

Flora vascular y musgos en la zona altoandina de la Isla Navarino (55°S), Reserva de la Biosfera Cabo de Hornos, Chile

Vascular plants and mosses flora in the high Andean area of Navarino Island (55°S), Cape Horn Biosphere Reserve, Chile

MANUELA MÉNDEZ¹, RICARDO ROZZI² & LOHENGRIN CAVIERES¹

¹Departamento de Botánica, Universidad de Concepción, Barrio Universitario s/n, Casilla 160-C, Concepción, Chile.

²Department of Philosophy and Religion Studies University of North Texas, P.O. Box 310920 Denton TX 76203-0920, EE.UU. manuelamendez@udec.cl

RESUMEN

Se realizó un estudio donde se identificaron las especies de plantas vasculares y musgos presentes en el Cerro Bandera, Puerto Williams (55°S) Chile y se observaron los patrones de distribución entre una ladera de exposición ecuatorial y una ladera de exposición polar, y entre microhábitats dentro de cada ladera. Se registró un total de 52 especies, de las cuales 34 corresponden a musgos y 18 a plantas vasculares. Se encontraron diferencias en las preferencias de laderas y de microhábitats entre las distintas especies. Además se evidenció que las preferencias de microhábitats de los musgos fueron muy distintas a las de las plantas vasculares en ambas laderas.

PALABRAS CLAVE: Altoandino, asociaciones positivas, musgos, sub-Antártico.

ABSTRACT

This study was done in Cerro Bandera, Puerto Williams (55°S) Chile. Vascular plants and mosses of the study area were identified. The distribution patterns of the vascular plants and mosses among a northern and southern slope and among microhabitats were assessed. A total of 52 species were identified, of which 34 were mosses and 18 were vascular plants. Also the microhabitats preferences were very different between mosses and vascular plants.

KEYWORDS: High-Andes, positive associations, mosses, sub-Antarctic.

INTRODUCCIÓN

Los ambientes de alta montaña se encuentran sobre el límite arbóreo y se caracterizan por sus bajas temperaturas del aire y del suelo, una breve estación de crecimiento, altos niveles de radiación solar y fuertes vientos (Körner 2003, 2004). El sustrato es inestable como resultado de avalanchas, congelamiento y posterior fractura del suelo, y aluviones asociados al derretimiento de la nieve (Körner 2003). Además, la exposición de las laderas determina una heterogeneidad topográfica que puede generar grandes contrastes en la composición y cobertura de la vegetación, asociados a marcadas diferencias microclimáticas entre las laderas de exposición ecuatorial y polar sujetas a distintos regímenes de radiación solar y sombras permanentes (Rozzi *et al.* 1989, Körner 2003). El viento es otro factor ambiental que varía con el relieve y que influye directamente en las

condiciones microclimáticas que experimentan las plantas de montaña, puesto que afectan la pérdida de calor por convección de la superficie de las hojas y la distribución de las precipitaciones (Körner 2003). Por lo tanto, en los ambientes de alta montaña se puede encontrar una gran variedad de microhábitats en un espacio físico relativamente pequeño y estos microhábitats pese a estar cercanos pueden tener una composición y abundancia de especies muy contrastantes entre ellos, ya que las temperaturas, la estabilidad del sustrato y la disponibilidad de humedad y nutrientes puede ser muy distinta.

Una de las formas de vida más características de los ambientes de alta montaña corresponde a las plantas en cojín (Körner 2003). Las plantas en cojín pueden generar microhábitats con condiciones y disponibilidad de recursos distintas a las del suelo adyacente (Arroyo *et al.* 2003, Cavieres *et al.* 2002, Körner 2003). Estudios realizados

en sitios alto-andinos en el sur de Chile y Argentina han registrado que una alta proporción de especies crecen con mayor frecuencia dentro que fuera de los cojines, sugiriendo que estas plantas en cojín actuarían como especies facilitadoras (Arroyo *et al.* 2003, Brancaloni *et al.* 2003, Cavieres *et al.* 2002, Núñez *et al.* 1999). Una especie facilitadora es una especie que aumenta el crecimiento, la supervivencia o la reproducción de un vecino (Callaway 2007).

Entre las especies de plantas que crecen asociadas a plantas en cojín o de forma libre en ambientes de alta montaña, subpolares y polares, las briófitas constituyen un componente florístico muy importante, que llega a ser dominante en latitudes altas (Gignac 1992, Glime 2007, Molau & Alatalo 1998, Rozzi *et al.* 2008, Schipperges & Gehrke 1996, Schoefield 1985). En el sudoeste de Sudamérica, en la ecorregión subantártica de Magallanes se ha registrado que el número de especies de briófitas supera al de plantas vasculares (Rozzi *et al.* 2008). Esta mayor riqueza de especies de plantas no-vasculares en la ecoregión subantártica de Magallanes, contrasta con la mayor riqueza de especies vasculares en las demás regiones de Chile y a nivel mundial, donde la proporción es de 10 especies vasculares por cada especie de briófitas (Rozzi *et al.* 2008).

A pesar de la relevancia de la flora no-vascular, casi la totalidad de los estudios florísticos realizados en zonas altoandinas de Chile y Argentina (Arroyo *et al.* 1992, Cavieres *et al.* 2000, Méndez *et al.* 2006, Teillier *et al.* 1994), no incluyen a las briófitas. Esta omisión sería aún más problemática en estudios florísticos en la ecorregión subantártica de Magallanes. Con el fin de contribuir a resolver esta falencia, el objetivo de este estudio considera analizar el papel que juegan las plantas en cojín y la exposición de las laderas en la riqueza y composición tanto de plantas vasculares como los musgos en la zona altoandina en la Reserva de la Biósfera Cabo de Hornos.

MATERIALES Y MÉTODOS

SITIO DE ESTUDIO

Este estudio se llevó a cabo en el Cerro Bandera, vecino a la ciudad de Puerto Williams, en el cordón montañoso de la zona norte de la Isla Navarino (55°S), ubicada en la Reserva de la Biósfera de Cabo de Hornos (Rozzi *et al.* 2006a,b), que alberga los bosques más australes del planeta y se ubica en el extremo austral de la ecorregión subantártica de Magallanes (Rozzi *et al.* 2012). El sitio de estudio se sitúa en la zona altoandina por sobre el límite arbóreo formado por bosques achaparrados de *Nothofagus antarctica* (G. Forst.) Oerst. y *N. pumilio* (Poepp. & Endl.) Krasser, y comprendió una ladera de exposición ecuatorial (54° 58' 40,7" S, 67° 38' 37,1" W) y otra de exposición polar (54° 58' 37,1" S, 67°

37' 50,5" W), a altitudes de 758 y 750 m, respectivamente. Parte importante de las precipitaciones cae en forma de nieve, incluso en verano. El terreno permanece cubierto de nieve desde mediados del otoño hasta bien avanzada la primavera (Pisano 1980). Los datos de temperatura de aire obtenidos el año 2009 en la estación meteorológica que el Parque Etnobotánico Omora mantiene en el cerro Bandera, en una ladera de exposición norte a 728 msnm (54° 58' 15,8" S, 67° 38' 01" W), registraron una temperatura media anual de $0,02 \pm 4,41^\circ\text{C}$, con una máxima promedio anual de $11,7 \pm 5,21^\circ\text{C}$ y una mínima promedio anual de $-6,18 \pm 2,86^\circ\text{C}$ (Leopoldo García Sancho, no publicado). El estudio florístico en terreno se realizó entre el 18 de febrero y el 17 de marzo de 2011.

TOMA DE DATOS

La especie facilitadora en este estudio es la planta en cojín *Bolax gummifera* (Lam.) Spreng. que pertenece a la familia Apiaceae. En cada ladera se seleccionaron al azar 50 cojines. En cada cojín se registraron las especies de plantas vasculares que crecen dentro de ellos y se recolectaron los musgos encontrados dentro de los cojines para su posterior identificación en la Universidad de Concepción utilizando la clave para las especies de musgos de la Isla Navarino (Buck 2002). El mismo procedimiento se llevó a cabo en un sitio de igual área fuera del cojín seleccionado aleatoriamente. El material recolectado fue depositado en el Herbario de la Universidad de Concepción (CONC).

ANÁLISIS DE PREFERENCIA DE LADERAS Y MICROHÁBITATS

Se realizaron pruebas de randomización para determinar (1) si alguna especie es más frecuente en la ladera de exposición polar o ecuatorial, y (2) cuáles especies mostraron asociaciones positivas con *B. gummifera* en alguna o en ambas laderas. Para cada especie a partir de su frecuencia observada en cada ladera se generaron mil frecuencias aleatorias de ocurrencia en una de las dos laderas y de esta manera se observó la probabilidad de que las diferencias en la frecuencia observada de una especie en una determinada ladera sea significativa o simplemente producto del azar. Luego, para cada ladera, y para cada especie, a partir de las frecuencias totales observadas se generaron 1.000 frecuencias aleatorias de ocurrencia dentro de los cojines. Posteriormente, se calculó la probabilidad de que la frecuencia de ocurrencia observada para cada especie dentro del cojín haya sido generada al azar. Para ambos análisis se usó el software Resampling Stats (Simon *et al.* 1990-1995).

RESULTADOS

RIQUEZA DE ESPECIES

Se registró un total de 52 especies, de las cuales 34 corresponden a musgos y 18 a plantas vasculares. En la

ladera ecuatorial se registraron un total de 13 especies de plantas vasculares, mientras que en la ladera de exposición polar se registraron 14 especies. Para los musgos, se registraron 28 especies en la ladera de exposición ecuatorial y 26 en la ladera de exposición polar. Por lo tanto, en ambas laderas el número de especies de musgos casi duplica el número de especies de plantas vasculares (Tabla I).

PATRONES DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES ENTRE LADERAS

Las pruebas de randomización indican que 20 especies se encontraron más frecuentemente en una ladera que en la otra (Tabla II). 16 especies tenían una mayor frecuencia en la ladera de exposición polar y cuatro eran más frecuentes en la ladera de exposición ecuatorial. Con respecto a las plantas vasculares, *Azorella selago* Hook.f., *Cerastium arvense* L., *Festuca magellanica* Lam., *Gamochaeta nivalis* Cabrera, *Leucheria purpurea* (Vahl) Hook. & Arn., *Luzula alopecurus* Desv., *Nassauvia pygmaea* (Cass.) Hook.f. *Onuris alismatifolia* Gilg ex Skottsb. y *Oxalis* L. sp. estuvieron más frecuentemente que lo esperado por azar en la ladera de exposición polar. Con respecto a los musgos, *Chorisodontium aciphyllum* (Hook.f. & Wilson) Broth., *Platyneuron praealtum* (Mitt.) Ochyra & Bednarek-Ochyra, *Racomitrium sudeticum* (Funck) Bruch & Schimp. y *Syntrichia saxicola* (Cardot) R.H. Zander fueron significativamente más frecuentes en la ladera de exposición ecuatorial, mientras que *Bartramia patens* Brid., *Conostomum pentastichum* (Brid.) Lindb., *Dicranoloma billardierei* (Brid.) Paris, *Distichium capillaceum* (Hedw.) Bruch & Schimp., *Pohlia cruda* (Hedw.) S.O. Lindberg, *Polytrichastrum alpinum* (Hedw.) G.L. Sm. y *Racomitrium geronticum* Müll.Hal. fueron significativamente más frecuentes en la ladera de exposición polar.

ANÁLISIS DE PREFERENCIA DE MICROHÁBITATS

Con respecto a las plantas vasculares de la ladera de exposición ecuatorial, se encontraron 12 especies de un total de 13 creciendo dentro del cojín (92,3%) y cinco especies creciendo fuera de los cojines (38,5%). Se registraron cuatro

especies de plantas vasculares creciendo dentro y fuera de los cojines (30,8%). Sólo una especie de planta vascular crece exclusivamente fuera de cojines, y ocho crecen sólo dentro de cojines (Tabla III). Con respecto a los musgos de la ladera de exposición ecuatorial se encontraron 17 especies creciendo dentro de los cojines de un total de 28 (60,7%) y 21 especies creciendo fuera de los cojines (75%). Hubo 10 especies creciendo tanto dentro como fuera de los cojines (35,7%).

En la ladera de exposición polar en cambio se encontraron 13 especies de plantas vasculares creciendo dentro del cojín (92,9%) y 10 de plantas vasculares creciendo fuera de los cojines (71,4%). Se registraron nueve especies de plantas vasculares creciendo dentro y fuera de los cojines (64,3%). Con respecto a los musgos de la ladera sur se encontraron 19 especies creciendo dentro de los cojines (73,1%) y 18 creciendo fuera de los cojines (69,2%). Se encontraron 11 especies creciendo tanto dentro como fuera de los cojines.

En la ladera de exposición ecuatorial, siete especies establecieron asociaciones positivas con los cojines y sólo una especie estableció asociaciones negativas con estos (Tabla II). La especie que estableció asociaciones negativas con los cojines fue el musgo *Andreaea regularis* Müll. Hal. Esto se observó tanto en la ladera ecuatorial como en la ladera polar. De las siete asociaciones positivas establecidas tres de ellas correspondían a especies de plantas vasculares y cuatro a musgos. Las tres plantas vasculares fueron las especies: *Abrotanella emarginata* (Gaudich.) Cass., *Azorella lycopodioides* Gaudich. y *Azorella selago*. Estas especies únicamente se encontraron creciendo dentro de cojines y establecieron asociaciones positivas con los cojines en ambas laderas. Los cuatro musgos que establecieron asociaciones positivas fueron: *Platyneuron praealtum*, *Polytrichastrum alpinum*, *Polytrichum strictum* Menzies ex Brid. y *Syntrichia saxicola*; *Platyneuron praealtum* y *Polytrichastrum alpinum* establecieron asociaciones positivas con los cojines en ambas laderas. *Polytrichum strictum* y *Syntrichia saxicola* establecieron asociaciones positivas sólo en la ladera ecuatorial.

TABLA I. Riqueza de especies de plantas vasculares y musgos en laderas de exposición ecuatorial y polar en el Cerro Bandera, Isla Navarino.

TABLE I. Vascular plants and mosses richness on an equatorial and polar slope in Cerro Bandera, Navarino Island.

	Nº ESPECIES PLANTAS VASCULARES	Nº ESPECIES MUSGOS	TOTAL
Exposición ecuatorial	13	28	41
Exposición polar	14	26	40
Total	18	34	52

TABLA II. Frecuencia de ocurrencia de especies en la ladera de exposición ecuatorial y en la ladera de exposición polar y frecuencia con que se encontraron las especies dentro y fuera de los cojines en la ladera ecuatorial y en la ladera polar. Los valores de p corresponden a los resultados de las pruebas de randomización. Los asteriscos indican valores de $p < 0,05$.

TABLE II. Frequency of occurrence of species in an equatorial and polar slope and frequencies of the species within and outside an equatorial and polar slope. The values of the probabilities are the results of the randomization tests. The sign highlights the values of $p < 0,05$.

ESPECIE	FLE	FLP	p	FCE	FE	p	FCP	FFP	p
<i>Abrotanella emarginata</i>	42	42	0,545	42	0	0 *	42	0	0 *
<i>Azorella lycopodioides</i>	11	18	0,134	11	0	0 *	18	0	0 *
<i>Azorella selago</i>	17	42	0*	17	0	0 *	42	0	0 *
<i>Cerastium arvense</i>	1	50	0*	1	0	0,499	27	23	0,375
<i>Drapetes muscosus</i>	2	0	0,245	2	0	0,248	0	0	-
<i>Empetrum rubrum</i>	6	8	0,414	4	2	0,332	6	2	0,131
<i>Festuca magellanica</i>	19	68	0*	12	7	0,157	48	20	0 *
<i>Gamochaeta nivalis</i>	1	27	0*	1	0	0,507	9	18	0,058
<i>Gaultheria pumila</i>	3	0	0,118	3	0	0,117	0	0	-
<i>Leucheria purpurea</i>	0	10	0,001*	0	0	-	4	6	0,367
<i>Luzula alopecurus</i>	5	71	0*	4	1	0,182	50	21	0,001 *
<i>Nassauvia latissima</i>	0	1	0,498	0	0	-	0	1	0,515
<i>Nassauvia pygmaea</i>	0	8	0,006*	0	0	-	3	5	0,362
<i>Nicoraepoa robusta</i>	2	0	0,239	1	1	0,742	0	0	-
<i>Onuris alismatifolia</i>	0	28	0*	0	0	-	28	0	0 *
<i>Oxalis</i> sp.	0	6	0,011*	0	0	-	4	2	0,328
<i>Polystichum andinum</i>	1	0	0,476	1	0	0,478	0	0	-
<i>Senecio laseguei</i>	2	3	0,493	0	2	0,24	2	1	0,491
<i>Andreaea regularis</i>	20	26	0,233	0	20	0*	0	26	0 *
<i>Arctoa fulvella</i>	1	1	0,743	0	1	0,504	0	1	0,487
<i>Bartramia patens</i>	10	25	0,008*	5	5	0,624	17	8	0,056
<i>Brachythecium cf. subpilosum</i>	3	0	0,117	3	0	0,125	0	0	-
<i>Brachythecium paradoxum</i>	0	1	0,494	0	0	-	0	1	0,484
<i>Brachythecium</i> sp.	0	2	0,259	0	0	-	1	1	0,755
<i>Bryum</i> sp.	1	2	0,471	1	0	0,4932	2	0	-
<i>Campylopus introflexus</i>	2	5	0,243	1	1	0,76	5	0	0,023 *
<i>Chorisodontium aciphyllum</i> *	6	0	0,011*	5	1	0,127	0	0	-
<i>Conostomum magellanicum</i>	1	4	0,177	0	1	0,481	2	2	0,674
<i>Conostomum pentastichum</i>	12	24	0,042*	9	3	0,061	21	3	0 *
<i>Dicranoloma billardierei</i>	7	26	0,001*	6	1	0,059	18	8	0,028 *
<i>Dicranoweisia crispula</i>	4	11	0,071	0	4	0,07	3	8	0,12

ESPECIE	FLE	FLP	p	FCE	FE	p	FCP	FFP	p
<i>Distichum capillaceum</i>	2	8	0,044*	2	0	0,258	7	1	0,034 *
<i>Ditrichum brotherusii</i>	13	10	0,345	6	7	0,532	8	2	0,045 *
<i>Ditrichum cylindricarpum</i>	3	2	0,484	2	1	0,473	2	0	0,256
<i>Ditrichum hyalinum</i>	1	0	0,486	0	1	0,506	0	0	-
<i>Grimmia humilis</i>	1	1	0,752	0	1	0,504	0	1	0,493
<i>Grimmia pulvinata</i>	2	0	0,265	0	2	0,226	0	0	-
<i>Henediella densifolia</i>	0	1	0,506	0	0	-	0	1	0,502
<i>Isopterygiopsis pulchella</i>	1	3	0,293	1	0	0,484	2	1	0,539
<i>Platyneuron praealtum</i>	22	5	0*	18	4	0,007 *	5	0	0,031 *
<i>Pohlia cruda</i>	0	6	0,012*	0	0	-	6	0	0,012 *
<i>Pohlia nutans</i>	1	0	0,497	1	0	0,509	0	0	-
<i>Polytrichadelphus magellanicus</i>	0	1	0,488	0	0	-	1	0	0,477
<i>Polytrichastrum alpinum</i>	14	46	0*	11	3	0,029 *	40	6	0 *
<i>Polytrichum piliferum</i>	2	1	0,493	0	2	0,247	1	0	0,474
<i>Polytrichum strictum</i>	6	1	0,061	6	0	0,017 *	0	1	0,504
<i>Racomitrium geronticum</i>	0	20	0*	0	0	-	7	13	0,129
<i>Racomitrium heterostichoides</i>	1	0	0,474	0	1	0,509	0	0	-
<i>Racomitrium pachydictyon</i>	1	0	0,477	0	1	0,494	0	0	-
<i>Racomitrium sudeticum</i>	5	0	0,035*	2	3	0,478	0	0	-
<i>Schistidium cf. cupulare</i>	3	8	0,101	0	3	0,133	0	8	0,003 *
<i>Syntrichia saxicola</i>	15	2	0,001*	15	0	0 *	2	0	0,239

FLE: Frecuencia ladera ecuatorial. FLP: Frecuencia ladera polar. FCE: Frecuencia cojín ecuatorial. FFE: Frecuencia fuera ecuatorial. FCP: Frecuencia cojín polar. FFP: Frecuencia fuera polar. / FLE: Frecuencia ecuatorial slope. FLP: Frequency polar slope. FCE: Frequency ecuatorial cushion. FFE: Frequency ecuatorial outside. FCP: Frequency polar cushion. FFP: Frequency polar outside.

TABLA III. Número de especies de plantas vasculares y musgos que crecen sólo dentro o sólo fuera de cojines o en ambos en laderas de exposición ecuatorial y polar en el Cerro Bandera, isla Navarino.

TABLE III. Number of species of vascular plants and mosses that grows only within or outside of the cushions, or in both, on the equatorial slope and polar slope of Cerro Bandera, Navarino Island.

	EXPOSICIÓN ECUATORIAL		EXPOSICIÓN POLAR	
	ESPECIES DE PLANTAS VASCULARES	ESPECIES DE MUSGOS	ESPECIES DE PLANTAS VASCULARES	ESPECIES DE MUSGOS
Sólo dentro de cojín	8	7	4	8
Sólo fuera de cojín	1	11	1	7
Facultativo: dentro y fuera de cojín	4	10	9	11
Total	13	28	14	26

En la ladera polar 14 especies establecieron asociaciones positivas con los cojines. Seis de ellas son plantas vasculares y ocho corresponden a musgos (Tabla II). De las seis especies de plantas vasculares que forman asociaciones positivas con los cojines, cuatro se encontraron viviendo exclusivamente dentro de los cojines: *Abrotanella emarginata*, *Azorella lycopodioides*, *Azorella selago* y *Onuris alismatifolia*. Las otras dos especies que establecieron asociaciones positivas con los cojines únicamente en la ladera polar fueron: *Festuca magellanica* y *Luzula alopecurus*. Las ocho especies de musgos que establecieron asociaciones positivas fueron: *Campylopus introflexus* (Hedw.) Brid., *Conostomum pentastichum*, *Dicranoloma billardierei*, *Distichum capillaceum*, *Ditrichum brotherusii* (R. Br. bis) Seppelt, *Pohlia cruda*, las que establecieron asociaciones positivas únicamente en la ladera polar, y *Platyneuron praealtum* y *Polytrichastrum alpinum* que establecieron asociaciones positivas en ambas laderas. Los musgos que presentaron asociaciones negativas con los cojines fueron: *Andreaea regularis* (en ambas laderas) y *Schistidium cf. cupulare* (Müll. Hal.) Ochyra (sólo en la ladera polar).

DISCUSIÓN

En resumen, se encontró que entre las 52 especies que se registraron en el sitio de estudio en la zona altoandina en Isla Navarino, 34 (65,4%) de ellas correspondieron a musgos y sólo 18 (34,6%) a plantas vasculares. Por lo tanto, tal como ocurre a escala regional donde la razón de musgos / plantas vasculares es 1.06 (Rozzi *et al.* 2008), el número de especies de musgos excede a la cantidad de plantas vasculares en el piso altoandino de la Isla Navarino. Más aún, nuestro estudio demuestra que en esta zona de ambiente riguroso la razón de musgos / plantas vasculares es todavía mayor alcanzando un valor de 1,89.

Se encontraron diferencias entre la ladera de exposición ecuatorial y polar. Dieciséis especies fueron más frecuentes en la ladera de exposición polar y cuatro en la ladera de exposición ecuatorial. Adicionalmente, 12 de las 52 especies totales se encontraron únicamente en la ladera de exposición ecuatorial, de las cuales cuatro son plantas vasculares y ocho musgos. En la ladera de exposición polar se encontraron 11 especies exclusivamente en esta ladera, de las cuales cinco correspondían a plantas vasculares y seis a musgos.

El resultado más notable de este trabajo es que los musgos presentaron un patrón diferente a las plantas vasculares respecto de la frecuencia de las asociaciones positivas, puesto que en contraste con los resultados obtenidos para plantas vasculares, no se encontró diferencias significativas en la riqueza de musgos dentro y fuera de los cojines. Aún más, se observó una tendencia a registrar un mayor número de especies de musgos fuera de

los cojines. Probablemente, los musgos al tener un menor tamaño encuentran una gran variedad de microhábitats con condiciones adecuadas, tales como pequeñas fisuras en las rocas, que son demasiado pequeñas para poder albergar a una planta vascular. Estas diferencias en sus patrones de asociaciones espaciales se puede explicar debido a que las briófitas difieren de la mayoría de las plantas vasculares en su tolerancia ecológica, lo cual les permite colonizar una diversidad de sustratos y hábitats en los cuales la mayoría de las plantas vasculares no pueden establecerse (Schoefield 1985). Un posible factor que puede explicar el patrón de una alta riqueza de especies a gran altura en montañas subpolares es la estrategia de especies pioneras que tienen muchas briófitas (Bruun *et al.* 2006). Las briófitas tienen la capacidad de establecerse en ambientes extremos donde son pocas las plantas vasculares que pueden sobrevivir; por lo tanto se benefician al reducirse el número de posibles competidores hábiles (Glime 2007).

Este es el primer estudio que incluye a musgos en las evaluaciones sobre asociaciones positivas a plantas en cojines, por lo tanto, no hay estudios semejantes con los cuales comparar los resultados obtenidos. Sin embargo, el hecho que en la Antártica no crezcan plantas vasculares en cojín, pero que crezcan al menos 111 especies y dos variedades de musgos (Ochyra *et al.* 2008, Rozzi *et al.* 2008, Cannone *et al.* 2012) demuestra la alta capacidad de los musgos para tolerar ambientes extremos. Esto podría explicar su mayor independencia respecto a una asociación del tipo de facilitación con plantas en cojín, asociación que en cambio prevalece entre las plantas vasculares que crecen en estos ambientes extremos.

En conclusión, al incluir a los musgos en este estudio, se aumenta el pool de especies que se pueden beneficiar de la facilitación. Sin embargo, el comportamiento respecto a la asociación de facilitación de las especies de musgos es diferente al registrado para plantas vasculares. En las zonas altoandinas del extremo austral en la ecorregión subantártica de Magallanes los musgos representan el grupo florístico más diverso, y despliegan patrones y procesos diferentes a los exhibidos por plantas vasculares para colonizar y establecerse en zonas de alta severidad ambiental.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Kimberly Mighell, Roberto Rodríguez, Alicia Marticorena, Juan Larráin, Leopoldo Sancho, José Manuel Blanquer y al Parque Etnobotánico Omora, Universidad de Magallanes e Instituto de Ecología y Biodiversidad (ICM, P05-002 y CONICYT PFB-23) y Programa de Conservación Biocultural Subantártica, University of North Texas (www.chile.unt.edu).

BIBLIOGRAFÍA

- ARROYO, M.T.K., C.P. VON BOHLEN, L. CAVIERES & C. MARTICORENA. 1992. Survey of the alpine flora of Torres del Paine National Park, Chile. *Gayana Botanica* 49(1-4): 47-70.
- ARROYO, M.T.K., L.A. CAVIERES, A. PEÑALOZA & M.A. ARROYO-KALIN. 2003. Positive Associations between the cushion plant *Azorella monantha* (Apiaceae) and alpine plant species in the Chilean Patagonian Andes. *Plant Ecology* 169: 121-129.
- BRANCALEONI, L., J. STRELIN & R. GERDOL. 2003. Relationships between geomorphology and vegetation patterns in subantarctic Andean tundra of Tierra del Fuego. *Polar Biology* 26: 404-410.
- BRUUN, H.H., J. MOEN, R. VIRTANEN, J. GRYNES, L. OKSANEN & A. ANGERBJÖRN. 2006. Effects of altitude and topography on species richness of vascular plants, bryophytes and lichens in alpine communities. *Journal of Vegetation Science* 17: 37-46.
- BUCK, W.R. 2002. Preliminary Key to the Mosses of Isla Navarino, Chile (Prov. Antártica Chilena). Published by the author: Bronx, NY. 147 pp.
- CALLAWAY, R.M. 2007. Positive Interactions and Interdependence in Plant Communities. Springer, Berlin. 415 pp.
- CANNONE, N., P. CONVEY & M. GUGLIELMIN. 2012. Diversity trends of bryophytes in Continental Antarctica. *Polar Biology* DOI 10.1007/s 00300-012-1257-5.
- CAVIERES, L.A., A. PEÑALOZA & M.T.K. ARROYO. 2000. Altitudinal vegetation belts in the high-Andes of central Chile (33°S). *Revista Chilena de Historia Natural* 73: 331-344.
- CAVIERES, L., M.T.K. ARROYO, A. PEÑALOZA, M. MOLINA-MONTENEGRO & C. TORRES. 2002. Nurse effect of *Bolax gummifera* cushion plants in the alpine vegetation of the Chilean Patagonian Andes. *Journal of Vegetation Science* 13: 547-554.
- GIGNAC, L.D. 1992. Habitat niches of mire bryophytes along climatic and ecological gradients in western Canada. *The Bryologist* 95: 406-418.
- GLIME, J.M. 2007. Bryophyte Ecology. Volume 1. Physiological Ecology. Ebook sponsored by Michigan Technological University and the International Association of Bryologists. <http://www.bryoecol.mtu.edu/>
- KÖRNER, C. 2003. *Alpine Plant Life*, Second Edition. Springer, Berlin. 344 pp.
- KÖRNER, C. 2004. Mountain Biodiversity, Its Causes and Function. *Ambio* 13: 11-17.
- MÉNDEZ, E., E.M. CARRETERO & I. PERALTA. 2006. La vegetación del Parque Provincial Aconcagua (Alto Andes Centrales de Mendoza, Argentina). *Boletín Sociedad Argentina de Botánica*. 41(1-2): 41-69.
- MOLAU, U. & J.M. ALATALO. 1998. Responses of Subarctic-Alpine Plant Communities to Simulated Environmental Change: Biodiversity of Bryophytes, Lichens, and Vascular Plants. *Ambio* 27: 322-329.
- NÚÑEZ, C.I., M.A. AIZEN & C. EZCURRA. 1999. Species Associations and Nurse Plant Effects in Patches of High-Andean Vegetation. *Journal of Vegetation Science* 10: 357-364.
- OCHYRA, R., R.I. LEWIS SMITH & H. BEDNAREK-OCHYRA. 2008. *The Illustrated Moss Flora of Antarctica*. Cambridge: Cambridge University press. 704 pp.
- PISANO, E. 1980. Distribución y características de la vegetación del Archipiélago del Cabo de Hornos. *Anales del Instituto de la Patagonia* 11: 191-222.
- ROZZI, R., J.D. MOLINA & P. MIRANDA. 1989. Microclima y períodos de floración en laderas de exposición ecuatorial y polar en los Andes de Chile central. *Revista Chilena de Historia Natural*, 62: 75-84.
- ROZZI, R., F. MASSARDO, A. BERGHÖER, C.B. ANDERSON, A. MANSILLA, M. MANSILLA, J. PLANA, U. BERGHÖFER, P. ARAYA & E. BARROS. 2006a. Reserva de Biosfera Cabo de Hornos. Documento base para la incorporación del territorio insular del Cabo de Hornos a la Red Mundial de Reservas de Biosfera. Programa MaB – UNESCO. 274 pp.
- ROZZI, R., F. MASSARDO, C. ANDERSON, K. HEIDINGER & J. SILANDER. 2006b. Ten Principles for Biocultural Conservation at the Southern Tip of the Americas: The Approach of the Omora Ethnobotanical Park. *Ecology & Society* 11(1): 43. www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art43/
- ROZZI, R., J.J. ARMESTO, B. GOFFINET, W. BUCK, F. MASSARDO, J. SILANDER, M.T.K. ARROYO, S. RUSSELL, C.B. ANDERSON, L.A. CAVIERES & J.B. CALLICOTT. 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.
- ROZZI, R., J.J. ARMESTO, J. GUTIÉRREZ, F. MASSARDO, G. LIKENS, C.B. ANDERSON, A. POOLE, K. MOSES, G. HARGROVE, A. MANSILLA, J.H. KENNEDY, M. WILLSON, K. JAX, C. JONES, J.B. CALLICOTT & M.T.K. ARROYO. 2012. Integrating ecology and environmental ethics: Earth stewardship in the southern end of the Americas. *BioScience* 62(3): 226-236.
- SIMON, J., D. WEIDENFELD, P. BRUCE & C. PUIG. 1990-1995. m Resampling Stats. Resampling Stats, Inc., Arlington, VA.
- SCHIPPERGES, B. & C. GEHRKE. 1996. Photosynthetic Characteristics of Subarctic Mosses and Lichens. *Ecological Bulletins* 45: 121-126.
- SCHOEFIELD, W.B. 1985. *Introduction to Bryology*, The Blackburn Press, New Jersey. 431 pp.
- TEILLIER, S., A.J. HOFFMANN, F. SAAVEDRA & L. PAUCHARD. 1994. Flora del Parque Nacional El Morado (Región Metropolitana, Chile). *Revista Gayana Botanica* 51(1): 13-47.

Recibido: 21.01.13
Aceptado: 09.09.13