

Lejeuneaceae es la familia de hepáticas más diversa, tanto para las especies (138) y géneros (39). En el trópico la familia Lejeuneaceae es la más grande, seguida de Plagiochilaceae y Frullaniaceae.

Los diez géneros representan casi el 49% del total de las especies registradas para el país. La flora de hepáticas, requiere más estudios y colectas en Bolivia, con los que se espera superar las 550 especies.



Churchill, Steven

Hepática talosa (*Marchantia* sp.)



Albornoz, Rolando

Hepática foliosa (*Triandrophyllum subtrifidum*)

Las 10 familias de hepáticas más diversas de Bolivia

Familia	Nº especies	Género	Nº especies
Lejeuneaceae	138	<i>Plagiochila</i> (Plagiochilaceae)	56
Plagiochilaceae	57	<i>Frullania</i> (Frullaniaceae)	45
Frullaniaceae	45	<i>Metzgeria</i> (Metzgeriaceae)	30
Lepidoziaceae	32	<i>Radula</i> (Radulaceae)	22
Metzgeriaceae	30	<i>Lejeunea</i> (Lejeuneaceae)	18
Jungermanniaceae	23	<i>Riccardia</i> (Aneuraceae)	16
Lophocoleaceae	22	<i>Bazzania</i> (Lepidoziaceae)	13
Radulaceae	22	<i>Chiloscyphus</i> (Lophocoleaceae)	13
Aneuraceae	17	<i>Cheilolejeunea</i> (Lejeuneaceae)	11
Pallaviciniaceae	12	<i>Lepidozia</i> (Lepidoziaceae)	11
TOTAL	398		234

Los órdenes de hepáticas en secuencia filogenética incluyendo familias presentes en Bolivia (número de géneros /especies).

Orden Lunulariales: Lunulariaceae (1/1)

Orden Marchantiales: Aytoniaceae (2/3), Cleveaceae (1/1), Corsiniaceae (1/1), Dumortieraceae (1/1), Marchantiaceae (1/6), Monocleaceae (1/1), Ricciaceae (2/2), Targioniaceae (1/1)

Orden Pelliales: Pelliaceae (1/1)

Orden Fossombroniales: Fossombronaceae (1/1)

Orden Pallaviciniales: Pallaviciniaceae (3/12)

Orden Pleuroziales: Pleuroziaceae (1/1)

Orden Metzgeriales: Aneuraceae (2/17), Metzgeriaceae (1/30)

Orden Porallales: Frullaniaceae (1/45), Lejeuneaceae (40/138), Porellaceae (1/7), Radulaceae (1/22)

Orden Jungermanniales: Acrobolbaceae (2/2), Adelanthaceae (1/4), Antheliaceae (1/1), Arnelliaceae (1/2), Balantiopsaceae (2/7), Calypogeiaceae (2/10), Cephaloziaceae (3/7), Cephaloziellaceae (3/3), Gymnomitriaceae (3/5), Herbertaceae (2/3), Jungermanniaceae (9/23), Lepicoleaceae (1/3), Lepidoziaceae (8/32), Lophocoleaceae (4/22), Plagiochilaceae (2/57), Scapaniaceae (1/1), Trichocoleaceae (1/4)

Antoceros

Los antoceros son un grupo mucho menos diverso en comparación con las hepáticas y los musgos. Cerca de 30 especies se reconocen para el Neotrópico (Gradstein et al. 2001). En Bolivia actualmente se tienen registradas cuatro especies distribuidas en tres géneros, tres familias y tres órdenes.

Puede haber un máximo de cinco especies en Bolivia, sobre la base de las cifras registradas en Colombia y Ecuador.

A diferencia de las hepáticas y musgos, los antoceros no presentan un rol importante en los ecosistemas bolivianos.



Antocero (*Phaeoceros* sp.)

Los órdenes de antoceros en secuencia filogenética incluyendo familias presentes en Bolivia (número de géneros /especies).

Orden Anthocerotales: Anthocerotaceae (1/1)
Orden Notothyladales: Notothyladaceae (1/1)
Orden Dendrocerotales: Dendrocerotaceae (1/2)

Musgos

La diversidad de musgos en Bolivia está estimada en 919 especies, distribuidas en 275 géneros, 69 familias y 19 órdenes. Las diez familias más diversas de las 69 registradas en Bolivia representan el 62% de todas las especies del país. Familias notablemente diversas incluyen a Macromitriaceae, Hypnaceae, Neckeraceae y Calymperaceae. Las dos familias con mayor riqueza de géneros son Pottiaceae (32) y Dicranaceae (23). Los diez géneros más diversos de los 275, representan el 26% de las especies registradas en Bolivia.

Las 10 familias de musgos más diversas de Bolivia

Familia	Nº especies	Género	Nº especies
Pottiaceae	110	<i>Campylopus</i> (Dicranaceae)	41
Bryaceae	99	<i>Fissidens</i> (Fissidentaceae)	40
Dicranaceae	85	<i>Bryum</i> (Bryaceae)	34
Pilotrichaceae	51	<i>Syntrichia</i> (Pottiaceae)	24
Bartramiaceae	47	<i>Sphagnum</i> (Sphagnaceae)	19
Fissidentaceae	40	<i>Breutelia</i> (Bartramiaceae)	17
Grimmiaceae	38	<i>Schizymenium</i> (Bryaceae)	17
Brachytheciaceae	36	<i>Zygodon</i> (Orthotrichaceae)	16
Sematophyllaceae	31	<i>Grimmia</i> (Grimmiaceae)	15
Orthotrichaceae	28	<i>Leptodontium</i> (Pottiaceae)	15
TOTAL	565		238



Caltadilla, Eliana

Musgo (*Sphagnum magellanicum*)



Aldana, Claudia

Musgo (*Anomobryum* sp.)

Los órdenes y familias de musgos presentes en Bolivia, expuestos en secuencia filogenética (número de géneros /especies).

Orden Sphagnales: Sphagnaceae (1/19)
Orden Andreaeales: Andreaeaceae (2/6)
Orden Polytrichales: Polytrichaceae (9/15)
Orden Diphysciales: Diphysciaceae (1/1)
Orden Gigaspermales: Gigaspermaceae (2/2)
Orden Encalyptales: Encalyptaceae (1/3)
Orden Funariales: Ephemeraceae (1/1), Funariaceae (3/11)
Orden Grimmiiales: Grimmiaceae (8/38), Seligeriaceae (1/1)
Orden Dicranales: Bruchiaceae (1/2), Calymperaceae (2/19), Dicranaceae (23/85), Ditrichaceae (10/16), Erpodiaceae (1/5), Eustichiaceae (1/1), Fissidentaceae (1/40), Leucobryaceae (2/9), Octoblepharaceae (1/4), Rhachithecaceae (1/1)
Orden Pottiales: Pottiaceae (32/110), Splachnobryaceae (1/1)
Orden Splachnales: Splachnaceae (3/6)
Orden Bryales: Bryaceae (11/99), Mniaceae (1/1), Phylloprepaniaceae (1/1)
Orden Bartramiales: Bartramiaceae (8/47)
Orden Orthotrichales: Macromitriaceae (5/27), Orthotrichaceae (2/28)
Orden Hedwigiales: Hedwigiaceae (3/10), Helicophyllaceae (1/1), Rhacocarpaceae (1/4)
Orden Rhizogoniales: Aulacomniaceae (1/1), Rhizogoniaceae (3/4)
Orden Hypnodendrales: Racopilaceae (1/2)
Orden Hookeriales: Daltoniaceae (4/13), Hookeriaceae (1/1), Hypopterygiaceae (1/1), Leucomiaceae (2/2), Pilotrichaceae (11/51)
Orden Hypnales: Amblystegiaceae (12/20), Anomodontaceae (2/2), Brachytheciaceae (13/36), Catagoniaceae (1/2), Cryphaeaceae (2/11), Entodontaceae (3/9), Fabroniaceae (1/3), Hylocomiaceae (1/2), Hypnaceae (14/21), Lembophyllaceae (2/6), Leptodontaceae (1/3), Lepyrodontaceae (1/1), Leskeaceae (6/10), Leucodontaceae (1/1), Meteoriaceae (4/6), Myriniaceae (1/1), Neckeraceae (8/20), Phyllogoniaceae (1/3), Plagiotheciaceae (1/3), Prionodontaceae (1/4), Pterigynandraceae (1/1), Pterobryaceae (8/10), Regmatodontaceae (1/1), Rhytidiaceae (1/1), Rigodiaceae (1/1), Rutenbergiaceae (1/1), Sematophyllaceae (13/31), Stereophyllaceae (5/7), Thuidiaceae (3/13)

Endemismo

Cuando una especie se conoce únicamente en un determinado lugar, ya sea país o región, se la considera **endémica**. A medida que mejora el conocimiento de la biodiversidad, las especies que son consideradas endémicas dejan de serlo en el momento en que se encuentran en otro país o región.

Por ejemplo, se creía que *Gertrudiella validinervis* era endémica de Bolivia, pero actualmente se tienen registros en Perú y noroeste de Argentina, quedando así como endémica de la parte sur de los Andes y probablemente su distribución sea más amplia.

Actualmente son reconocidas 79 especies de briofitas endémicas en Bolivia, las hepáticas están representadas por 16 especies, 9 géneros y 8 familias; no hay especies endémicas entre los antoceros; y los musgos son más diversos, con 63 especies, 39 géneros y 18 familias.

Las especies endémicas se encuentran mejor representadas en regiones donde las elevaciones están entre 1 500 y 4 500 metros, siendo los Yungas la ecoregión más diversa seguida de la puna húmeda.

De las 79 especies endémicas, 28 son epífitas y 51 terrestres, presentes en suelo o rocas.

Bolivia tiene el mayor número de géneros endémicos de musgos que cualquier otro país del neotropico. Actualmente se consideran seis géneros de musgos endémicos para

Bolivia: *Flabellidium* (*F. espinoso*, Brachytheciaceae) es una epífita que sólo se conoce de una colección del bosque tucumano-boliviano; *Koponenia* (*K. holoneuron*, Amblystegiaceae) es un musgo acuático que se encuentra en rocas de los arroyos en la puna; *Mandoniella* (*M. spicatinervia*, Brachytheciaceae) sólo se conoce en bosques montanos semi-seco; *Polymerodon* (*P. andinus*, Dicranaceae) se encuentra en la tierra y rocas en la puna; *Schroeterella* (*S. zygodonta*, Sematophyllaceae) epífita que sólo se conoce de la colección original de Yungas y *Streptotrichum* (*S. ramicola*, Pottiaceae) es una especie que se encuentra sólo en los nudos de bambú en bosques montanos.



Streptotrichum ramicola, endémica de bosque montano alto

Entre las especies endémicas varias son interesantes, por ejemplo, *Sphagnum lapazense* extraída de un bosque montano perturbado en 1999 y descrita en 2001. Estudios moleculares han demostrado que esta especie encontrada en Bolivia es una de las dos especies (la otra se encuentra en el Sudeste de Asia) que representan el ancestro más antiguo de 300 o más especies de *Sphagnum* reconocidas en todo el mundo.

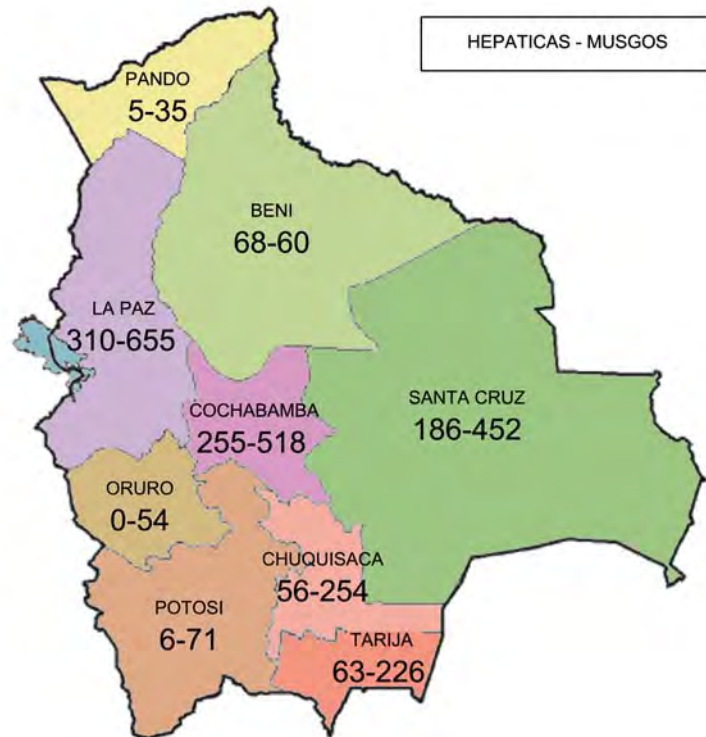
Diversidad de briofitas por departamento

En Bolivia los tres departamentos más diversos en briofitas son La Paz, Cochabamba y Santa Cruz. El grado de diversidad registrado en los departamentos no solo está directamente afectado por las ecoregiones, la altitud y el clima, sino también por los esfuerzos de colecciones anteriores.

Históricamente, más botánicos han realizado colectas de briofitas en el departamento de La Paz.

Todos los departamentos necesitan más estudios de briofitas, especialmente las hepáticas, que requieren más colecciones por ecoregiones, como por ejemplo en tierras bajas.

El número de especies (hepáticas – musgos) registradas en los nueve departamentos de Bolivia



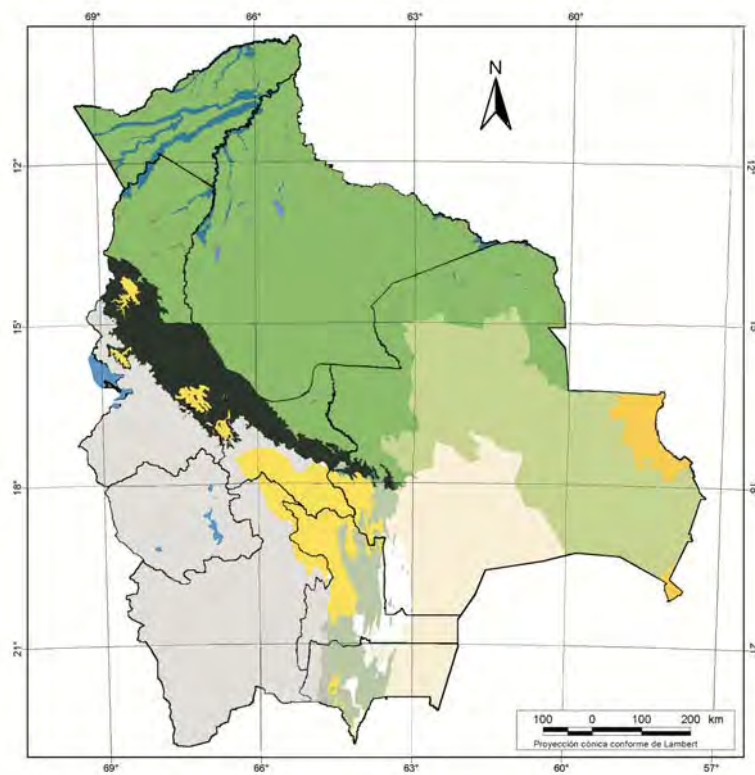
Diversidad por ecoregiones

Bolivia es considerada un país megadiverso, no solo por la diversidad de especies, sino también por la diversidad de ecoregiones.

Dos aspectos físicos son importantes cuando se consideran los patrones de diversidad de las briofitas: altitud y precipitación, elevada al norte que disminuye hacia el sur.

En las tierras altas la puna húmeda es más diversa y disminuye el número de especies hacia la puna seca. La misma tendencia ocurre en el bosque montano para briofitas, los Yungas es una región más rica en especies y la diversidad se reduce hacia el sur en los parches aislados del Tucumano-Boliviano. Los valles secos interandinos tienen menor diversidad que la puna húmeda. En las tierras bajas, la Amazonía recibe una mayor precipitación y es más diversa que el bosque Chiquitano semiseco y el árido Chaco.

Diversidad de hepáticas y musgos por ecoregiones



Hepáticas - Musgos	
Puna	60 - 338
Yungas	416 - 640
Tucumano - Boliviano	99 - 291
Valles Secos	4 - 63
Chaco Serrano	0 - 18
Amazónico	64 - 141
Chiquitano	18 - 86
Pantanal	2 - 2
Chaco	1 - 31



Aldama, Claudia

De las tres zonas de puna, la puna húmeda es la más rica



Albornoz, Rolando

Puna seca



Calzadilla, Eliana

Bosque montano de Yungas, una de las regiones más ricas en briofitas



Churchill, Steven

Bosque montano de la región Tucumano-Boliviano, es la segunda más rica después de Yungas y el más importante para la conservación



Araujo Murakami, Alejandro

Bosque Amazónico, la más diversa del oriente

Las ecoregiones con el porcentaje de área en Bolivia, comparando el número total de briofitas (1 400) y el porcentaje del total de especies

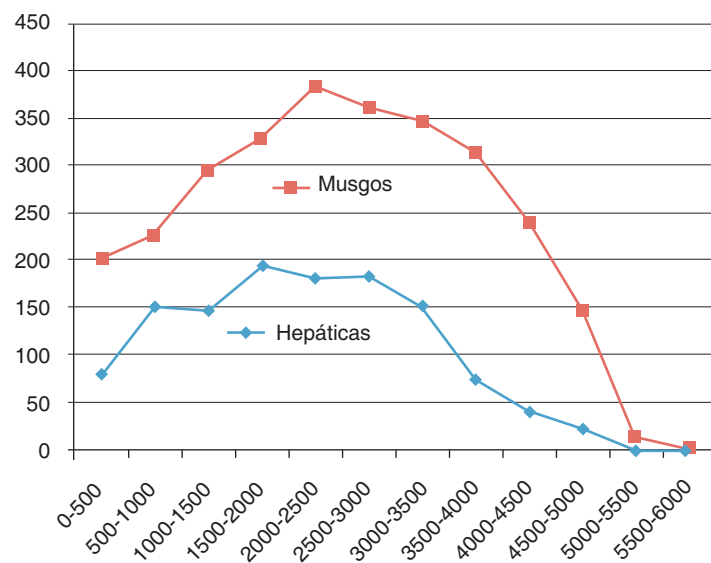
Ecoregión	% Área	Briofitas	% Especies
Puna	22	398	28
Yungas	5	1 059	76
Tucumano-Boliviano	3	391	28
Valles Seco	4	67	5
Chaco Serrano	2	18	1
Amazónico	38	206	15
Chiquitano	10	104	7
Pantanal	3	4	<1
Chaco	12	32	2

Altitud

La altitud es un componente importante en el análisis de la diversidad de las briofitas en Bolivia. En los trópicos el relieve topográfico y la precipitación son un factor clave relacionado con el elevado nivel de diversidad.

Por ejemplo, la Amazonía es 4,5 veces más grande que los Andes tropicales, pero solo tiene alrededor de 310 especies de musgos comparado con los 1 376 musgos registrados en los Andes tropicales (Churchill 2009).

Número de especies por rango altitudinal



La mayoría de las especies presentan un intervalo altitudinal amplio. La diversidad se incrementa gradualmente hacia las tierras altas, en las tierras bajas del oriente (5-500 m) se registraron 284 especies, mientras que en rangos altitudinales intermedios (2 000-2 500 m) se presenta la mayor diversidad estimada en 565 especies, otros rangos altitudinales ricos en especies son 2 500-3 000 m. y 1 500-2 000 m.

Dentro de la banda estrecha que forma el bosque montano y otros tipos de vegetación (2 000-2 500 m), en la cordillera oriental, se puede encontrar el 40% de todas las briofitas de Bolivia.

ECOLOGÍA

La ecología de las briofitas se puede reflejar en el rol que desempeñan en los ecosistemas, su incidencia dentro de las ecoregiones a lo largo de gradientes altitudinales y sustratos.

Rol de las briofitas

Las briofitas han sido botánicamente ignoradas principalmente debido a su pequeño tamaño y a la relativa dificultad para determinar las especies. Sin embargo, desproporcionadamente a su pequeño tamaño, las hepáticas, antoceros y musgos, directa o indirectamente, desempeñan un rol importante en el ecosistema andino, debido a que:

Modulan la humedad ambiental gracias a que pueden absorber rápidamente el agua (como una esponja), ésta

entra directamente en las células y es liberada lentamente cuando el aire se hace más seco. Son también un factor importante en el sistema hidrológico, ya que las comunidades de briofitas "capturan" la condensación de las nubes y la niebla. Pueden absorber y retener de 5 a 25 veces su peso seco.

Estas plantas hidrófilas (amantes del agua) eliminan gradualmente la humedad al entorno inmediato, permitiendo el flujo moderado de agua, ayudando a detener la erosión y previniendo los deslizamientos de tierra e inundaciones.

Otra contribución importante de las briofitas es la biomasa. Las epífitas **aportan grandes cantidades de biomasa**, especialmente en los bosques nublados. Estudios en epífitas han sugerido la necesidad de calcular la biomasa presente en troncos y ramas. En un estudio para estimar la biomasa de briofitas y plantas vasculares en un bosque montano de Colombia, se encontró que el 70% de los 44 000 kg de biomasa por hectárea son aportados por briofitas de los troncos y ramas.

Las briofitas cumplen funciones importantes no sólo en los bosques primarios, principalmente como epífitas, sino también en bosques moderadamente perturbados, principalmente en los hábitats terrestres. Las briofitas forman alfombras terrestres en bosques abiertos, **detienen el proceso de erosión**, disminuyen la escorrentía rápida y a la vez **conservan el agua**.

Indicadores de las condiciones ambientales

Las briofitas pueden ser utilizadas para monitorear las concentraciones de metales pesados en el ambiente. Por su capacidad de absorber fácilmente los metales pesados, las briofitas han servido por muchas décadas en Europa y Norte América para monitorear dióxido de sulfuro (SO₂), ya que algunas especies de briofitas son tolerantes o intolerantes al SO₂.

Las briofitas también son útiles como bioindicadores, para evaluar el estado individual de las ecoregiones y determinar las condiciones del bosque en base a los requerimientos ambientales de briofitas epífitas.

Dos tipos de epífitas son reconocidas en el bosque: las especies **tolerantes al sol**, están fundamentalmente en el suelo y en porciones pequeñas en árboles que se encuentran al margen de los bosques y son especies altamente adaptadas a la desecación; las especies **tolerantes a la sombra** usualmente están en la base de troncos que se encuentran dentro del bosque, son intolerantes a la desecación. Las especies tolerantes a la sombra son excelentes indicadores de bosque primario. Serias perturbaciones en el bosque repercuten con la pérdida de especies de briofitas tolerantes a la sombra.

Sustrato

Un componente importante de las comunidades de briofitas y sus hábitats está relacionado con el sustrato. La ecología

de cualquier especie en particular se refleja en datos del sustrato combinados con datos de hábitat, altitud y ecoregión. Un número significativo de especies se pueden encontrar en dos o más sustratos, mientras que en otras especies el sustrato es específico. Por ejemplo *Racomium tomentosum* crece en casi todos los sustratos, mientras que *Streptotrichum ramicola* se encuentra sólo en los nudos de *Chusquea* en el bosque montano alto.

Número de especies de briofitas encontradas en sustratos específicos en Bolivia

Sustrato	Hepáticas	Antoceros	Musgos	Briofitas
Roca	141	0	463	604
Suelo	136	3	471	610
Hojarasca	34	0	42	76
Troncos en descomposición	58	0	208	266
Epífita	226	0	394	619
Epífila	21	0	6	27
Acuatica/semiacuatica	31	0	119	150

- **Rocas.** Las briofitas con el tiempo forman amplios colchones o cojines en rocas. Donde acumulan los desechos y nutrientes, de esta manera proporcionan un sustrato para el establecimiento de plantas vasculares. Alrededor del 40% de las especies son pioneras en rocas o pocas en el suelo sobre rocas.
- **Suelo.** Las briofitas frecuentemente son como cojines, por ejemplo, estabilizan la erosión del suelo que impide la escorrentía rápida de las precipitaciones. Las briofitas

junto a los líquenes, están entre los primeros organismos colonizadores de bosques secundarios con suelos recientemente perturbados. Alrededor del 40% de las briofitas conocidas se encuentran como especies pioneras en los registros de Bolivia.

- **Troncos en descomposición.** Las briofitas promueven la descomposición de los troncos, porque el tronco permanece húmedo o mojado por largos periodos de tiempo. Alrededor del 20% de las briofitas registradas en Bolivia crecen en troncos en descomposición.
- **Epífitas.** Las briofitas forman tapices relativamente densos que capturan nutrientes y agua, que posteriormente sirve de sustrato para el establecimiento de otras epífitas vasculares. Alrededor del 45% de las briofitas conocidas en Bolivia son epífitas.

Las briofitas bolivianas están divididas casi equitativamente en tres categorías principales, las epífitas y las que se encuentran sobre el suelo y rocas. Los troncos en descomposición son el cuarto sustrato más importante. Las epífitas, incluyendo las epífilas y especies que crecen sobre troncos en descomposición dependen de la vegetación de los bosques. El futuro impacto de la continua deforestación en Bolivia tendrá mayores consecuencias en la diversidad de las briofitas. La alteración de los ecosistemas, particularmente del bosque montano, además de una disminución de la diversidad, dará lugar a una gran aceleración de la pérdida de agua y suelo.



Caizadilla, Eilana

Musgo sobre roca (*Eulacophyllum cultelliforme*)



Caizadilla, Eilana

Musgo sobre tronco en descomposición (*Octoblepharum albidum*)



Caizadilla, Eilana

Musgo sobre suelo (*Fissidens wallisii*)



Caizadilla, Eilana

Hepática epífita (*Scapania portoricensis*)

VALOR ECONÓMICO

Casi a diario uno puede ver el valor del petróleo, gas natural o del litio. En Bolivia estos recursos no renovables tienen un valor importante para el desarrollo de la economía del país. Pero, ¿cómo asignar un valor a otros recursos naturales que no son de valor comercial directo?

Las briofitas desempeñan un papel importante en el mantenimiento de varias ecoregiones de Bolivia. Este rol está directamente relacionado con la conservación del suelo y agua.

Hasta el momento no existe un medio simple para calcular el valor de cualquiera de estos recursos, suelo o agua. Sin embargo, el tema del agua ha sido una preocupación creciente en Bolivia.

La degradación ambiental y las malas prácticas agrícolas provocan la erosión del suelo y la pérdida de agua. La crisis, el apresurado desarrollo, el derretimiento de los glaciares también sirven para destacar las limitaciones que pronto serán un factor crítico en la economía boliviana.

Puede ser que en el futuro el agua tenga un valor monetario mayor que, el petróleo o el gas natural, escasez que afectaría directamente a las poblaciones.

El mantenimiento y restauración de los ambientes naturales necesitan una mejor gestión para asegurar la fuente continua de agua y detener la erosión de suelos fértiles.

Las briofitas cumplen un papel funcional en el medio ambiente, no solo en bosques bien conservados, sino también en bosques relativamente intervenidos de la puna húmeda y el bosque montano de Yungas.

CONSERVACIÓN

Bolivia es un país excepcionalmente rico en briofitas, contiene el 10 % de las especies conocidas a nivel mundial, debido a la diversidad de ecosistemas que presenta.

Es importante conservar las briofitas no solo para preservar la diversidad de especies, sino también para proteger ambientes locales y ecosistemas. Los recursos naturales renovables y no renovables son los más importantes para elaborar un plan de conservación en el país.

A medida que se pierden los hábitats también desaparecen los grupos de organismos, incluyendo las briofitas. Es indudable que los Yungas, la puna húmeda y el Tucumano-Boliviano son regiones constantemente amenazadas y fragmentadas que necesitan incrementar las medidas de conservación, estos ecosistemas deberían ser de prioridad para la conservación.

Para entender la diversidad de briofitas son necesarios estudios adicionales.

Hasta el momento carecemos de medios suficientes para identificar una gran parte de las especies.

Son necesarios inventarios y evaluaciones en áreas protegidas del país de todas las especies raras y especies endémicas presentes.

Es importante también categorizar y priorizar las especies de acuerdo a estándares internacionales para la conservación de las especies.



Churchill, Steven

Briofitas importantes que previenen deslizamientos en laderas o barrancos (*Frullania* sp. entre otros)

GLOSARIO

Anfigastro: tercera hilera de hojas que se observan en la cara ventral del tallo en las hepáticas foliosas.

Anteridio: estructura sexual masculina que produce los espermatozoides; multicelular globosa a cilíndrica, pedunculada.

Arquegonio: estructura sexual femenina en forma de botella; en la base se encuentra la célula sexual femenina u oosfera.

Cápsula (esporangio): parte terminal del esporofito que produce esporas.

Conceptáculo: estructura en forma de copa que contiene yemas de origen taloso (*Marchantia*).

Cutícula: parte externa de la pared de las células epidérmicas de las plantas terrestres, formada solamente por cutina.

Diploide: individuo o generación con dos series de cromosomas (2n).

Epífila: que crecen en la superficie de las hojas de plantas.

Epífita: que crecen encima de otra planta, sin causarle daño alguno.

Esporofito: generación productora de esporas, formada por pie, seta y cápsula.

Foliosa: con hojas, densamente cubierto por hojas.

Gametangio: estructura que contiene los gametos; o sea arqueogonio y anteridio.

Gameto: célula reproductiva, o sea **espermatozoides**, **oosfera**.

Gametofito: generación de un organismo que produce gametos, su complemento cromosómico es haploide.

Haploide: individuo o generación con una serie de cromosomas (1n).

Hidrófila: que vive en el agua, amante del agua.

Hidroides: células conductoras semejantes a traqueidas en el cordón central de algunas briofitas, especialmente en musgos.

Involucro: envoltura protectora que rodea a un anteridio.

Leptoide: célula conductora; se encuentra en el cordón central de los tallos y las setas de algunos musgos; ej. *Polytrichaceae*.

Lobo: cualquier segmento de hoja dividida (lobada) en las hepáticas foliosas.

Meiosis: proceso de división celular en el que se forman células con la mitad del número de cromosomas de la célula madre; es típico de la formación de células sexuales o

gametos: la meiosis da origen a las células sexuales que, al unirse en la fecundación, dan lugar al cigoto, que vuelve a tener un juego completo de cromosomas.

Meristema: zona de las células indiferenciadas con actividad divisoria, permanente o temporal.

Mitosis: es el proceso de formación de dos células idénticas (generalmente) por replicación y división de los cromosomas de la original que da como resultado una "copia" de la misma.

Oosfera: célula sexual femenina.

Opérculo: tapa que cubre la mayoría de las cápsulas de los musgos.

Protonema: fase gametofítica juvenil filamentosa, laminar o globosa de color verde o producida después de la germinación de una espora.

Receptáculo: disco en forma de verruga que lleva anteridios o arquegonios y se encuentra directamente sobre el talo.

Seta: porción elongada que sostiene la cápsula.

Talo: cuerpo vegetal relativamente simple, no diferenciado en raíz, tallo y hojas.

Taloide: plantas que no presentan raíces, tallo u hojas, o sus análogos. Hepáticas y Anthocerotales.

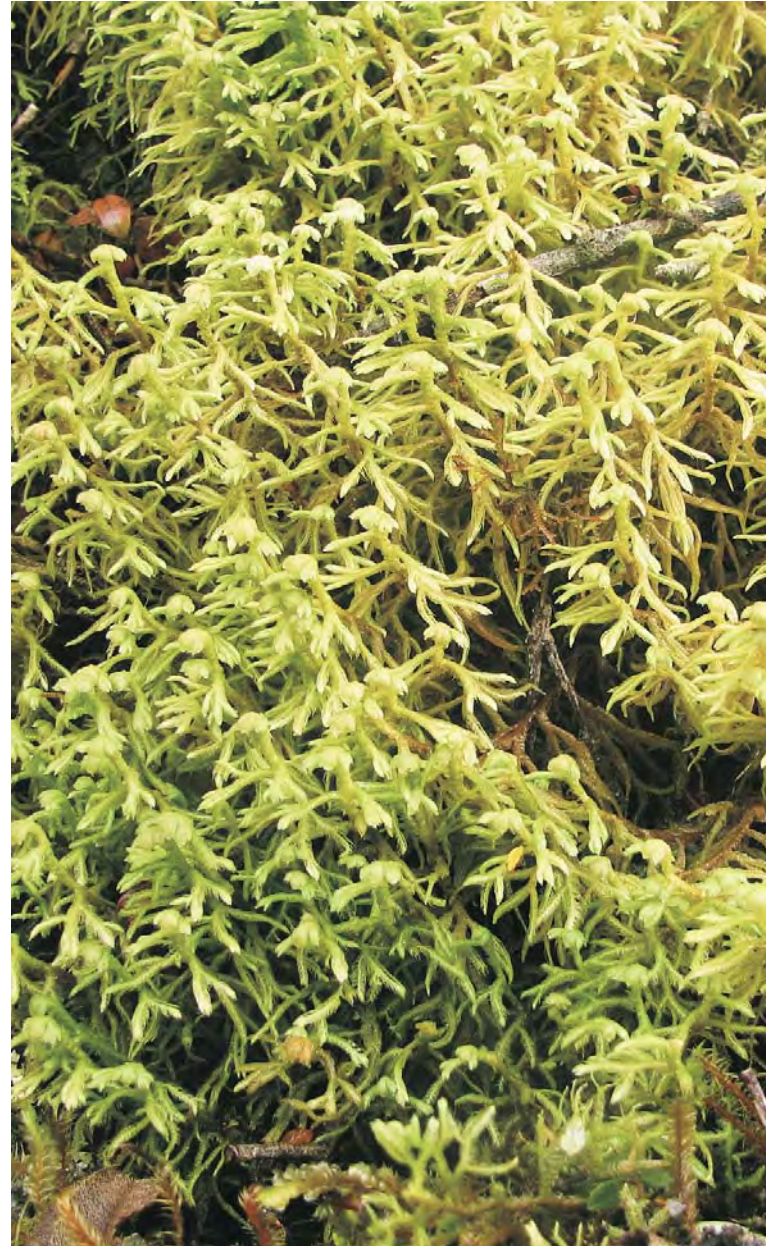
BIBLIOGRAFÍA

- Churchill, S.P. 2009. Moss diversity and endemism of the tropical Andes. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 96: 434-449.
- Churchill, S.P., C. Aldana & E. Calzadilla. acceso 2010. Briofitas de Bolivia. <http://www.tropicos.org/projectwebportal.aspx?projectid=16&pagename=About&langid=66>
- Churchill, S.P. N. Sanjines A. & C. Aldana. 2009. *Catálogo de las Briofitas de Bolivia: La Diversidad, Distribución y Ecología*. Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado y Missouri Botanical Garden. La Rosa Editorial, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.
- During, H.J. 1992. Ecological classification of bryophytes and lichens. Páginas 35-40. En S.H. Hillier, D.W.H. Walton & D.A. Wells (eds.), *Calcareous Grasslands: Ecology and Management*. Bluntisham. Huntingdon, Inglaterra.
- Goffinet, B., W.R. Buck & A.J. Shaw. Acceso 07 Mar 2010. Classification of the Bryophyta. <http://www.eeb.uconn.edu/people/goffinet/Classificationmosses.html>
- Gradstein, S.R., S. Churchill & N. Salazar Allen. 2001. A guide to the bryophytes of tropical America. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 86: 1-577.
- Magill, R.E. (ed.). 1990. *Glossarium polyglottum bryologiae: A multilingual glossary for bryology*. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden 33: 1-297.
- Malcolm, B. & N. Malcolm. 2006. *Mosses and Other Bryophytes: An Illustrated Glossary*. Segunda Edición. Micro-Optics Press. Nelson, Nueva Zelanda.
- Raven, P.H., R.F. Evert & S.E. Eichhorn. 1992. *Biología de las Plantas*. Editorial Reverté. Barcelona, España.
- Raven, P.H., R.F. Evert & S.E. Eichhorn. 2005. *Biology of Plants*. W.H. Freeman & Company, New York, U.S.A.
- Stotler, R.E. & B.J. Crandall-Stotler. Acceso 07 Mar 2010. Bryophytes: Mosses, Liverworts & Hornworts. <http://bryophytes.plant.siu.edu/index.html>
- Vanderpoorten, A. & B. Goffinet (eds.). 2009. *Introduction to Bryophytes*. Cambridge University Press, Inglaterra.



Aldana, Claudia

Dos especies de *Sphagnum* típicos del pantano



Calzadilla, Eliana

Hepática endémica de Bolivia (*Lepicolea ramenifissa*)



Calzedilla, Eliana

***Fissidens* uno de los musgos más pequeños**

CENTRO DE ECOLOGÍA DIFUSIÓN



FUNDACIÓN SIMÓN I. PATIÑO

Independencia, Esq. Suárez de Figueroa - Tef. / Fax: (+ 591- 3) 3 37 57 26 - Casilla 1674 - Santa Cruz - Bolivia
E-mail: edifusion@fundacionpatino.org - www.cedsip.org