

LÍQUENES DEL ENTORNO DE LA BASE CIENTÍFICA ANTÁRTICA ARTIGAS, BAHÍA COLLINS, ISLA REY JORGE, ANTÁRTIDA. ESTUDIO PRELIMINAR**Verónica Piñeiro³, Gabriela Eguren¹, Iris Pereira² y Natalia Zaldúa³**¹*Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Udelar, Uruguay.*²*Instituto de Biología Vegetal y Biotecnología, Universidad de Talca, Talca, Chile.*³*Caubá Flora Nativa, Facultad de Ciencias, Udelar, Uruguay.**Correo electrónico: veroprodriguez@gmail.com*

RESUMEN

La isla Rey Jorge del archipiélago Shetlands del Sur, es una de las localidades más representativas de la Antártida marítima y por lo tanto apropiada para el monitoreo de comunidades líquénicas y vegetales como indicadores de cambios ambientales globales. En este trabajo se muestrearon los parches de líquenes representativos en cuatro zonas, del entorno de las instalaciones de la Base Científica Antártica Artigas (BCAA) localizada en la Península Fildes (isla Rey Jorge) (62°10' S/58°50' O). En cada zona se determinó la frecuencia y cobertura de las especies identificadas. Se identificaron trece especies según sus características morfológicas e identificación de sustancias químicas. Para el género *Cladonia* se identificaron cuatro especies, mientras que para el resto de los géneros sólo se identificó una especie. *Usnea aurantiaco-atra* fue la especie más abundante y que presentó mayor cobertura y *Leptogium puberulum* la más escasa, sólo presente en una de las zonas estudiadas. Este trabajo constituye la primera revisión de los parches de líquenes presentes en esta área.

Palabras claves: comunidades de líquenes, Antártida marítima, isla Rey Jorge.

ABSTRACT

King George Island is in the South Shetlands archipelago and is one of the most maritime Antarctic representative areas. Therefore this area is suitable for monitoring cryptogams (lichens) and plant communities as indicators of global environmental changes. In this study a lichen patches survey was conducted in four zones around the Uruguayan Antarctic Scientific Station (UASS), located at Fildes Peninsula, King George Island (62°10' S/58°50' W). In each zone, we determined the frequency and coverage of each lichen species. Thirteen species were identified by morphological characteristics and chemical constituents. *Cladonia* genus is represented by four species, while the rest of the genera recorded only one species. *Usnea aurantiaco-atra* was the most abundant species and the rarest was *Leptogium puberulum*, only present in one of surveyed zones. This work is the first survey of lichen communities in this area.

Key words: Lichen communities, maritime Antarctic, King George Island.

INTRODUCCIÓN

La Antártida marítima, abarca la costa occidental de la Península Antártica e islas Orcadas del Sur y Shetland del Sur, donde las variaciones estacionales y presencia de humedad configuran espacios de alta biodiversidad (Holdgate, 1967; Serrano, 2003). La isla Rey Jorge, perteneciente al archipiélago de las Shetland del Sur, presenta clima marítimo frío, con zonas libres de glaciares y formaciones vegetales propias del bioma “tundra abierta antártica” (Serrano, 2003). La vegetación predominante está constituida por briofitas y líquenes (Holdgate, 1967), la cual forma un mosaico de comunidades que ocupan áreas pequeñas con un número de especies relativamente bajo (Olech, 2004). Los estudios de líquenes de la isla Rey Jorge señalan la presencia de 294 taxones, lo que representa un 77% del total de taxones identificados en la Antártida (Ovstedal & Lewis Smith, 2001). Si bien numerosos trabajos científicos han caracterizado las formaciones criptogámicas y vegetales presentes en la isla (Lindsay, 1971; Furmanczyk & Ochyra, 1982; Olech, 1994; Kim *et al.*, 2007), no ocurre lo mismo con estudios que mencionen estimaciones de cobertura y composición específica de estas comunidades en la Bahía Collins.

Conti & Cecchetti (2001) señalan que los líquenes pueden ser utilizados como bioindicadores o biomonitores en dos formas diferentes: a través del mapeo de las diferentes especies existentes en un área o a través de la medición directa de contaminantes (bioacumulación). Este uso potencial de los líquenes cobra relevancia en la Antártida ya que diversas investigaciones hacen énfasis en que los

efectos del cambio climático se observan primero y con mayor severidad en latitudes altas (Vincent, 1997 y Walker, 1997). Las islas Shetland del Sur, debido a su ubicación geográfica, representan un área sensible a los efectos del cambio climático y por tanto los estudios de las comunidades terrestres de dicha zona son relevantes para estimar la tasa y la dirección de los cambios ambientales y ecológicos en el tiempo (Kim *et al.*, 2007; Lewis Smith, 1990; Longton, 1988 y Robinson *et al.*, 2003).

La península Fildes (al oeste de la isla Rey Jorge), ha sido categorizada como Área Antártica Especialmente Protegida (ASP) N°125 (*Patrimonio Natural*, 2009). Esta categoría tiene como objetivo general la preservación de especies y diversidad genética de zonas representativas de la ecoregión antártica. En este sentido el aporte que brinda la información sobre las características de las comunidades criptogámicas de las diferentes zonas de la península Fildes, se torna fundamental para cumplir con los objetivos de estas zonas protegidas.

En este trabajo se realiza una descripción de la composición y estructura de la comunidad de líquenes presente en el entorno de la Base Científica Antártica Artigas (BCAA), ubicada en la bahía Collins de la península Fildes, isla Rey Jorge.

MÉTODO

Área de estudio

El área de estudio está localizada en la península Fildes (isla Rey Jorge, Shetland del Sur), en Bahía Collins en el entorno de las instalaciones de la BCAA (62°10′

S/ 58°50' O) (Fig. 1). Los muestreos se realizaron durante los periodos de verano, desde el año 2006 al 2008, en seis campañas antárticas: noviembre 2006, diciembre 2006, enero 2007, diciembre 2007, mayo 2008 y diciembre 2008.

En los alrededores de la BCAA, al igual que en el resto de la península, predominan las criptógamas que conforman un mosaico de comunidades que ocupan pequeñas áreas (parches), separadas por amplios espacios libres de vegetación (Fig. 2) (Olech, 2004; Serrano, 2003). Para estudiar la frecuencia y cobertura de las especies liquénicas, se eligieron cuatro zonas, cuyas características se indican en la tabla 1: zona I corresponde al arco de la bahía Collins; zona II área de mayor influencia de las actividades BCAA; zona III abarca la punta Suffield y la zona IV alrededores del lago Uruguay. En cada zona, se muestrearon los parches de líquenes más conspicuos y representativos de la heterogeneidad florística percibida; dos parches en la Zona I, tres parches en la Zona II, dos parches en la Zona III y tres parches en la Zona IV (Fig. 3).

En la tabla 1 se mencionan las características de los parches estudiados dentro de cada zona. Se describe su distancia a la costa más cercana, altura sobre el nivel del mar, pendiente (nula, suave, media y abrupta), tipo de sustrato (suelo mineral: < 0.2 cm; grava: 0.2 a 6 cm; canto rodado: 6 a 25 cm; bloque: > 25 cm y musgo) (modificado de Kim & Cheng, 2003) y su ubicación (coordenadas geográficas GPS). Las zonas se diferencian por sus características topográficas y de sustrato, ocurriendo lo mismo entre parches de una misma zona. La superficie de los parches muestreados varió entre 26 m² y 800 m².

Muestreo florístico

Las comunidades de líquenes fueron estudiadas utilizando el método de los cuadrados de Braun-Blanquet en Mateucci & Colma (1982) adaptado a las condiciones locales, utilizando cuadrantes de 30 x 50 cm subdivididos en 10 subcuadrantes de 15 x 10 cm. En cada parche se trazó al menos, un transecto, la longitud del mismo se estableció dependiendo del largo máximo de los parches. Dentro de cada transecto se distribuyeron los cuadrantes cada un metro aproximadamente y se tomó una fotografía de cada uno, a partir de la cual se determinó la frecuencia de aparición y porcentaje de cobertura de las especies. Este trabajo se centró principalmente en el estudio de las especies foliosas y fructiculosas, y dentro de las crustosas las más conspicuas.

Para cada cuadrante se calculó la frecuencia de cada especie como el número de subcuadrantes en los que aparece la especie i en relación al total de subcuadrantes ($F_i = n_i/10$).

La frecuencia de cada especie en los diferentes parches fue calculada a través del promedio de las F_i en el parche. La cobertura de cada especie fue determinada como el porcentaje de superficie que ocupaba en cada cuadrante. El porcentaje de cobertura de cada especie en los diferentes parches fue calculado a través del promedio de los porcentajes de cobertura de la especie en los cuadrantes muestreados en el parche. La lista de especies fue completada con colectas adicionales realizadas en cada una de las zonas.

La determinación de las especies liquénicas se basó en un estudio de los carac-

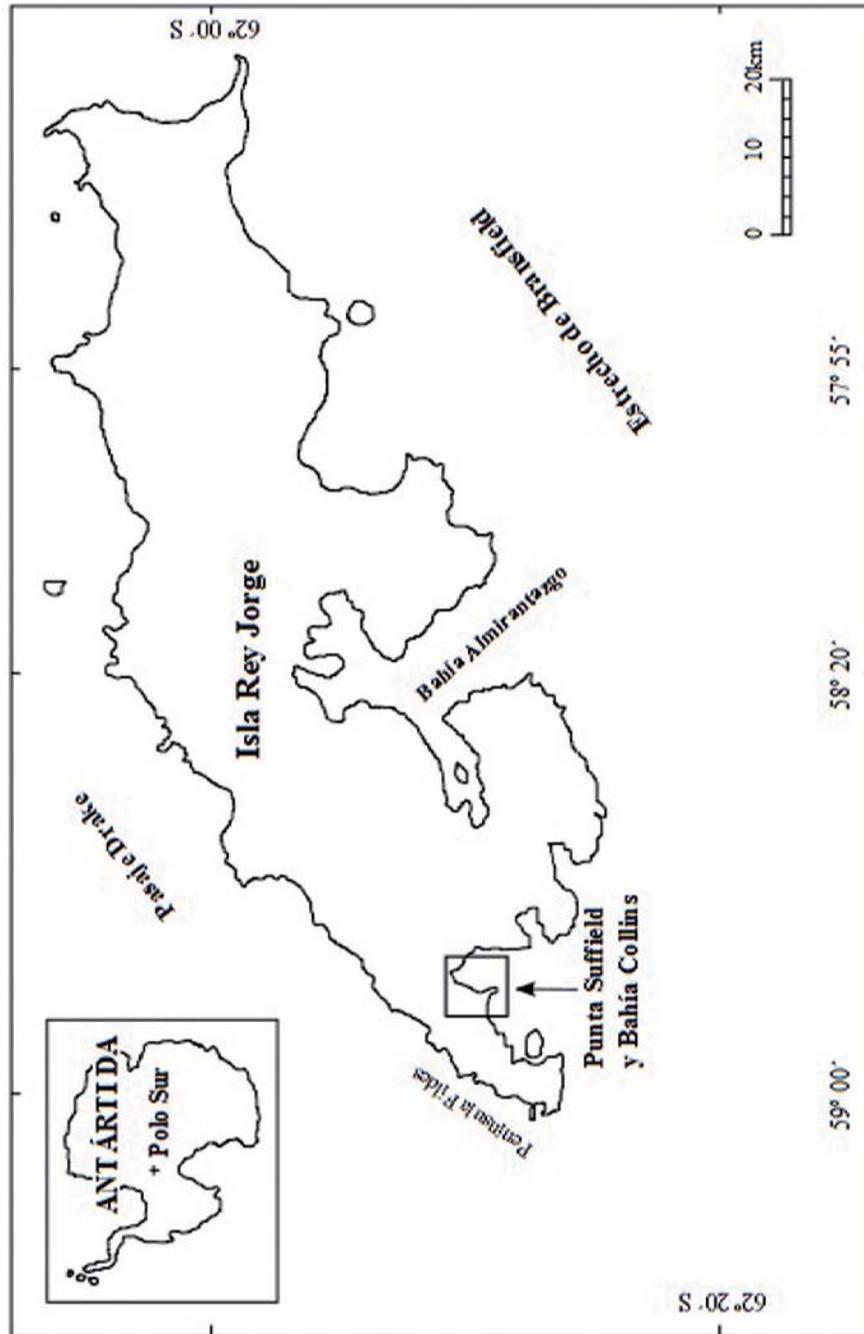


Fig. 1. Mapa de la isla Rey Jorge, se detalla ubicación de la BCAA, área donde se llevó a cabo el estudio.



Fig. 2: Fotografías del entorno de la BCAA, península Fildes, isla Rey Jorge, Antártida.
Se observan los parches de vegetación con límites claros.

Tabla 1. Caracterización de los parches (i-iii) de las diferentes zonas muestreadas (I-IV). S: suelo mineral; G: grava; Cr: canto rodado; B: bloque; M: musgo.

Parche	Zona I		Zona II		Zona III		Zona IV			
	I - i	I - ii	II - i	II - ii	II - iii	III - i	III - ii	IV - i	IV - ii	IV - iii
Superficie (m ²)	130	650	750	279	26	600	800	780	600	650
Distancia a la costa (m)	60	40	100	120	120	120	120	480	400	240
Altura sobre nivel del mar (m)	5 - 10	5	11-13	10	20	15	40 - 45	25 - 30	25 - 30	25 - 30
Pendiente	Suave	Nula	Nula	Nula	Nula	Abrupta	Suave	Suave	Nula	Suave
Sustrato predominante	Cr, G	B, Cr, G, M	Cr, G, M	B, Cr, M	Cr, G, M	B, M	G, B, M	Cr, G, S, M	Cr, G, S, M	Cr, G, S, M
Ubicación (GPS)	E401257, 78 N 3103855, 10	E400866, 69 N 3103629, 01	E400971, 56 N 3103799, 61	E400924, 27 N 3103768, 78	E400883, 14 N 3103748, 22	E400809, 12 N 3103542, 69	E400689, 86 N 3103454, 31	E400529, 48 N 3103949, 65	E400362, 93 N 3103836, 65	E400323, 86 N 3103637, 23
WGS84, Z21S										

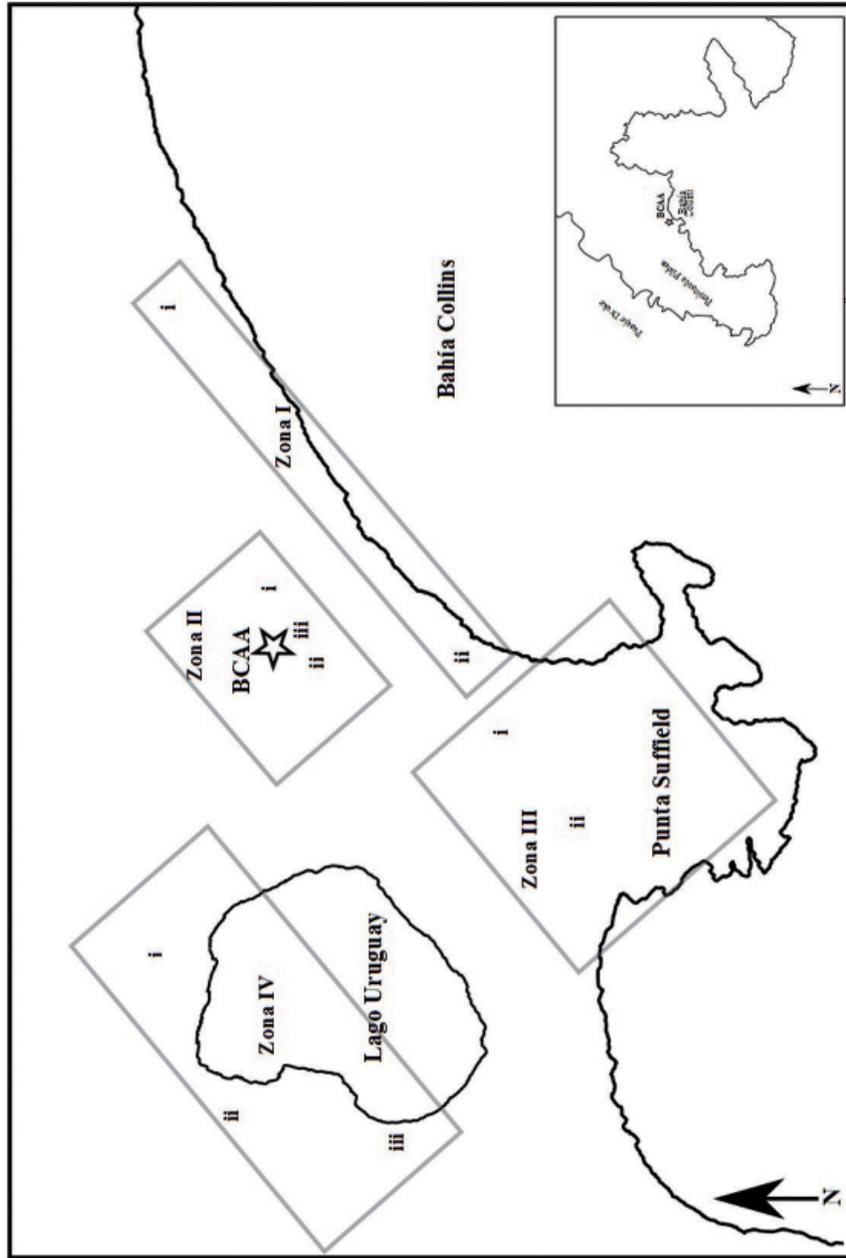


Fig. 3. Península Fildes, isla Rey Jorge. Esquema zonas de muestreo en el entorno de la BCAA, bahía Collins y punta Suffield. Se detallan las zonas a muestrear (I-IV) y los parches dentro de las zonas (i-iii).

teres macroscópicos, microscópicos e identificación de sustancias químicas. Los caracteres macroscópicos como: color y textura del talo, tipos y tamaños de apotecios, peritecios, fueron analizados mediante la ayuda de una lupa binocular Kyoma SDZ-PL con reglilla graduada. Para el análisis de los caracteres microscópicos, se realizaron cortes a mano alzada de los apotecios, peritecios, practicados con una hoja de afeitar y montados en agua. Además se aplicaron los reactivos lugol y ácido nítrico para evaluar reacciones específicas en el himenio o extremos de ascos. Las mediciones de estructuras reproductivas internas se realizaron mediante una escala graduada dispuesta en el ocular de un microscopio óptico Nikon OPTIPHOT. La identificación de las sustancias líquénicas se llevó a cabo mediante test de coloración en la médula, cortex superior y talo usando pipetas capilares como medio de aplicación. Se utilizaron las siguientes soluciones: K: solución saturada de hidróxido de potasio (KOH) 10%, C: lejía comercial; KC: solución de hidróxido de potasio (KOH), seguida de la aplicación de hipoclorito de sodio (lejía comercial) y finalmente P: solución alcohólica de parafenilendiamina (Claudaze & Roux, 1985). La identificación taxonómica se realizó en el laboratorio mediante la utilización de claves específicas como: Redón, 1985; Ovstedal & Lewis Smith, 2001 y Olech, 2004.

RESULTADOS

En el área de estudio, se identificaron 13 especies (tabla 2). El género mejor representado fue *Cladonia* con cuatro especies, mientras que el resto de los géneros registró solo una especie. De las 13 especies identificadas, dos son especies

cosmopolitas (*Cladonia chlorophaea* y *Cladonia squamosa*); seis presentan distribución bipolar: *Cladonia asahinae*, *Cladonia gracilis*, *Lecanora polytropa*, *Ochrolechia frigida*, *Sphaerophorus globosus* y *Xanthoria elegans*; tres tienen una distribución que incluye América del Sur y la Antártida: *Placopsis contortuplicata*, *Psoroma cinamomeum* y *Usnea aurantiaco-atra* y dos son endémicas de la Antártida marítima: *Himantormia lugubris* y *Leptogium puberulum* (Ovstedal & Smith, 2001).

U. aurantiaco-atra fue la especie que presentó mayor cobertura en todas las zonas; le sigue *O. frigida* en las zonas I, II y III, y *P. contortuplicata* en la zona IV. En las zonas I y II la especie con menor porcentaje de cobertura fue *P. contortuplicata*; en la zona III fue *C. asahinae*, mientras que en la zona IV fue *S. globosus* (tabla 2). La predominancia de *U. aurantiaco-atra* es evidente cuando se observan los parches de líquenes de las diferentes zonas. *U. aurantiaco-atra* fue la especie que presentó el mayor valor de frecuencia relativa en todos los parches muestreados, seguida de *O. frígida*; mientras que *C. squamosa* fue la especie que presentó los menores valores de frecuencia (tabla 2). Los parches de la zona IV presenta un menor número de especies, mientras que los parches de las zonas I, II y III presentan un mayor número de especies, que incluyen representantes de los géneros *Cladonia* y *Psoroma* (tabla 2).

DISCUSIÓN

En el área de estudio se han identificado un total de 13 especies de líquenes (tabla 2). Todas las especies identificadas componen las asociaciones criptogámicas

Tabla 2. Porcentaje de cobertura (cob. (%)) y frecuencia (F) de las especies muestreadas en los parches y hábitat de las especies

Especies	C_asa	C_squ	H_lug	U_aur	O_fri	P_cin	P_con	S_glo
Parche i	Cob. (%)	-	-	63.3	10.0	-	-	3.3
	F	-	-	100.0	50.0	-	-	3.3
Zona I								
Parche ii	Cob. (%)	-	2.7	15.5	12.7	5.5	0.9	-
	F	-	3.6	40.9	50.0	14.5	0.9	-
Parche i	Cob. (%)	0.4	1.3	41.7	11.3	0.4	0.8	5.8
	F	0.4	2.9	63.3	42.1	1.3	0.8	20.8
Zona II								
Parche ii	Cob. (%)	0.7	4.0	28.0	15.3	0.7	-	4.7
	F	0.7	9.3	72.7	45.3	0.7	-	18.7
Parche iii	Cob. (%)	1.7	1.7	30.0	5.0	-	-	3.3
	F	3.3	1.7	50.0	16.7	-	-	10.0
Zona III								
Parche i	Cob. (%)	0.5	-	56.7	8.6	-	0.5	2.4
	F	0.5	-	76.7	18.6	-	0.5	5.2
Parche ii	Cob. (%)	0.7	3.0	31.5	3.7	-	6.7	1.5
	F	0.7	5.6	60.7	15.2	-	20.4	4.8
Parche i	Cob. (%)	-	10.8	45.8	6.7	-	10.0	3.3
	F	-	23.3	70.0	11.7	-	32.5	10.0
Zona IV								
Parche ii	Cob. (%)	-	3.6	52.1	5.7	-	9.3	2.9
	F	-	7.1	80.0	20.7	-	31.4	11.4
Parche iii	Cob. (%)	-	7.0	38.0	8.0	-	10.0	-
	F	-	14.0	63.0	30.0	-	26.0	-
Hábitat								
	ter / mus	ter / mus	sax / mus	sax / ter / mus	mus	ter / mus	sax	mu

que pertenecen a la Formación Tundra Antártica (Lyndsay, 1971; Longton, 1967, Gimingham & Smith, 1970).

Estudios similares y comparables en cuanto a la metodología utilizada, realizados a pocos kilómetros de la BCAA en los alrededores de las instalaciones de Base coreana King Sejon (península Bartin, isla Rey Jorge), identificaron 35 especies de líquenes, 30 de musgos, tres hepáticas y dos especies de plantas vasculares (Kim *et al.*, 2006; 2007). De las 35 especies identificadas por Kim *et al.* (2007) para la península Barton, 10 se identificaron en el entorno de la BCAA, mientras que *C. asahinae*, *C. squamosa* y *L. puberulum* se registraron en el entorno de la BCAA pero no en península Barton; estas diferencias posiblemente se deban a la existencia de condiciones diferentes en bahía Collins y península Barton en cuanto a los requerimientos ambientales de las diferentes especies (salinidad, disponibilidad de nutrientes, exposición al aerosol marino, etc.) (Olech, 2004; Redon, 1985; Serrano, 2003).

Las especies del género *Usnea* (*U. aurantiaco-ater* y *U. antarctica*) fueron las que presentaron mayor porcentaje de cobertura y se registraron en todos los sitios muestreados entorno a la base Koreana en península Barton (Kim *et al.*, 2007). En el entorno de la BCAA las especies que presentaron la mayor frecuencia relativa y porcentaje de cobertura fueron *U. aurantiaco-ater* y *O. frigida*. En algunos parches se identificaron especies distintas, que presentan menor frecuencia y cobertura, pero aportan al ensamble características diferentes. Éste es el caso de los parches de las zonas III y IV donde aparecen *P. contortuplicata* e *H. lugubris*, en muy baja

frecuencia. Entre las especies registradas en los muestreos cuantitativos, *C. asahinae* se encontró únicamente en el parche i de la zona III. Este parche tiene características de sustrato, topografía y altura que lo diferencian claramente del parche ii de la misma zona (tabla 1), posibles razones por las cuales la composición de especies de ambos puede presentar diferencias. Otra especie que presentó exclusividad fue *P. cinamomeum*; se registró solamente en algunos parches de las zonas I y II. Esta especie suele desarrollarse sobre suelos secos o húmedos y sobre musgos. Los parches en los que se la encontró tienen como sustrato predominante musgos y a su vez son áreas con pendiente nula lo que podría generar las condiciones de sequedad y/o humedad que esta especie requiere (Kim *et al.*, 2006; Olech, 2004).

Con base en el muestreo realizado en las diferentes zonas, se encontraron especies exclusivas como *L. puberulum* (zona IV), siendo además esta especie, el único cianoliquen encontrado en este estudio. Se trata de una especie saxícola que se desarrolla en zonas húmedas y pobres en nitrógeno, características presentes en la zona IV, próxima al lago. *C. gracilis* y *C. chlorophaea* fueron registradas únicamente en la zona II. Esta zona se encuentra a una distancia considerable de la costa y por su topografía hundida está protegida del viento (tabla 1) lo que se corresponde con los requerimientos microambientales de estas especies (Olech, 2004; Ovstedal & Lewis Smith, 2001; Redón, 1985).

L. polytropia y *X. elegans* provenientes de los muestreos de recorrida, son especies que se desarrollan sobre rocas con gran influencia de colonias de aves, por lo que

se denominan ornitocoprófilas (Olech, 2004). En el entorno de las instalaciones de la BCAA en Punta Suffield (zona III) y alrededores del lago Uruguay (zona IV) existe una zona de nidificación de skuas (*Catharacta* sp.), en la cual se observó un gran desarrollo de estas especies, a través de una apreciación visual, no evaluada cuantitativamente.

Los resultados que aporta este estudio representan una primera aproximación acerca de la composición y estructura de la comunidad de líquenes presente en esta zona. De esta manera, se brinda información relevante para llevar a cabo planes de manejo de esta zona, que cómo se mencionó en la introducción ha sido declarada Área Antártica especialmente protegida (ASPA).

Estudios enfocados a un conocimiento más amplio y profundo de las comunidades terrestres (líquenes, musgos y plantas vasculares), proveerán herramientas fundamentales para evaluar a largo plazo posibles impactos generados por cambios tanto globales como locales.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Liliana Delfino, Ana Laura Rodales y Jimena Rodríguez por la revisión y sugerencias y al Instituto Antártico Uruguayo por el apoyo brindado para la realización de este trabajo.

LITERATURA CITADA

Conti, M.E. and Cecchetti, G., 2001. "Biological monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assessment – a review". *Environmental Pollution*, **114**: 471-492.

Clauzade, G. and Roux, C., 1985. "Likenoj de Okcidenta Europo. Ilustrita determinlibro". *Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest.*, 7: 1-893.

Furmanczyk, K. and Ochyra, R., 1982. "Plant communities of the Admiralty Bay región (King George Island, South Shetlan Islands, Antarctic) I. Jasnorzewaki Gardens". *Polish Polar Res.*, 3(1-2): 25-39.

Gimingham, C.H. and Smith, R.I.W., 1970. "Bryophyte and lichen communities in the maritime Antarctic". (In Holdgate, M.W., ed. *Antarctic ecology*. London, Academic Press, 752-85).

Holdgate, M.W., 1967. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. Series B, Biological Sciences. 252, No 777. "A Discussion on the Terrestrial Antarctic Ecosystem" (Sep. 14, 1967), pp. 363-383.

Kim, J.H. and Chung, H., 2003. "Vegetation mapping of terrestrial plants around King Sejong Station: lichens, bryophytes, freshwateralgae, and angiosperms". *Annual report of environmental monitoring on human impacts at the King Sejong Station, Antarctica*. EC PP 01 001-B2, Korea Ocean and Developmental Institute, pp 155-194.

Kim, J. H., Ahn, I., Chung, H. and Choi, H., 2006. "Lichen Flora around the Korean Antarctic Scientific Station, King George Island, Antarctic". *Journal of Microbiology*, pp 480-491.

- Kim, J.H., Ahn, I., Chung, H. and Choi, H., 2007. "Vegetation of Barton Peninsula in the neighbourhood of King Sejong Satation" (King George island, maritime Antarctic). *Polar Biology*, **30**: 903-916.
- Lewis Smith, R.I., 1990. "Signy Island as a paradigm of biological and environmental change in Antarctic terrestrial ecosystems". In: *Antarctic ecosystems, ecological change and conservation* (ed Hempel G), Springer-Verlag, Heidelberg, pp 32-50.
- Longton, R.E., 1967. "Vegetation in the maritime Antarctic". (In Smith, J. E., organizer. *A discussion on the terrestrial Antarctic ecosystem*. *Phil. Trans. R. Soc., Ser. B*. 252. Num. **777**: 213-35.
- Longton, R.E., 1988. *The biology of polar bryophytes and lichens*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Lynsday, D.C., 1971. "Vegetation of the South Shetlan Islands". *Bull. Brit. Antarc. Surv.*, **25**: 59-83.
- Matteucci, S. y Colma, A., 1982. *Metodología para el estudio de la vegetación*. OEA, Washington, 167 pp.
- Olech, M., 1994. "Lichenological assessment of the Cape Lions Rump, King George Island, South Shetland Islands; a base-line for monitoring biological changes". *Polish Polar Res.*, **15**: 111-130.
- Olech, M., 2004. *Lichens of King George Island, Antarctica*. Institute of Botany, Jagiellonian University. Kraków, Poland. 391 pp.
- Ovstedal, D.O. and Lewis Smith, R.I., 2001. *Lichens of Antarctica and South Georgia*. Cambridge University Press, Cambridge. 411 pp.
- Patrimonio Natural*, 2009. Peninsula Fildes ASPA 125. URL:<http://www.patrimonionatural.com/HTML/provincias/antartida/ASPA125Fildes/ASPA125Fildes.asp>
- Redón, J., 1985. *Líquenes Antárticos*. Santiago de Chile: Instituto Antártico Chileno (INACH). 123 pp.
- Robinson, S.A., Wasley J. and Tobin, A. K., 2003. "Living on the edge-plants and global change in continental and maritime Antarctica". *Global Change Biology*, **9**: 1681-1717.
- Serrano, E., 2003. "Paisaje Natural y Pisos Geocológicos en las áreas libres de hielo de la Antártida marítima (Islas Shetland del Sur)". *Boletín de la A.G.E.*, **35**: 5-32.
- Vincent, W.F., 1997. "Polar desert ecosystems in a changing climate: a north-south perspective". In: *Ecosystem processes in Antarctic ice-free landscapes* (ed. 21 Hawes). pp 3-14. Balkema, Rotterdam.
- Walker, B.H., 1997. "Preface: Global Change and Terrestrial Ecosystems: The GCTE Research Programme for the Arctic". In: *Global Change and Arctic Terrestrial Ecosystems* (ed Sveinbjornsson B). pp v-xii. Springer, New York.

Recibido: 12 enero 2011. Aceptado: 29 septiembre 2011.