



## ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

## Diversidad de musgos en ambientes degradados sujetos a restauración en el Parque Nacional Lago Puelo (Chubut, Argentina)

### Moss diversity in degraded environments under restoring in the Lago Puelo National Park (Chubut, Argentina)

ADRIANA E. ROVERE<sup>1,\*</sup> & GRACIELA M. CALABRESE<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Centro Regional Universitario Bariloche, Universidad Nacional del Comahue, Quintral 1250, San Carlos de Bariloche (8400), Río Negro, Argentina

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Río Negro, Sede Andina, Villegas 147, San Carlos de Bariloche (8400), Argentina

\*Autor correspondiente: adrirovere@gmail.com

#### RESUMEN

La restauración ecológica es una disciplina que intenta recuperar atributos perdidos en un ecosistema (diversidad de especies, estructura y función). El objetivo de este trabajo fue evaluar la diversidad de musgos y sus formas de vida en tres ambientes con diferentes niveles de degradación y los sustratos en los que estos se desarrollan. El área de estudio corresponde a un sector que se está restaurando dentro de la Reserva Nacional Lago Puelo. En ella se encuentran tres ambientes distintos: (1) área remanente de bosque maduro de *Nothofagus dombeyi*, (2) bosque secundario de *Austrocedrus chilensis*, y (3) matorral dominado por especies exóticas. Se recorrió cada uno de los ambientes, registrando los sustratos con musgos, formas de vida y géneros. Los resultados evidencian una reducción de los sustratos disponibles y de las especies presentes conforme avanza el grado de alteración, desde el área de bosque maduro de *N. dombeyi* (9 sustratos: 17 géneros: 7 formas de vida), al sector de bosque secundario de *A. chilensis* (6 sustratos: 8 géneros: 5 formas de vida), siendo menor en el matorral dominado por especies exóticas (1 sustrato: 4 géneros: 3 formas de vida). Los musgos desempeñan funciones importantes en los ecosistemas, son fundamentales en el balance hídrico, pioneros en suelos inestables controlando la erosión y colonizando sitios alterados, sirven como hábitat y alimento para invertebrados, y también constituyen sitios propicios para la germinación de plantas vasculares. Si bien algunas especies leñosas ven afectada su germinación por la presencia de musgos, estos facilitan la germinación de otras especies arbóreas de los bosques templados. Los resultados podrían ser utilizados en restauración, ya sea recreando los sustratos ausentes o realizando traslado de sustratos con musgos, a fin de favorecer la recuperación de áreas boscosas degradadas considerando la biodiversidad original.

**Palabras clave:** biodiversidad, briófitas, conservación, facilitación, manejo.

#### ABSTRACT

Ecological restoration is a discipline that seeks to recover the attributes of an ecosystem which have been lost (species diversity, structure and function). The objective of this work was to evaluate the diversity and different life forms of mosses in three environments with varying levels of degradation, as well as the different substrates they grow on. Our study area lies within Lago Puelo National Reserve, in a sector undergoing restoration. Three different environments are found in this sector: (1) a remnant of mature *Nothofagus dombeyi* forest, (2) secondary *Austrocedrus chilensis* forest and (3) scrubland dominated by exotic species. Each of these environments was analyzed, and substrates with mosses, life forms and genera were registered. Our results showed a decrease in available substrates and species present as the level of disturbance increased, from the area of mature *N. dombeyi* forest (9 substrates; 17 genera; 7 life forms), followed by the *A. chilensis* secondary forest (6 substrates: 8 genera: 5 life forms), to the scrubland dominated by exotic species (1 substrate; 4 genera; 3 life forms). Mosses carry out important functions in ecosystems, as they are essential to the water balance, they are pioneers in unstable soils, where they control erosion and colonize disturbed sites, they provide habitat and food for invertebrates, and also constitute suitable sites for the germination of vascular plants. Although the germination of some woody species is negatively affected by the presence of mosses, the germination of other temperate forest tree species is favored. These results can be useful in restoration, whether for the recreation of absent substrates or the transfer of substrates with mosses, in order to promote the recovery of degraded forest areas to their original levels of biodiversity.

**Key words:** biodiversity, bryophytes, conservation, facilitation, management.

## INTRODUCCIÓN

A escala mundial existe un interés creciente por la recuperación del daño provocado en los ecosistemas. Por ello es cada vez más frecuente referirse a la restauración ecológica como una disciplina que intenta revertir los efectos de la degradación de los sistemas naturales (Swart et al. 2001). Entre las principales amenazas a la biodiversidad se encuentran la degradación de hábitats, la sobreexplotación de las especies, la introducción de especies exóticas y el cambio climático (Groom 2006). Según Primack & Rodrigues (2001) la biodiversidad se considera en tres niveles: la diversidad genética, diversidad de especies y diversidad de ecosistemas.

En restauración ecológica se utiliza comúnmente el concepto de biodiversidad para definir sus objetivos y evaluar el éxito de su implementación (Mayer 2006). Para ello, se plantean algunos objetivos mensurables como por ejemplo los niveles históricos de biodiversidad, el mantenimiento y/o el aumento de la misma (Young 2000). Handel et al. (1994) mencionan la importancia de evaluar la biodiversidad en áreas naturales no degradadas adyacentes a áreas degradadas, dado que constituyen reservorios biológicos que ayudan a la recuperación natural, actuando como fuentes de semillas, polinizadores, dispersores e incluso reservorios de microorganismos tales como micorrizas.

Los bosques templados australes del sur de Argentina y Chile, caracterizados por su alto endemismo (Armesto et al. 1998), se hallan fuertemente afectados por distintas actividades antrópicas (Donoso & Lara 1997). Las áreas degradadas de estos bosques pueden ser recuperadas aplicando técnicas de restauración ecológica. Esta consiste en coadyuvar a la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido (SER 2004). Su objetivo es reconvertir las áreas degradadas en sitios con características de composición de especie, estructura y función lo más parecidas a las condiciones presentes antes de que ocurriera el disturbio (Bradshaw 1987).

En la mayoría de los trabajos de restauración se consideran las plantas vasculares, siendo pocos los trabajos que abordan la microbiodiversidad –hongos, líquenes, hepáticas, musgos, microorganismos–

como un atributo de los ecosistemas a recuperar (Barrett et al. 2009, Wrigley de Basanta et al. 2010). Las briófitas son un grupo de plantas usualmente poco consideradas en los trabajos de restauración ecológica. Ello puede deberse a varias razones, entre ellas el pequeño tamaño de los ejemplares, la dificultad para su identificación, el escaso conocimiento de este grupo y su bajo valor económico. Sin embargo, desempeñan funciones importantes en los ecosistemas, siendo fundamentales en el balance hídrico, reteniendo humedad proveniente de la lluvia que puede quedar disponible para plantas superiores y animales (Larraín 2005, Lencinas et al. 2008). Los roles de los musgos en el ecosistema no son aparentes, pero sí importantes. Son pioneros en suelos inestables, controlando la erosión y colonizando sitios alterados por el fuego o áreas recientemente expuestas por el retroceso de glaciares; sirven como material de construcción de nidos y madrigueras, como hábitat y alimento para muchos invertebrados, así como también como cama de semilla de otras plantas (Gerson 1982, Calabrese 1995, Calvelo et al. 2006, Cifuentes-Ampuero 2006, Gariboti & Calabrese 2008<sup>1</sup>, Rozzi et al. 2008) y actúan como bioacumuladores (Brown 1982, Glime & Keen 1984). También se ha documentado que las briófitas en un área postfuego del bosque templado estabilizan los suelos y reducen la tasa de pérdida de nutrientes y su presencia disminuye el contenido de sedimentos en el agua de escurrimiento (Morales et al. 2010).

En los bosques templados del sur de Argentina el período de mayor estrés hídrico ocurre en la época estival (De Fina 1972) y la función de los musgos como reservorio de agua en este período es particularmente importante. A su vez, la mayoría de las especies arbóreas de los bosques templados (*Austrocedrus chilensis*, *Nothofagus pumilio* y *Nothofagus dombeyi*) poseen reproducción sexual obligada, y las condiciones del microhábitat para la germinación de las semillas y el establecimiento

<sup>1</sup> GARIBOTI I & GM CALABRESE (2008) Comunidades vegetales en superficies recientemente expuestas por el retroceso de glaciares en los Andes patagónicos: Estudios de sucesión primaria y liquenometría. IV Congreso Latinoamericano de Micología (CLAM): 59, noviembre 2008, Mar del Plata, Argentina.

de los juveniles son esenciales (Donoso 1994). Por ello, los musgos constituyen un sustrato muy importante para la supervivencia de las plántulas de dichas especies (Gobbi & Schlichter 1998, Rovere et al. 2005). Otros trabajos documentan que la limitación física y/o biológica que pueden producir los musgos para la germinación de especies arbóreas, varía según las especies consideradas (Díaz & Armesto 2007). Si bien estos autores encuentran baja o nula colonización arbórea en matorrales esfagnosos de Chiloé aparecidos luego de la quema de bosques, la germinación en estos sitios se ve facilitada para *Embothrium coccineum*, pero no para *Nothofagus nitida* y *Drymis winteri*.

En este trabajo se analiza la diversidad de musgos en un sector de bosque nativo con diferente grado de alteración y sus relaciones con el sustrato y la estructura de la vegetación en el área de la Reserva Nacional Lago Puelo. La hipótesis de trabajo plantea que conforme avanza la degradación del bosque, disminuye el número de sustratos disponibles para musgos y, en consecuencia, su diversidad.

## MÉTODOS

### Área de estudio y perturbaciones

El trabajo se realizó en el oeste de la provincia de Chubut (Argentina) dentro de la Reserva Nacional Lago Puelo zona norte, donde se está trabajando en un proyecto de restauración ecológica. El área abarca una superficie de 11 hectáreas, ubicada aproximadamente a los 42°05' latitud Sur, 71°37' longitud Oeste, y a una altitud de 150-200 msnm. El clima es templado, con una temperatura media invernal de 6.0 °C y estival de 16.5 °C, una precipitación media anual de 1450 mm con predominio en otoño-invierno (datos obtenidos de la Estación Meteorológica El Huemul, Intendencia del Parque Nacional Lago Puelo).

En estudios previos (Rovere et al. 2008<sup>2</sup>) se analizaron las perturbaciones naturales y antrópicas ocurridas en el área. La zona ha sido afectada por la extracción de madera, pastoreo y cultivo de forraje. Más tarde, con un cambio en el uso de la tierra, se suprimió el pastoreo, sucediéndose incendios que provocaron el reemplazo del bosque abierto por matorrales de especies exóticas.

### Estructura de la vegetación

Rovere et al. (2008)<sup>2</sup> identificaron tres ambientes en el sector sujeto a restauración: (i) área remanente de bosque de *Nothofagus dombeyi* (Nothofagaceae) (aproximadamente 0.3 hectáreas), (ii) bosque secundario de *Austrocedrus chilensis* (Cupressaceae) (2 hectáreas), (iii) matorral dominado por especies exóticas (8.7 hectáreas). El primero es un bosque maduro compuesto por ejemplares grandes de especies nativas (*Nothofagus dombeyi*, *Austrocedrus chilensis*, *Aristotelia chilensis* (Elaeocarpaceae), *Myrceugenia exsucca* (Myrtaceae) y *Maytenus boaria* (Celastraceae), entre otras). Este ambiente se encuentra próximo a un antiguo cauce fluvial y está parcialmente invadido por algunos ejemplares de especies exóticas, principalmente *Salix fragilis* (Salicaceae), lo que indicaría un cierto grado de alteración en el sitio. A pesar de ello, este ambiente tiene un buen estado de conservación, en relación a los otros dos sitios estudiados. El bosque secundario de *Austrocedrus chilensis* se ha establecido a partir de árboles remanentes, se presenta fragmentado y penetra en el área de matorral. Está compuesto principalmente por ejemplares jóvenes de especies nativas *Austrocedrus chilensis*, *Maytenus boaria*, *Lomatia hirsuta* (Proteaceae), *Luma apiculata* (Myrtaceae) y *Aristotelia chilensis*, con algunos ejemplares de especies exóticas como *Pseudotsuga menziesii* (Pinaceae). El área de matorral está dominada por especies exóticas entre las que se destacan *Rosa rubiginosa* (Rosaceae), *Rubus ulmifolius* (Rosaceae) y *Cytisus scoparius* (Fabaceae), con ejemplares jóvenes y aislados de nativas como *Austrocedrus chilensis* y *Maytenus boaria* entre las especies arbóreas y algunos ejemplares dispersos de nativas arbustivas como *Fabiana imbricata* (Solanaceae), *Baccharis linearis* (Asteraceae) y *Diostea juncea* (Verbenaceae).

### Trabajo de campo y laboratorio

En otoño de 2010 se coleccionaron musgos en las tres áreas mencionadas. En cada sector se realizó un muestreo intensivo cubriendo los distintos hábitats y sustratos (suelo, roca, pequeños taludes, corteza de árboles vivos y muertos, renovales de especies leñosas (< 1 m de altura) troncos caídos, raíces). Se recolectaron materiales hasta una altura de dos metros. No se accedió al área del dosel, excepto a partir de los troncos y pequeñas ramas recientemente caídas. Se registraron datos en el campo acerca de la forma de vida y microhábitats. Los ejemplares se estudiaron en el laboratorio empleando las técnicas tradicionales de micromorfología y microanatomía, y se identificaron mediante el empleo de material bibliográfico y especímenes de referencia. Los especímenes se hallan depositados en el herbario personal de la segunda autora (GMC) con duplicados en el herbario BCRU.

Se analizó el predominio de las formas de vida en los distintos ambientes y la relación con los sustratos disponibles en cada una de las áreas sometidas a distinto grado de alteración.

## RESULTADO

En este trabajo se registraron para el área de estudio un total de 20 especies. Se evidencia una reducción en el número de especies de musgos

2 ROVERE AE, G NAMIOT & M OCAMPO (2008) Caracterización de un área de referencia de *Nothofagus dombeyi* para la restauración en un área aledaña, Parque Nacional Lago Puelo. Segunda Reunión de *Nothofagus* en la Patagonia: *Eco-nothofagus*: 177-181, Abril 2008, Esquel, Argentina.

en bosque secundario (8 especies) y matorral (4 especies) con respecto al bosque maduro (17 especies), ver Tabla 1. En dicha tabla se indican las familias y autorías de las especies.

En cuanto a los sustratos son más diversos en el bosque maduro (Tabla 2), lo que se ve reflejado en un mayor número de especies y de formas de vida en este ambiente. En las raíces y troncos caídos aparecen especies típicas de cortezas de árboles viejos, como por ejemplo *Rigodium brachypodium* y *Porothamnium* sp. En corteza predominan tapices tales como *Hypnum skottsbergii* y *Catagonium nitens*, con algunos pequeños cojines de *Orthotrichum* spp., y ejemplares aislados de *Tortula* sp. y *Sanionia uncinata*. Se observan también formas péndulas como *Neckera* aff. *chilensis*, forma de vida ausente en los otros dos ambientes. Sobre suelo, y algunos extendiéndose en ocasiones hacia troncos caídos y raíces, predominan céspedes tales como *Bartramia stricta*, *Breutelia plicata*, *Pyrrhobryum mnioides*, *Polytrichum juniperinum* y *Dicranoloma robustum* en las partes más húmedas y sombrías, mientras que en áreas más expuestas sobre pequeños taludes aparecen tapices de *Acrocladium auriculatum*. Es importante destacar que en la única especie arbórea exótica que se encontró, *Salix fragilis*, se hallaron seis especies de musgos.

En el bosque secundario (Tabla 3), ambiente más degradado y de menor complejidad estructural, se observa una reducción importante de sustratos y, de las ocho especies citadas, seis se hallan en el suelo y dos exclusivamente en corteza (*Hypnum skottsbergii* y *Orthotrichum* sp.). En el suelo, en los sectores más protegidos y húmedos aparecen *Bartramia stricta* y *Polytrichum juniperinum*.

En el área de matorral (Tabla 4) él único sustrato sobre el cual se observó desarrollo de musgos es el suelo. Todas las especies se hallaban en suelo bajo pastizal y debajo de arbustos de *Rosa rubiginosa*, mientras que debajo de *Rubus ulmifolius* y *Cytisus scoparius* no se registró ninguna especie. Tampoco se hallaron musgos en las ramas o cortezas de estos arbustos. Las formas de vida predominantes en dicha área son los céspedes altos (*Polytrichum juniperinum* y *Tortula* sp.) con algunas almohadillas o cojines de *Bryum argenteum* y céspedes bajos de *Pilopogon*

*schilleri*. En el área de bosque maduro se registraron siete formas de vida (Tabla 2), en el área de bosque secundario cinco formas de vida estando ausentes las formas péndulas y dendroides (Tabla 3) y en el sector de matorral se hallaron solo tres formas de vida (césped alto, césped bajo y cojín) (Tabla 4).

Con respecto a las familias de las especies presentes en cada uno de los ambientes (Tabla 1) se hallaron tres familias exclusivas en el bosque maduro (Neckeraceae, Rhizogoniaceae y Rigodiaceae); musgos pertenecientes a la familia Brachytheciaceae se registraron únicamente en el bosque secundario, mientras que especímenes de la familia Bryaceae se hallaron exclusivamente en el área de matorral. Solo el género *Polytrichum*, perteneciente a la familia Polytrichaceae se registró en los tres ambientes. Musgos de las familias Dicranaceae y Pottiaceae se hallaron presentes en los extremos del gradiente de alteración (bosque maduro y área de matorral). Especímenes de cinco familias se hallaron tanto en el área de bosque maduro como de bosque secundario (Amblystegiaceae, Bartramiaceae, Catagoniaceae, Hypnaceae y Orthotrichaceae).

#### DISCUSIÓN

De las 20 especies de musgos registradas en este trabajo para el área de estudio, nueve son nuevas citas para el Parque Nacional Lago Puelo y para la provincia de Chubut. Ellos son: *Breutelia plicata*, *Bryum argenteum*, *Catagonium nitens* var. *myurum*, *Catagonium nitens* subsp. *nitens*, *Hypnum skottsbergii*, *Neckera* aff. *chilensis*, *Pilopogon schilleri*, *Porothamnium* sp. y *Sanionia uncinata*. Matteri (2003) menciona la existencia de 60 especies para la provincia de Chubut sin incluir las anteriormente mencionadas. Otras nuevas citas para el Parque Nacional Lago Puelo (*Polytrichum juniperinum*, *Cratoneuropsis chilensis* y el género *Orthotrichum*) habían sido reportadas para la provincia de Chubut en otra localidad. El sistema de información de biodiversidad de la Administración de Parques Nacionales (SIB 2010) menciona 14 especies para el Parque Nacional Lago Puelo. Considerando los resultados de este trabajo, el número de especies registradas hasta el momento para ese Parque Nacional asciende a

26. Aunque un porcentaje elevado de especies no estaban previamente registradas para el Parque Nacional Lago Puelo (46 %), estas son frecuentes en la región andino-patagónica (Calabrese & Matteri 1999) y, posiblemente, no han sido citadas con anterioridad debido a una baja intensidad de muestreo. Con respecto a la diversidad de criptógamas, Armesto et al. (1997) destacan que la riqueza de especies y el grado de endemismos son escasamente conocidos para este grupo de plantas en el bosque templado. Galloway (1997) sostiene que el bosque templado es uno de los grandes centros de biodiversidad de briófitas y líquenes, y que

existe una diversidad aún no determinada de especies.

Si bien las briófitas son componentes esenciales del sotobosque de los bosques templados, son escasos los trabajos que analizan su potencial como indicadores de hábitat (Lencinas et al. 2008). Galloway (1997) destaca la riqueza y funciones ecológicas de los musgos en el mantenimiento integral de los procesos ecosistémicos del bosque y su biodiversidad. Los líquenes y las briófitas son organismos pioneros en hábitats terrestres, tolerando altos niveles de desecación y bajas

TABLA 1

Especies (familia) en ambientes con diferente nivel de alteración (bosque maduro, bosque secundario y matorral).

Species (family) in environments with different alteration level (mature forest, secondary forest and shrubland).

Especie (Familia)	Bosque maduro	Bosque secundario	Matorral
<i>Acrocladium auriculatum</i> (Mont.) Mitt. (Amblystegiaceae)	X		
<i>Bartramia stricta</i> Brid. (Bartramiaceae)	X	X	
<i>Brachythecium paradoxum</i> (Hook. F. & Wilson) A. Jaeger (Brachytheciaceae)	X	X	
<i>Breutelia plicata</i> Mitt. (Bartramiaceae)	X		
<i>Bryum argenteum</i> Hedw. (Bryaceae)			X
<i>Catagonium nitens</i> var. <i>myurum</i> (Cardot & Thér.) S.H. Lin (Catagoniaceae)	X	X	
<i>Catagonium nitens</i> (Brid.) Cardot subsp. <i>nitens</i> (Catagoniaceae)		X	
<i>Dicranoloma robustum</i> (Hook. f. & Wilson) Paris (Dicranaceae)	X		
<i>Hypnum skottsbergii</i> Ando (Hypnaceae)	X	X	
<i>Neckera</i> aff. <i>chilensis</i> Schimp. ex Mont. (Neckeraceae)	X		
<i>Orthotrichum</i> sp. (Orthotrichaceae)	X	X	
<i>Pilopogon schilleri</i> Herzog & Thér. (Dicranaceae)	X		X
<i>Polytrichum juniperinum</i> Hedw. (Polytrichaceae)	X	X	X
<i>Porothamnium</i> sp. (Neckeraceae)	X		
<i>Cratoneuropsis chilensis</i> (Lorentz) Ochyra (Amblystegiaceae)	X	X	
<i>Pyrrhobryum mnioides</i> (Hook.) Manuel (Rhizogoniaceae)	X		
<i>Rigodium brachypodium</i> (Müll. Hal.) Paris (Rigodiaceae)	X		
<i>Sanionia uncinata</i> (Hedw.) Loeske (Amblystegiaceae)	X		
<i>Tortula</i> sp. (Pottiaceae)	X		X

TABLA 2

Especies, formas de vida y sustratos en el bosque maduro de *Nothofagus dombeyi*.Species, life-forms and substrates in the mature forest of *Nothofagus dombeyi*.

Especie	Forma de vida	Sustrato
<i>Acrocladium auriculatum</i>	tapiz	suelo, corteza de <i>S. fragilis</i> , troncos caídos, raíces
<i>Bartramia stricta</i>	césped bajo	suelo, troncos caídos, raíces
<i>Brachythecium paradoxum</i>	mata	suelo
<i>Breutelia plicata</i>	césped alto	suelo
<i>Catagonium nitens</i> var. <i>myurum</i>	tapiz	suelo, corteza <i>S. fragilis</i> , corteza de renovales de <i>N. dombeyi</i> , troncos caídos, raíces
<i>Dicranoloma robustum</i>	césped alto	suelo
<i>Hypnum skottsbergii</i>	tapiz	corteza de <i>Aristotelia chilensis</i> , <i>N. dombeyi</i> , <i>Austrocedrus chilensis</i> (vivos y muertos), corteza de <i>L. apiculata</i> , <i>M. boaria</i> , <i>S. fragilis</i> , renovales de <i>N. dombeyi</i> , troncos caídos, raíces
<i>Neckera</i> aff. <i>chilensis</i>	péndula	corteza de <i>Aristotelia chilensis</i> y <i>M. boaria</i>
<i>Orthotrichum</i> sp.	cojín	corteza de <i>Aristotelia chilensis</i> , <i>N. dombeyi</i> y <i>S. fragilis</i>
<i>Pilopogon schilleri</i>	césped bajo	suelo, troncos caídos, raíces
<i>Polytrichum juniperinum</i>	césped alto	suelo
<i>Porothamnium</i> sp.	dendroide	troncos caídos, raíces
<i>Cratoneuroopsis chilensis</i>	césped bajo	suelo, troncos caídos, raíces
<i>Pyrrhobryum mnioides</i>	césped alto	suelo, troncos caídos, raíces
<i>Rigodium brachypodium</i>	dendroide	corteza de <i>N. dombeyi</i> , troncos caídos, raíces
<i>Sanionia uncinata</i>	tapiz	corteza de <i>N. dombeyi</i> y <i>S. fragilis</i> , troncos caídos, raíces
<i>Tortula</i> sp.	césped bajo	corteza de <i>Aristotelia chilensis</i> , <i>N. dombeyi</i> , <i>Austrocedrus chilensis</i> (vivos) y <i>S. fragilis</i>

TABLA 3

Especies, formas de vida y sustratos en el bosque secundario de *Austrocedrus chilensis*.Species, life-forms and substrates in the secondary forest of *Austrocedrus chilensis*.

Especie	Forma de vida	Sustratos
<i>Bartramia stricta</i>	césped bajo	suelo
<i>Brachythecium paradoxum</i>	tapiz	suelo
<i>Catagonium nitens</i> var. <i>myurum</i>	tapiz	suelo, corteza de <i>Austrocedrus chilensis</i> (vivos y muertos)
<i>Catagonium nitens</i> subsp. <i>nitens</i>	mata	suelo, corteza de <i>Austrocedrus chilensis</i> (muertos)
<i>Hypnum skottsbergii</i>	tapiz	corteza de <i>L. hirsuta</i>
<i>Polytrichum juniperinum</i>	césped alto	suelo
<i>Cratoneuroopsis chilensis</i>	césped bajo	suelo, corteza de <i>M. boaria</i>
<i>Orthotrichum</i> sp.	cojín	corteza de <i>Prunus avium</i>

temperaturas (Longton 1982, Del Castillo & Blanco-Macías 2007, Rozzi et al. 2008). Los musgos brindan superficie para el establecimiento y desarrollo de otras especies de plantas (Galloway 1997). Esta función ecológica de los musgos se ha observado tanto en ambientes semiáridos (Maestre 2003) como en ambientes húmedos (Schofield 2000, Díaz & Armesto 2007).

La colonización de plántulas de árboles y arbustos en sitios perturbados depende de varios procesos: la existencia de bancos de semillas, dispersión y depredación de semillas, emergencia y depredación de plántulas, y competencia entre plántulas (Harper 1977, Donoso 1994). Con relación a la supervivencia de plántulas de especies leñosas, se ha documentado para *Austrocedrus chilensis* que se halla asociada a condiciones específicas en la estación de mayor estrés hídrico (verano) que incluyen la presencia de musgos (Rovere et al. 2005). Según Gobbi & Schlichter (1998) en bosques manejados de *Austrocedrus chilensis*, aperturas leves del dosel y el aumento de la cobertura del sotobosque resultan apropiadas para la regeneración de esta especie, pero reducen la cobertura de musgos afectando la supervivencia de plántulas. En el presente trabajo se han podido observar plántulas de *Nothofagus dombeyi* y de *Austrocedrus chilensis* creciendo sobre sustratos de musgos, siendo coincidentes con los resultados de los trabajos mencionados anteriormente.

Como se aprecia en las Tablas 2, 3 y 4, la diversidad de musgos, sus formas de vida y la disponibilidad de sustratos, se reduce conforme avanza el grado de alteración del bosque, que pierde complejidad estructural y disminuye la heterogeneidad de los microhábitats. Estos resultados coinciden con los obtenidos por

Ruiz-Agudelo & Aguirre-Ceballos (2004) para Colombia. Según Sastre de Jesús (2004) en América Latina la mayoría de los trabajos sobre briófitas son florísticos, siendo escasos los estudios ecológicos. Menciona que es necesario establecer una base de conocimiento de la diversidad briofítica y características autoecológicas a fin de poder incluir las briófitas en planes de manejo y restauración. En el mismo sentido, Bainbridge (2007) sostiene que es importante incluir la vegetación vascular y la presencia de helechos, musgos y líquenes en el análisis de las comunidades de plantas para los trabajos de restauración, debido a que aportan información sobre las características y biodiversidad del sitio. También Caruso & Rudolphi (2009) consideran que es importante estudiar varios grupos de organismos en trabajos que evalúen las prácticas de conservación. Vellak et al. (2009) demuestran que las briófitas necesitan un cuidado especial en las decisiones de conservación de la naturaleza para alcanzar un objetivo de conservación razonable. Falk et al. (2006) afirman que la restauración debe incluir grupos funcionales claves a menudo no considerados, tales como la microflora y microfauna del suelo, o la costra criptobiótica.

En el área de matorral no se observaron musgos sobre los arbustos (tanto nativos como exóticos). Sin embargo, para otras áreas más áridas de Patagonia se han registrado musgos sobre pequeñas ramas de distintas especies de *Berberis* (Calabrese 2003). Es de destacar que *Bryum argenteum* es una especie cosmopolita que se desarrolla en sitios alterados por el hombre, como por ejemplo bordes de rutas y ciudades (Smith 1990). Allen (2002) menciona que si bien está asociado a sitios antropizados, en América Central también habita en

TABLA 4  
Especies, forma de vida y sustratos en el matorral.  
Species, life-forms and substrates in the shrubland.

Especie	Forma de vida	Sustrato
<i>Bryum argenteum</i>	cojín	suelo
<i>Pilopogon schilleri</i>	césped bajo	suelo
<i>Polytrichum juniperinum</i>	césped alto	suelo
<i>Tortula</i> sp.	césped alto	suelo

sitios prístinos a gran altitud. Esta especie cosmopolita que resiste la contaminación, presente en las grandes ciudades de todo el mundo, en el área de estudio se desarrolla exclusivamente en el área del matorral. Estos resultados coinciden con lo señalado por Wirth et al. (2004) quienes mencionan para Europa que esta especie es frecuente en lugares abiertos iluminados o incluso soleados y ricos en nutrientes; su presencia indica la existencia de nitratos en el suelo.

Gimingham & Birse (1957) han demostrado que las variaciones microambientales afectan directamente a la comunidad de musgos, modificando tanto su estructura como su composición florística. En este trabajo, hemos observado que la mayor diversidad de plantas vasculares redundaba en una mayor variedad de ambientes para el desarrollo de los musgos y por ende en su diversidad florística y de formas de vida. Estos resultados concuerdan con los observados por Matteri & Schiavone (1988).

En los ecosistemas recuperados por medio de trabajos de restauración o rehabilitación es importante que estén representados todos los grupos funcionales necesarios para el desarrollo y/o la estabilidad del ecosistema. Un ecosistema restaurado debe contener un ensamble de especies que sea representativo del ecosistema de referencia. En la restauración se deben usar mayoritariamente especies nativas y todos los grupos funcionales deben estar presentes, y si están ausentes deben tener la capacidad de colonizar espontáneamente el área (SER 2004). Si bien se menciona en la literatura que las esporas de hongos, musgos y helechos pueden viajar grandes distancias y colonizar hábitats adecuados (Clewell & Aronson 2007), una introducción intencional de esporas o propágulos de musgos en forma conjunta con otras acciones (e.g., enriquecimiento de la vegetación nativa vascular), permitiría acortar los tiempos de colonización natural en ambientes degradados permitiendo que dichos organismos desempeñen sus importantes funciones ecológicas en el menor tiempo posible.

Este trabajo demuestra que las perturbaciones en los bosques ocasionan una importante pérdida de diversidad de musgos. La degradación afecta las condiciones ambientales y reduce el número de sustratos potenciales para estos organismos alterando la

estructura del ecosistema. Consecuentemente, la pérdida de especies de musgos en el suelo genera una disminución de sustratos adecuados para el establecimiento de plantas vasculares. La información aquí generada puede servir de base para determinar las especies pioneras que pueden colonizar áreas sometidas a degradación. Estos resultados podrían ser utilizados en restauración de bosques templados degradados, ya sea recreando los sustratos ausentes o realizando traslado de sustratos con musgos, a fin de favorecer la recuperación de áreas boscosas considerando la biodiversidad original.

AGRADECIMIENTOS: Universidad Nacional del Comahue, Proyecto de Investigación Plurianual-CONICET 11420100100258, Universidad Nacional de Río Negro, Administración de Parques Nacionales, Parque Nacional Lago Puelo. La primera autora es investigadora de la carrera del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina (CONICET).

#### LITERATURA CITADA

- ALLEN B, D HALL, J MUÑOZ, RA PURSELL & WR BUCK (2002) Moss flora of Central America. Part 2. Encalyptaceae-Orthotrichaceae. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden. Volumen 90. Missouri, USA.
- ARMESTO JJ, R ROZZI & P LEÓN-LOBOS (1997) Ecología de los bosques chilenos: Síntesis y proyecciones. En: Armesto JJ, C Villagrán & MK Arroyo (eds) Ecología de los bosques nativos de Chile: 405-414. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.
- ARMESTO JJ, R ROZZI, C SMITH-RAMÍREZ & MK ARROYO (1998) Conservation targets in South American temperate forests. *Science* 282: 1271-1272.
- BAINBRIDGE D (2007) A guide for desert and dryland Restoration. New hope for arid lands. Island press, Washington, USA.
- BARRETT G, JM TRAPPE, A DREW, J STOL & D FREUDENBERGER (2009) Fungus diversity in revegetated paddocks compared with remnant woodland in a south-eastern Australian agricultural landscape. *Ecological Management & Restoration* 10: 200-209.
- BRADSHAW AD (1987) Reclamation of derelict land and the ecology of ecosystems. En: Jordan III WR, ME Gilpin & JD Aber (eds) Restoration ecology. A synthetic approach to ecological research: 53-74. University Press, Cambridge, UK.
- BROWN DH (1982) Mineral nutrition. En: Smith AJE (ed) Bryophyte ecology: 383-444. University Press, Cambridge, UK.
- CALABRESE GM (1995) Flora muscinal de Puerto Blest y alrededores (Parque Nacional Nahuel Huapi, Argentina). Tesis de Licenciatura. Centro Regional Universitario Bariloche, Universidad Nacional del Comahue, San Carlos de Bariloche, Argentina.
- CALABRESE GM & CM MATTERI (1999) Los musgos (Bryophyta) de Puerto Blest y alrededores (Parque Nacional Nahuel Huapi, Argentina) I

- lista comentada de las especies. *Revista Museo Argentino Ciencias Naturales* 1: 23-48.
- CALABRESE GM (2003) Revisión del género *Zygodon* Hook. & Taylor (Orthotrichaceae) en el extremo sur de Sudamérica. Tesis doctoral. Facultad de Biología, Universidad de Salamanca, Salamanca.
- CALVELO S, TREJO A & V OJEDA (2006) Botanical composition and structure of hummingbird nests in different habitats from northwestern Patagonia (Argentina). *Journal of Natural History* 40: 589-603.
- CARUSO A & J RUDOLPHI (2009) Influence of substrate age and quality on species diversity of lichens and bryophytes on stumps. *The Bryologist* 112: 520-531.
- CIFUENTES-AMPUERO SK (2006) Caracterización de los nidos de aves en ambientes urbanos y periurbanos de Bariloche y no alterados de sus alrededores. Tesis de Licenciatura. Centro Regional Universitario Bariloche, Universidad Nacional del Comahue, San Carlos de Bariloche, Argentina.
- CLEWELL A & J ARONSON (2007) Ecological restoration: Principles, values, and structure of an emerging profession. Island Press, Washington, DC.
- DE FINA A (1972) El clima de la región de los bosques andino-patagónicos argentinos. En: Dimitri MJ (ed) La región de los bosques andino-patagónicos. Sinopsis general: 35-58. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina.
- DEL CASTILLO RF & A BLANCO-MACÍAS (2007) Secondary succession under a slash-and-burn regime in a tropical montane cloud forest: Soil and vegetation characteristics. En: Newton A (ed) Biodiversity loss and conservation in fragmented forest landscapes. Evidence from the forests of montane Mexico and temperate South America: 158-180. Bournemouth University, Bournemouth, UK.
- DÍAZ MF & JJ ARMESTO (2007) Limitantes físicos y bióticos de la regeneración arbórea en matorrales sucesionales de la Isla Grande de Chiloé, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 80: 13-26.
- DONOSO C (1994) Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, estructura y dinámica. Ecología forestal. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.
- DONOSO C & A LARA (1997) Utilización de los bosques nativos en Chile: Pasado, presente y futuro. En: Armesto JJ, C Villagrán & MK Arroyo (eds) Ecología de los bosques nativos de Chile: 363-387. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.
- FALK DA, MA PALMER & JB ZEDLER (2006) Integrating restoration ecology and ecological theory: A synthesis. En: Falk DA, MA Palmer & JB Zedler (eds) Foundations of restorations of restoration ecology: 341-345. Island Press, Washington, USA.
- GALLOWAY D (1997) Los líquenes del bosque templado de Chile. En: Armesto JJ, C Villagrán & MK Arroyo (eds) Ecología de los bosques nativos de Chile: 101-112. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.
- GERSON U (1982) Bryophyte and invertebrates. En: Smith A (ed) Bryophyte ecology: 291-332. Chapman & Hall, London, UK.
- GIMINGHAM CH & EM BIRSE (1957) Ecological studies on growth-form in bryophytes. I correlations between growth-form and habitat. *Journal Ecology* 45: 533-545.
- GLIME JM & RE KEEN (1984) The importance of bryophytes in a man-centered world. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory* 55: 133-146.
- GOBBI ME & T SCHLICHTER (1998) Survival of *Austrocedrus chilensis* seedlings in relation to microsite conditions and forest thinning. *Forest Ecology and Management* 111: 137-146.
- GROOM MJ (2006) Threats to biodiversity. En: Groom MJ, GK Meffe & CR Carroll (eds) Principles of conservation biology: 63-109. Sinauer associates inc. Sunderland, Massachusetts, USA.
- HANDEL SN, GR ROBINSON & AJ BEATTIE (1994) Biodiversity resources for restoration ecology. *Restoration Ecology* 2: 230-241.
- HARPER JL (ed) (1977) Population biology of plants. Academic Press, London, UK.
- LARRAÍN J (2005) Musgos de la cordillera de la costa de Valdivia, Osorno y Llanquihue: Consideraciones ecológicas y lista de especies. En: Smith-Ramírez C, JJ Armesto & C Valdovinos (eds) Historia, biodiversidad y ecología de los bosques costeros de Chile: 159-177. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.
- LENCINAS MV, G MARTÍNEZ-PASTUR, R SOLAN, E GALLO & JM CELLINI (2008). Forest management with variable retention impact over bryophyte communities of *Nothofagus pumilio* understory. *Forstarchiv* 79: 77-82.
- LONGTON RE (1982) Bryophyte vegetation in polar regions. En: Smith A (ed) Bryophyte ecology: 123-165. Chapman & Hall, London, UK.
- MAESTRE FT (2003) Variaciones en el patrón espacial a pequeña escala de los componentes de la costra biológica en un ecosistema mediterráneo semiárido. *Revista Chilena de Historia Natural* 76: 35-46.
- MATTERI CM (2003) Los musgos (Bryophyta) de Argentina. *Tropical Bryology* 24: 33-100.
- MATTERI CM & MM SCHIAVONE (1988) Comunidades muscinales del suelo de los bosques de *Nothofagus* fueguinos. Monografías de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales 4: 25-36.
- MAYER P (2006) Biodiversity-The appreciation of different thought styles and values helps to clarify the term. *Restoration Ecology* 14: 105-111.
- MORALES D, CM ROSTAGNO & L LA MANNA (2010) Impacto del fuego sobre el comportamiento hidrológico del suelo en un bosque de ciprés. *Patagonia Forestal* 2: 23-24.
- PRIMACK RB & E RODRIGUES (2001) Biologia da conservação. Editorial Londrina, Brasil.
- ROVERE AE, M GOBBI & A RELVA (2005) Regeneración de *Austrocedrus chilensis*. En: Arturi MF, JL Frangi & JF Goya (eds) Ecología y manejo de bosques de la Argentina: 1-15. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina.
- ROZZI R, JJ ARMESTO, B GOFFINET, W BUCK, F MASSARDO et al. (2008) Changing lenses to assess biodiversity: Patterns of species richness in sub-Antarctic plants and implications for global conservation. *Frontiers in Ecology and the Environment* 6: 131-137.
- RUIZ-AGUDELO CG & J AGUIRRE-CEBALLOS (2004) Las comunidades de briófitos y su relación con la vegetación fanerogámica (tipos de paisaje) en Tarapacá (Amazonas-Colombia). *Caldasia* 26: 65-78.
- SASTRE DE JESÚS I (2004) Ecología de briófitos en América Latina: De presuposiciones florísticas a la práctica ecológica. En: Rangel JO, J Aguirre, MG

- Andrade & D Giraldo-Cañas (eds) Memorias del VIII Congreso Latinoamericano y II Colombiano de Botánica: 125-133. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- SER (2004) Society for Ecological Restoration International. Principios de SER International sobre la restauración ecológica: 13 pp. (en línea) URL: <http://www.ser.org/content/spanishprimer.asp> (accedido Marzo 1, 2010).
- SCHOFIELD W (2000) Classification and number of bryophytes species. En: Hallingbäck T & N Hodgetts (eds) Mosses, liverworts, and hornwort: Status survey and conservation action plan for bryophytes. IUCN, Gland, Switzerland.
- SIB (2010) Sistema de información de la Biodiversidad. Administración de Parques Nacionales. URL: <http://www.sib.gov.ar/> (accedido Agosto 1, 2010).
- SMITH AJE (1990) The moss flora of Britain and Ireland. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- SWART JA, HJ VAN DER WINDT & J KEULARTS (2001) Valuation of nature in conservation and restoration. *Restoration Ecology* 9: 230-238.
- VELLAK K, N INGERPUU, A VELLAK & M PÄRTEL (2009) Vascular plant and bryophytes species representation in the protected areas network on the national scale. *Biodiversity and Conservation* 19: 1353-1364.
- WIRTH V, R DÜLL, X LLIMONA, RM ROS & O WERNER (2004) Guía de campo de los líquenes, musgos y hepáticas. Ediciones Omega. Barcelona, España.
- WRIGLEY DE BASANTA D, C LADO, A ESTRADA-TORRES & SL STEPHENSON (2010) Biodiversity of myxomycetes in subantarctic forests of Patagonia and Tierra del Fuego, Argentina. *Nova Hedwigia* 90: 45-79.
- YOUNG TP (2000) Restoration ecology and conservation ecology. *Biological Conservation* 92: 73-83.

*Editor Asociado: Javier Figueroa*

*Recibido el 18 de enero de 2011; aceptado el 24 de noviembre de 2011*